

Santiago de Chile
Junio 2023

INFORME PAÍS
Estado del medio ambiente y del patrimonio natural

Resumen para tomadores de decisiones

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Primera Parte:

A Osvaldo Sunkel Sebastián Miller, Camilo Lagos, Nicolo Gligo.

Segunda Parte:

Cap. Aire: A Pablo Ulricksen, Hugo Sandoval, Manuel Merino, Gerardo Alvarado y Eugenio Figueroa.

Cap. Aguas Continentales: A Roberto Pizarro (por su dirección de este capítulo en los Informes 1999, 2002, 2005, 2008 y 2012), Carlos Salazar, César Bravo, Jorge Caro, Pedro Bravo, Patricio Carrasco, Manuel Soto, César Farías, Cristián Guzmán, Jorge Vargas, Carolina Morales, Leonardo Román, José Vargas, Paola Godoy, Francisco Balocchi, Claudia, Sangüesa, César Morales y Reinaldo Ruiz.

Cap. Bosques: A Antonio Lara (por su dirección de este capítulo en los 8 Informes), Marcos Cortés, Cristián Echeverría, René Reyes, Rocío Urrutia, Mauro González, Alejandro Miranda, Adison Altamirano, Carlos Zamorano.

Cap. Biodiversidad: A Javier Simonetti (por su dirección de este capítulo en los Informes 1999, 2002 y 2005), Jorge Mella, Pablo Villarroel, Claudia Sepúlveda, Alberto Tacón, Agustín Iriarte, Nicolo Gligo, Fabián M. Jaksic y Daniella Mella.

Cap. Suelos: A Fernando Santibáñez, René Saa, Alejandro García, José M. Uribe, Alejandro Royo, Andrés de la Fuente, Rodrigo Fuster, Pablo Roa, Paula Santibáñez, Carolina Fuentes, Marco Pfeiffer, Jorge Pérez, Mauricio González

Cap. Ecosistemas Marinos y del Borde Costero: A Carlos Moreno, Aldo Fedele, René Saa, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Manuel Herrera, y Erika López

Cap. Minerales e Hidrocarburos: A Gustavo Lagos (por su dirección en 7 Informes), David Peter, Marcelo Andia, José I. Guzmán, Macarena Yazigi, José J. Jara.

Cap. Asentamiento Humanos: A René Saa, Hernán Durán, Federico Arenas, Rodrigo Hidalgo.

Cap. Energía: A Alfredo Muñoz, Daslav Ursic, Paz Araya, Carla Lanyon, Sebastián Alvarez, José Leal.

Cap. Cambio Climático y Desastres Socionaturales: A Sergio Galilea y Leandro Espíndola.

Tercera Parte:

A Gustavo Orrego (por su dirección de esta Tercera Parte en el 8 Informe) y Fernando Dougnac.

A Beatriz Pogorelow (elaboración de bases de datos, resúmenes y presentaciones)

A Marisabel Romaggi (coordinación del informe 1999)

A Alejandro Peredo (diagramaciones)

Cuarta Parte:

A todos y todas las autoras del Informe

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

INTRODUCCIÓN

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque Presión-Estado-Respuesta (PER), privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto.

La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos,

Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

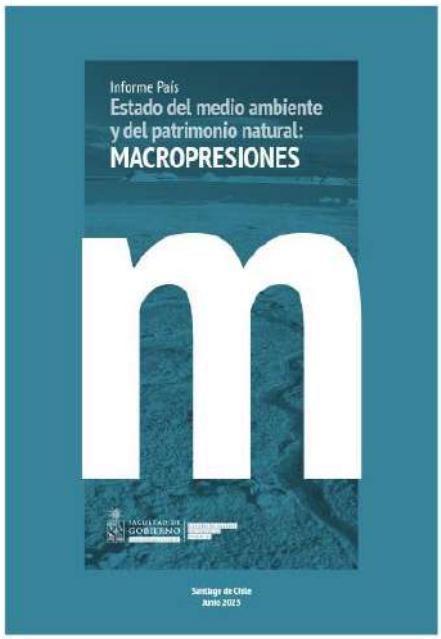
Dirección: Sergio Galilea. **Edición**: Gustavo Orrego-Méndez. **Autores**: Sergio Galilea, Gustavo Orrego-Méndez, Beatriz Pogorelow, José Leal, César Morales, Antonio Lara, Rocío Urrutia-Jalabert, Alejandro Miranda, Mauro González, Carlos Zamorano-Elgueta, Fabián M. Jaksic, Daniella Mella, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, Erika López, René Saa, Leandro Espíndola, Emilia Ovalle, Camila Inés Cortes, Valentina Escanilla. **Resúmenes**: Gustavo Orrego, Leandro Espíndola, Beatriz Pogorelow, José Leal, César Morales, Rene Saa. **Diseño y Diagramación**: Alejandro Peredo.

Cita Sugerida:

Orrego, G., Espíndola, L., Pogorelow, B., Leal, J., Morales, C., & Saa, R. (2023). *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2022. Resumen para tomadores de decisiones*. Santiago, Chile.

PRIMERA PARTE

MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE



Autores:
Gustavo Orrego-Méndez (1)
Beatriz Pogorelow Morales (2)
José Leal Rodríguez (3)

(1) Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Investigadora asistente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP),
Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(3) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP),
Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

Entre las principales macropresiones sobre el medio ambiente se encuentra el crecimiento económico global, los impactos asociados a las actividades productivas, el aumento poblacional y el incremento de la pobreza del país. La otra gran macro presión es física, el cambio climático.

El crecimiento económico a nivel global y nacional, ha sido, es y seguirá siendo una de las principales macropresiones sobre el medio ambiente, esto se debe a que toda actividad económica-productiva requiere de recursos naturales que la pueda hacer posible. El Producto Interno Bruto (PIB) global se incrementó en un 6.813,66% en 60 años. Sin embargo, **este crecimiento económico ha conducido a una continua degradación y contaminación del medio ambiente**, así como de una extracción y agotamiento de recursos naturales no renovables.

En el caso nacional, a excepción de la actual crisis sanitaria derivada del COVID-19, las últimas décadas han sido exitosas en términos macroeconómicos, no obstante, este crecimiento ha estado acompañado de una **alta dependencia de los mercados externos**, de una **reducción insuficiente de las desigualdades socioeconómicas**, a la par que se ha generado un **aumento de la presión sobre el ambiente físico**, que se ha traducido en un **deterioro del patrimonio natural**. La **ausencia de un rol estatal protagónico** en la evaluación, fiscalización y judicialización ambiental y la existencia de un marco constitucional y normativo flexible son factores que impiden que se revierta este proceso.

En Chile, al igual que a nivel mundial, el crecimiento económico sigue siendo a costa de la extracción, contaminación y/o deterioro de los recursos naturales, recursos que continúan constituyendo la "ventaja comparativa" con la cual Chile se ha insertado económicamente a nivel internacional. Es decir, **en el país prevalece un modelo económico que privilegia la dimensión económica sobre las restantes (social y ambiental)**.

Con relación a **los sectores productivos**: Desde el punto de vista medioambiental, la **explotación minera** sigue presentando grandes falencias, siendo recurrentes las multas a empresas mineras por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, repitiéndose causales graves de daño ambiental no susceptible a reparación por **extracción sobre los límites establecidos**, **extracción ilegal en lugares no autorizados**, **inexistencia de planes de seguimiento de flora y fauna** y **deficiente gestión de residuos**. Prácticas inadecuadas que ponen en riesgo la biodiversidad y los servicios que provee, además de la calidad de vida de las personas que habitan territorios cercanos. En el caso de la **minería del Litio aún existen muchos desafíos medioambientales por resolver**, partiendo por el correcto cumplimiento de la normativa por parte de las empresas, las cuales han incurrido en **reiteradas infracciones graves** como extracción sobre los límites permitidos, afectación de flora y fauna sin medidas de control y mitigación, alteración del balance hidrogeológico.

En segundo lugar, el **sector silvoagropecuario** aún posee los mismos problemas ambientales históricos. Las prácticas agropecuarias, silvícolas y ganaderas intensivas generan una serie de externalidades negativas en el medio ambiente, como, por ejemplo, el **cambio de uso de suelo**, la **erosión del suelo**, **fragmentación de ecosistemas**, **reducción del bosque nativo y sus servicios ecosistémicos**, así como una **pérdida de la diversidad biológica** que sustentan. Las proyecciones de este sector apuntan a la ampliación y búsqueda de nuevos mercados, elemento que marcará aún más el tipo de producción agrícola chileno de tipo intensivo y presentará importantes **necesidades y desafíos en cuanto a la sostenibilidad de los procesos productivos, su adaptación al cambio climático y su relación con el entorno social**.

Respecto al sector pesquero desde el año 2010, las exportaciones del sector han crecido en un 120%, significando un aumento en la presión no sólo sobre él sobre el ecosistema marino si no también el de lagos, fiordos y canales debido a la actividad acuícola. Se resaltan las variadas externalidades negativas de la industria salmonera: la invasión de zonas pesqueras tradicionales, el escape de salmones y la contaminación por químicos y desechos orgánicos que se esparcen y reducen la productividad en las cercanías, por mencionar solo algunas. Dicho escenario plantea la necesidad de aumentar el valor agregado de los productos pesqueros mediante la utilización de prácticas sostenibles.

En cuanto al **sector industrial**, este sigue generando problemas ambientales por **incumplimiento de la normativa ambiental**, lo que se refleja en los numerosos procesos sancionatorios por emisiones sobre la norma de material particulado, ruido, sólidos y coliformes fecales y otros contaminantes, además del incumplimiento de programas de monitoreo, problemáticas transversales presentes en las agroindustrias, instalación fabril e industria forestal. Dichas faltas ponen **en riesgo la salud y calidad de vida de las personas**, además de **repercutir directamente en la flora y fauna propia de la zona**.

Del **sector turístico** se destaca un crecimiento económico durante la última década, lo que genera una **necesidad de controlar y planificar de forma adecuada su desarrollo**, ya que de lo contrario, puede conllevar efectos negativos sobre la flora y fauna nativa al intervenir con infraestructura y numerosa cantidad de visitantes, especialmente en áreas protegidas, debido a su importancia ecológica tanto para Chile como para el planeta, exponiendo ecosistemas a incendios forestales, acumulación de basura, contaminación de aguas y erosión del suelo.

Con relación a **la población**, la alta concentración poblacional en las regiones Metropolitana, Valparaíso y Bío Bio generan una alta presión ambiental en los ecosistemas y sobre todo en el espacio periurbano. Respecto a la última edición del Informe País, **hay 2.254.560 nuevos habitantes en el país**, los que demandan cada día por alimentos, por bienes de consumo, por expansión urbana, por segunda vivienda, lo que se traduce en un mayor uso de productos extraídos de la naturaleza, más residuos domésticos, más viajes, más uso de parques, áreas protegidas y espacios de recreación. Estas demandas se ven reflejadas en la problemática de los residuos sólidos a nivel nacional.

Junto al factor poblacional, **la pobreza sigue constituyendo unos de los principales desafíos para tener una mayor sustentabilidad ambiental**, esto se debe a que la necesidad de mayores recursos por parte de aquellas personas que viven en una situación de pobreza, puede aumentar la aceptación de la

degradación y destrucción del medio ambiente como medio para alcanzar el desarrollo, aspecto que se visibiliza en comunidades que aceptan la instalación de plantas industriales que si bien les otorgan empleos, implican una degradación significativa del medio ambiente.

El cambio climático, se reconoce como el principal desafío ambiental o macro presión del siglo XXI. Chile se considera un país altamente vulnerable al cambio climático, en el cual se espera que ocurran a lo menos los siguientes impactos: 1) reducción de las precipitaciones (líquidas y sólidas), 2) disminución de los caudales, 3) aumento de la demanda evaporativa, 4) sequía recurrente y prolongada, 5) caudales máximos que superarán los registros históricos (mayor riesgo de inundaciones), 6) mayor ocurrencia y severidad de incendios forestales, 7) disminución de la humedad del suelo, y fuera del rango de valores observados y reconstruidos en el último milenio, 8) retroceso de glaciares y disminución en la extensión y duración de la capa de nieve estacional, 9) aumento de la isoterma 0°C, 10) aumento de las temperaturas y de la ocurrencia de olas de calor, 11) proceso de aridificación con una magnitud mayor a la observada en el último milenio, 12) cambios en la trayectoria de las tormentas, 13) tendencia al enfriamiento de la costa chilena; 14) acidificación del océano; 15) aumento en el número de marejadas y angostamiento de las playas; 16) alteración de la distribución, patrones de migración, abundancia, interacciones y actividades estacionales de especies terrestres y marinas.

En el país, se reconoce la existencia de **diez centros de estudios** que incluyen **líneas de investigación explícitamente** relacionadas con el cambio climático, lo que ha significado un aumento en la demanda académica y de conocimientos sobre esta temática, así como de los estudios que evidencian los impactos nacionales asociados a esta macropresión.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 1. AIRE



Autores:
Gustavo Orrego-Méndez (1)
Beatriz Pogorelow Morales (2)

Asistente de investigación:
Paz Iturriaga-Chávez (3)

(1) Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Investigadora asistente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP),
Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(3) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

Actualmente un 99% de la población mundial respira aire con contaminantes que sobrepasan los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La contaminación del aire es una causa de muerte la cual se estima para 2018 fuera de 8,7 millones de muertes prematuras por material particulado fino a nivel mundial, destacando los países de China e India. Para el caso de nuestro país, en 2017, Chile resultó ser el séptimo mayor país emisor de $MP_{2,5}$ y el octavo mayor emisor de SO_2 y CO respecto a los 38 países que conforman la OCDE. En el caso de NO_2, Chile ocupa en 2017 el puesto decimo cuarto.

Actualmente la emisión de contaminantes al aire se encuentra regulada por normas primarias las cuales determinan límites para las emisiones al aire de contaminantes como el MP, SO_2, NO_2, CO, O_3 y Pb. En el año 2021 para el MP_{10}, **se registraron 118 episodios sobre la norma a nivel país y 87 episodios críticos, destacando Coyhaique con 20 y Santiago con 19 eventos**. Respecto a $MP_{2,5}$, para

el año 2021 **se reportaron un total de 666 casos a nivel nacional entre enero y septiembre**, valor que engloba los casos de alerta ambiental, declaración de preemergencia y emergencia, convirtiéndose en el año con mayor número de eventos desde 2018.

Al año 2022, nuestro país cuenta con 219 estaciones correspondientes al Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA), las cuales reportan información sobre la medición de diversos contaminantes, entre los cuales se puede encontrar al material particulado y al dióxido de azufre como los más medidos. Siendo las regiones del Biobío y de Valparaíso las con mayor número de estaciones, a diferencia de la situación de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Magallanes, que cuentan con solo una estación reportante al SINCA.

El número de estaciones con representatividad poblacional a nivel nacional disminuye a 194, resultando en cero estaciones a nivel regional para algunos contaminantes. Disminución aún más drástica para el caso del $MP_{2,5}$ el cual pasa de 97 estaciones a 10 estaciones con representatividad a nivel nacional, las cuales a su vez se concentran en la zona centro sur del país.

Con mayor detalle las emisiones por tipo de contaminante para el año 2020 fueron principalmente de dióxido de carbono, particularmente por fuentes puntuales. El monóxido de carbono es el segundo contaminante con más emisiones, provenientes principalmente de fuentes difusas. En cuanto a los COV, la emisión por fuentes difusas es considerablemente mayor a las puntuales y transportes en ruta. Por otro lado, las emisiones de plomo son casi en su totalidad producto de transportes en ruta. De forma positiva, las emisiones de contaminantes como amoniaco, benceno y mercurio presentan niveles considerablemente bajos.

De las nueve normas de calidad del aire vigentes en Chile (incluyendo primarias y secundarias), el 44,4% se encuentra en estado de “al día”, el 33,3% se encuentran “atrasadas” y el 22,2% restante se encuentra en proceso de “revisión”. De aquellas que se encuentran “atrasadas”, la norma secundaria de MPS de la cuenca del río Huasco posee 25 años de atraso y la norma primaria de Plomo cuenta con 16 años de atraso. Por otra parte, hay dos normas primarias de calidad del aire en proceso de elaboración: 1) Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), cuyo anteproyecto se encuentra en proceso de consulta pública; 2) Arsénico, cuyo anteproyecto aún no ha sido desarrollado. Para la concentración anual de NO_2, $MP_{2,5}$ y SO_2 la normativa chilena excede en un 900%, 300% y 275% respectivamente a los niveles recomendados por la OMS.

En comparación a los valores establecidos en la normativa chilena, se observa que la Unión Europea posee estándares más restrictivos para tres contaminantes:

NO_2, MP_{10} y para SO_2. Adicionalmente, hay cuatro contaminantes en los que se comparte el valor límite ($MP_{2,5}$, O_3, CO y Pb). Se destaca que la UE posee normas para cinco contaminantes que no se encuentran regulados en la legislación nacional, siendo estos Benceno, Arsénico, Cadmio, Níquel e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH).

Respecto a sus pares de América Latina y el Caribe, Chile es un país que posee normas de calidad del aire igual o más restrictivas que el resto de los países. No obstante, el país se encuentra particularmente deficiente en la norma anual de $MP_{2,5}$, pues es el segundo país menos restrictivo. Adicionalmente, a diferencia de otros países de la región, carece de una norma horaria y de ocho horas para el O_3. Chile aún posee un enorme desafío de contar con estándares más restrictivos que le permitan alzarse como un ejemplo en la materia a nivel de América Latina y el Caribe.

Para el año 2021, todas las estaciones de MP_{10} de la macrorregión norte cumplen con los parámetros establecidos en la norma anual; **sin embargo, ninguna cumple con los parámetros de la OMS**. En cuanto a la macrorregión centro, **13 de las 17 regiones registraron concentraciones superiores a la normativa anual y todas superan la recomendación de la OMS**. En la macrorregión sur, **se evidencia que 17 de las 21 regiones superan la norma anual establecida por la legislatura nacional**. Sumado a que ninguna de las estaciones presentó concentraciones inferiores a las recomendadas por la OMS. Por último, en la macrorregión austral 6 de las 7 estaciones, superan la norma anual nacional y **todas superan la recomendación de la OMS**.

En cuanto al O_3 se obtuvo que en el período 2017-2019, **7 de las 11 (63,63%)** estaciones tuvieron concentraciones que excedieron el parámetro de ocho horas, **5 en el periodo 2018-2020** y **7 en el periodo 2019-2021 (58,33%)**. Para el SO_2, la revisión realizada a las estaciones para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021, arrojó que ninguna estación presentó concentraciones superiores a la norma anual, diaria y horaria nacional de SO_2, sin embargo, **hubo 5 estaciones que sobrepasaron la normativa OMS**. Para NO_2 en los tres períodos (2017-2019; 2018-2020 y 2019-2021) ninguna de las estaciones presentó concentraciones superiores a la norma horaria de este contaminante. Adicionalmente, **no hubo estaciones que excedieran el nivel recomendado por la OMS**. Según CO en cuanto a la norma de 8 horas y norma horaria, para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021, **ninguna de las estaciones de monitoreo presentó concentraciones superiores a la norma nacional**.

Respecto a los instrumentos de gestión, al año 2022 a lo largo del país existen 28 zonas saturadas y 7 zonas latentes para uno o más contaminantes por zona debido al incumplimiento de su norma diaria y/o anual, siendo la última zona

declarada como saturada la Ciudad de Puerto Aysén (2022) y la última zona latente la comuna de Catemu por SO_2 (2021). **Actualmente existen 16 PPDA aprobados, los cuales se concentran mayoritariamente en el centro sur del país, siendo las regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Magallanes y Antártica Chilena las únicas que no presentan un PPDA activo**. Además, la macrorregión norte destaca por poseer la menor superficie cubierta por PPDA. Como medida de los PPDA se encuentra el Programa de Recambio de Calefactores a Leña (RCL), donde si bien la tasa de recambio ha aumentado con los años, el aumento de los PDA aprobados también, quedando el crecimiento del presupuesto del MMA atrás de las necesidades actuales para dar cumplimiento a las metas de recambio.

En cada macrorregión se puede identificar un caso crítico de contaminación que afecta fuertemente a un territorio y la salud de sus habitantes. Para la zona de Copiapó y Tierra Amarilla, en mayo de 2021 se superó casi seis veces las emisiones permitidas de SO_2 al emitir 2.027,8 µg/m³, afectando principalmente la salud de los adultos mayores que llegaron a centros asistenciales por problemas respiratorios. En 2022 se inició la elaboración de un PDA para la zona de Copiapó y Tierra Amarilla por MP_{10} como concentración de 24 horas y anual debido a ser nombrada en 2021 zona saturada.

En 1993 las comunas de Puchuncaví y Quintero se convirtieron en la primera zona saturada del país por los altos niveles de SO_2 y MP. Posteriormente en 2015, la zona fue declarada saturada por $MP_{2,5}$ y latente por MP_{10}, seguido en 2018 de un PPDA para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. **Puchuncaví ha sido catalogada como "zona de sacrificio" por el INDH y las organizaciones de la sociedad civil, donde el sector industrial y energético son responsables de un 81%, 76% y 99% de las emisiones de NO_X, MP y SO_2**, emisiones atribuibles a tres principales empresas, Codelco Ventanas, Complejo Termoeléctrico Aes GENER y Refinería Aconcagua de ENAP.

La ciudad de Temuco logró reducir su consumo de leña en un 49% entre los años 2013 y 2019, sin embargo, aún con los avances impulsados por el PDA, los últimos años no han presentado una disminución significativa en el número de episodios críticos de contaminación por $MP_{2,5}$, ocurriendo un promedio de 70 episodios al año entre 2019 y 2021. Para 2021, Temuco tuvo 81 días por sobre la norma de emisión de $MP_{2,5}$ y 63 episodios críticos, siendo la segunda ciudad con más episodios a nivel nacional para ese año.

La ciudad de Coyhaique resultó ser a nivel latinoamericano la ciudad con valores de $MP_{2,5}$ más altos entre 2015 y 2019, y en 2020 la ciudad con mayores valores para toda América, situación de riesgo crítico para la salud de las personas. El uso de leña residencial significa un 95% de las emisiones, mecanismo de calefacción usado por un 90% de la población. Para el año 2021 el consumo de energía en

forma de leña en Coyhaique fue un 44% del consumo a nivel regional pero los eventos de episodios críticos de contaminación por $MP_{2,5}$ presentaron una disminución, ocurriendo en 2021 51 episodios y 73 días donde se sobrepasó la norma.

Siendo los principales objetos de reflexión posterior a la investigación realizada, **1) la ausencia de normas primarias de calidad del aire para contaminantes nocivos para la salud** como Arsénico (As), Compuestos Orgánicos Volátiles (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno, también denominados BTEX), Cadmio y Níquel; **2) La presencia de estándares de calidad del aire que subestiman los efectos nocivos en la salud de las personas**, donde todas las normas primarias de calidad del aire del país fijan concentraciones que sobrepasan los niveles recomendados por la OMS; y **3) El reducido porcentaje de representatividad poblacional de las estaciones existentes**, siendo necesario que la reflexión en materia de redes de monitoreo esclarezca cuáles estaciones de monitoreo son necesarias para evaluar el cumplimiento de la norma en los territorios en los que se requiere de información actualizada, válida y confiable para la toma de decisiones; **4) deficiencias en la elaboración de PPDA**, principalmente en lo referido a la etapa de consulta pública donde el Estado no cuenta con la obligación de explicar cuál de las medidas incluidas o corregidas en la versión definitiva del instrumento resultaron de este proceso.

A partir del análisis realizado, **se propone elaborar una nueva política de calidad del aire** que oriente el conjunto de acciones estatales para reducir los niveles de contaminación atmosférica del país, propiciando así una mejor calidad de vida para los habitantes del territorio nacional. Esta política debiera considerar los principios de **transparencia**, **gradualidad**, **participación**, **intersectorialidad**, **transversalidad**, **no regresión** y **coherencia**. Como ejes estratégicos se recomiendan los siguientes: **1) Sistema de monitoreo** representativo, integrado y eficiente que propenda a entregar información de calidad y útil para la toma de decisiones; **2) Sistema normativo** actualizado y validado internacionalmente que proteja la salud de las personas; y **3) Sistema de fiscalización** robusto, moderno, y eficiente para un adecuado cumplimiento de la normativa de la calidad del aire.

Finalmente, se recomienda modificar la actual carta magna, incluyendo el derecho de toda persona a respirar aire limpio durante todo su ciclo de vida e incorporando el deber del Estado de garantizar la participación de la comunidad en la elaboración y evaluación de las políticas públicas relativas a la calidad del aire.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 2.
AGUAS CONTINENTALES



Autor:
César Morales Estupiñán (1)

Asistentes de investigación:
Carmen Campos Fuentes (2)
Rocío Galleguillos Herrera (3)
Merry Hernández González(4)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Licenciada en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(3) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(4) Administradora Pública y Magíster en Ciencia Política, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

Existe una alerta sobre la magnitud de las amenazas que enfrenta la humanidad con relación al agua. Específicamente, 3.600 millones de personas tuvieron un acceso inadecuado al agua, como mínimo, un mes al año durante 2018, y se prevé que esta cifra superará los 5000 millones de aquí a 2050.

En los últimos 20 años, se ha reducido a un ritmo de 1 cm anual los depósitos de agua continental. Las mayores pérdidas corresponden a la Antártica y Groenlandia, pero muchos lugares con alta densidad de población en latitudes más bajas, tradicionalmente abastecedores de agua, están registrando pérdidas considerables afectando severamente la seguridad hídrica. Cabe recordar que solo entre el 0,7 y el 0,5 % de los recursos hídricos del planeta, es agua dulce disponible y aprovechable.

El **aumento de la población**, el **crecimiento económico**, el **desarrollo social** y la **contaminación de las aguas**, han sido factores que han impulsado el crecimiento de la demanda por los recursos hídricos "sanos", especialmente a partir del siglo pasado. Este aumento acelerado de la demanda, consecuentemente se traduce en un crecimiento paralelo de las extracciones tanto desde fuentes superficiales como subterráneas. A ello se suma la disminución de la oferta por la contaminación de las fuentes de agua y por el aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones derivadas del cambio climático.

Chile tiene una escorrentía promedio de 53.000 m^3 por habitante superando en ocho veces la media mundial que es de 6.600 m^3 y en 26,5 veces, los 2.000 m^3 por persona al año, cifra considerada internacionalmente como umbral mínimo para el desarrollo sostenible. Este valor promedio oculta grandes disparidades, como las que se observan al norte de la región Metropolitana, territorio árido y semiárido, donde la disponibilidad de agua es menos de 800 m^3 por persona al año.

El crecimiento de la producción agropecuaria, industrial y minera, más el crecimiento de la población, han determinado que la demanda por agua ha venido aumentado a un ritmo ligeramente superior al del crecimiento del PIB en los últimos 30 años. Cabe recordar que **nuestra estructura productiva, es intensiva en agua, particularmente la fracción exportada**. **Las actividades agropecuarias son las que más agua consumen (73%)**, seguidas por el consumo humano de agua potable (12%), la industria (7%), la producción de electricidad y la minería, cada una de ellas con un 4%.

Agua y cambio climático. En el país, el cambio climático ya está dando lugar a un suministro más errático e incierto del agua, agravando la situación de regiones donde más escasea el agua y generando escasez en aquellas donde aún abunda. También está **aumentando la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos**, como olas de calor, sequías prolongadas y severas en algunos lugares y precipitaciones sin precedentes en otros, además de tormentas y marejadas ciclónicas.

Se prevé que las tierras áridas se extenderán significativamente. Además, se pronostica que la aceleración del deshielo de los glaciares afectará negativamente a los recursos hídricos de las regiones montañosas y las llanuras adyacentes. Pese a que haya una creciente evidencia de que el cambio climático va a afectar a la disponibilidad y distribución de los recursos hídricos, sigue habiendo algunas incertidumbres, especialmente a escala local y de cuenca, pero no hay mucha discrepancia acerca del incremento de las temperaturas, que han sido simuladas

con diferentes modelos de circulación general en escenarios con distintas condiciones.

La severa y prolongada sequía sufrida por el país puso en evidencia la vulnerabilidad creciente de la seguridad hídrica nacional. Las precipitaciones ocurridas este año 2022 han permitido reducir los déficits registrados en una buena parte del territorio, sin embargo, al comparar las precipitaciones respecto a los promedios históricos, se aprecia que parte significativa del territorio nacional sigue siendo afectada por déficits, a lo que se suma la reducción de la acumulación de nieve por la subida de la cota cero, el incremento de la evapotranspiración y la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales e incluso subterráneos.

Precipitaciones. El área más afectada por la persistencia de los déficits en relación con los promedios históricos incluye 18 comunas localizadas desde la región de Coquimbo a la del Biobío, territorio en el que se produce el 77% del PIB silvoagropecuario nacional. Las regiones más afectadas son la macrozona Centro Sur, ya que tiene todos los años con déficits y la macrozona Centro que presenta solo dos años sin déficits 2011 y 2017.

Nieve. La subida de la cota cero ha incidido de manera importante en la menor disponibilidad agua, no obstante que en año 2022 se aprecia una mejoría en comparación con los datos para 2020 y 2010.

Embalses. Las lluvias ocurridas desde el año 2022 han posibilitado una recuperación importante de los embalses a nivel nacional, pero pesar de ello, solo Ralco muestra un superávit significativo seguido de Rapel y en una situación ligeramente sobre el promedio histórico, están con menos cuantía, Digua, Bullileo y Convento Viejo. El resto muestra déficits destacando el Lago Laja, la Laguna del Maule, Colbún y la Paloma, es decir los embalses de mayor tamaño localizados en el área donde se produce el déficit persistente de precipitaciones y donde se producen más de las tres cuartas partes del PIB silvoagropecuario nacional.

Estrés Hídrico. La información disponible evidencia que cada año es mayor la extracción de aguas y que la disponibilidad disminuye, esto es se sobrepasa la capacidad de recarga de los mantos acuíferos.

Los Balances Hídricos Nacionales. Chile tiene una demanda de aguas consuntivas de aproximadamente 11 millones de m^3 por año, mientras que posee una demanda de 154,7 millones de m^3 anuales de aguas no consuntivas. En cuanto a la evapotranspiración, la demanda asciende a 214 millones m^3 por año aproximadamente. En total, usos consuntivos, no consuntivos y por evapotranspiración, llegan a un total global de casi 380 millones de m^3 anuales.

Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA). A nivel nacional se han entregado 127.752 DAA, de los cuales 114.339 corresponden a derechos consuntivos y 13.413 a derechos no consuntivos. En términos de caudales otorgados, 4.204.714 l/s corresponden a derechos consuntivos y 65.908.667 l/s a derechos no consuntivos. Los DAA consuntivos pueden corresponder a aguas de fuentes subterráneas, aguas superficiales y corrientes y a aguas superficiales detenidas.

En Chile existe un elevadísimo grado de concentración de los caudales otorgados mediante DAA. A nivel nacional, el 56,4% de los titulares, accede al 0,7% del caudal total entregado en los DAA. En contrapartida, el 0,3% de los titulares posee el 64,6% de los caudales.

El Índice de GINI se utiliza como indicador de desigualdad económica, midiendo la distribución de la renta en la población. En este caso se ha medido la concentración de los DAA. **Los resultados obtenidos arrojan un Índice de Concentración de Gini de 0,81**.

Finalmente, para incrementar la disponibilidad del agua, se proponen: a) **políticas para incrementar la oferta** (reúso, desalación, cosecha de aguas lluvias y neblina) y b) **para regular la demanda** (mejorar eficiencia de los productores más rezagados y promover mayor reciclaje en la industria y la minería).

Reúso. En Chile, hay plantas de reúso en sectores industriales y mineros, implementadas debido a la escasez de agua y en algunos casos por mandato corporativo para cumplir estándares internacionales. En el sector agrícola existe un solo caso operativo en la localidad de Cerrillos de Tamaya en Ovalle, región de Coquimbo. En 2016, Fundación Chile lideró la construcción de una planta de reúso, proceso asociativo que involucró al Comité de Agua Potable Rural (APR) de la zona y a agricultores y el programa de Fondos de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R). Respecto de esta alternativa es necesario considerar al menos los siguientes aspectos: a) la calidad de las ATS para su uso en riego; b) la capacidad y condiciones técnicas de las plantas de Tratamiento de Aguas Servidas; c) el marco legal sobre la propiedad de las ATS y d) Los cambios necesarios a la infraestructura regulación para tratamiento de las ATS

Desalación. El costo de producir agua desalada se ha reducido a más de la mitad en las tres últimas décadas, llegando en la actualidad a 0,5 USD/m^3 de agua. Sin embargo, esta no es la única razón que explica el aumento de las plantas desaladoras. El crecimiento de la población y de las actividades productivas simultáneamente con la reducción de precipitaciones, sequías agudas y prolongadas, obliga en muchos casos a desalar agua de mar para abastecer al menos la población. Es lo que ocurre en California, Arizona y de algunas

localidades de Chile. Chile cuenta con actualmente con 23 plantas desaladoras con capacidad de producción superior a 10 l/s, que en conjunto tienen una capacitad de producción de 8.019 l/s. Se espera que al 2023 con la entrada de nuevas plantas, la producción llegue a los 10.800 l/s y que para el 2032, se triplique. Del total de agua desalada producida, el 78% tiene como destino la minería, el 19% las empresas sanitarias, y el 3% restante, otro tipo de empresas. En el caso de la minería del cobre el 68% del agua desalada utilizada corresponde a agua dulce y el 32% agua desalada. Se espera que al año 2032 el 68% del agua utilizada, sea desalada.

Cosecha de Aguas de Lluvias. En América Latina, Brasil es el país que más ha desarrollado y mejorado estas tecnologías, desarrollando dos grandes programas, uno destinado a captar agua para bebida y otro para para producir hortalizas para el grupo familiar y además para obtener agua potabilizada para el grupo familiar.

Río Submarino. Este proyecto está diseñado para trasladar agua a lo largo de la costa, desde la zona al norte y potencialmente hasta Arica. Según sus promotores, una de las ventajas de este proyecto es que se podría construir por partes de acuerdo con la demanda por agua en las localidades costeras. Se aprovecharían las aguas de la desembocadura de los ríos, cuyos derechos de aprovechamiento pertenecen a la Dirección de Obras Hidráulicas, es decir, el Estado de Chile. Los beneficiarios, se estiman 3 millones de personas que están agrupadas en distintas organizaciones como por ejemplo Comités de Agua Potable Rural. A ello se podrían sumar las mineras, particularmente las pequeñas que no tienen acceso a la desalación y el sector agrícola incluyendo pequeños, medianos y grandes propietarios.

Carretera Hídrica. La Carretera Hídrica consiste en un proyecto de cinco tramos de canalización, los cuales permitirían transportar agua desde el sur hacia el norte del país, específicamente desde la Región del Bío Bío hasta Atacama. Algunos de los beneficios, serían la duplicación de las exportaciones agroalimentarias de Chile, la generación de 1.000.000 de puestos de empleo, y una inversión estimada de 30.000 millones de dólares. “La longitud total de los tramos suma cerca de 3.900 kilómetros, ya que se trata de un trazado serpentino entre esas regiones”, afirman los impulsores en un comunicado. Además, esperan que la Carretera Hídrica se pueda hacer como concesión a través de una alianza público-privada.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 3. BOSQUES NATIVOS



VER DOCUMENTO COMPLETO

Autores:
Antonio Lara Aguilar (1) (2) (3)
Rocío Urrutia-Jalabert (2) (4)
Alejandro Miranda Cerpa (2) (5)
Mauro González-Cangas (1) (2) (6)
Carlos Zamorano-Elgueta (2) (4)

(1) Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
(2) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Santiago.
(3) Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, Valdivia.
(4) Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad de Aysén, Coyhaique.
(5) Laboratorio de Ecología del Paisaje y Conservación, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de
La Frontera, Temuco.
(6) Center of Fire and Socioecosystem Resilience (FireSes)

De acuerdo a las últimas actualizaciones de CONAF, la superficie total de bosque nativo en el país es de **14.737.486 ha,** ocupando un **19,4**% del territorio nacional. Esta cifra supera en más de un millón de hectáreas el área estimada por el catastro original (**13,4 millones de ha**), diferencia que ha sido atribuida a modificaciones metodológicas como la principal razón de los cambios reportados. Según las cifras oficiales del sistema de monitoreo de bosque nativo realizado por CONAF, y publicados en SIMEF, entre los años 2001 y 2019 ha habido **una pérdida de bosque nativo total de 359.889 ha (promedio 19.994 ha anuales)** entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. La región de Aysén no ha sido actualizada, siendo su última medición en el año 2010, habiendo **perdido desde el año 1996**

4.942 ha. Por otro lado, la región de Magallanes ha sido actualizada recientemente y se han estimado **pérdidas de bosque nativo de 75.153 ha entre los años 2005 y 2019**.

Según cifras oficiales, **los mayores contribuidores a la pérdida de bosque nativo** en el período 2001-2019 han sido su transformación a plantaciones forestales **(38% del total)** y cambio hacia matorrales (**28% del total**), así como transformación a uso agrícola (**cultivos y frutales, 20% del total**). La pérdida de bosque nativo debido a su conversión a uso agrícola se concentra entre las regiones de Valparaíso y O´Higgins (**13.700 ha que representan un 54% del total nacional**), lo cual en parte puede atribuirse en una proporción no determinada a la expansión de los cultivos de paltos.

La suma de las pérdidas de bosque nativo, en el período comprendido entre 2001 y 2019, para las **regiones de Coquimbo a los Lagos alcanza las 359.888 ha**. Sin embargo, si se consideran las cifras no reportadas de otras regiones, la superficie afectada en las **últimas dos décadas es cercana a las 450 mil ha**, lo que corresponde a un **promedio de 25 mil ha/año de pérdidas para dicho período**. Las mayores pérdidas de bosque nativo por cambios a otros tipos de cobertura vegetacional y uso del suelo se registraron en las regiones de **Los Lagos y Araucanía con 96.782 ha y 69.833 ha**, respectivamente, y las menores pérdidas ocurrieron en las regiones de **Coquimbo y Metropolitana con 1.053 ha y 6.527 ha**, respectivamente.

Para los últimos 45 años el número promedio anual de incendios y área quemada **alcanzan 5.598 eventos y 67.542 ha**, respectivamente. La temporada 2016-17 sigue batiendo todos los registros **superando en 10 veces el promedio histórico quemado (*c.* 54.500 ha/año) entre 1976-77 y 2015-16**. Durante esa temporada (2016-17) la **superficie quemada alcanzó 570.197 ha, incluyendo aproximadamente 280.000 ha de plantaciones forestales y 90.000 ha de bosque nativo**.

En Chile, la histórica sobreexplotación silvoagropecuaria ha derivado en que un **49,1%** de la superficie del país se encuentre afectada por **procesos de degradación de suelos**, generando una **tasa de emisión anual de 11,8 Gg CO_2eq** (UNFCCC 2018).

La tasa promedio de 4**6.200 ha/año de degradación de bosque nativo** estimadas para el período 2001-2010 incluyen **11.920 ha/año de sustitución por plantaciones** y **8.590 ha/año de incendios**. Esto implica que el área afectada por floreo y otras cortas degradantes (principalmente para la producción de leña) han sido en **promedio de 25.690 ha/año**. Esta cifra parece subestimada, ya que la producción de los 6,4 millones de m3/año de leña estimados para ese período

(ver Lara et al. 2018 a partir de cifras de INFOR, CNE e INE), implicaría la **intervención de 35.000 a 40.000 ha dependiendo de la intensidad de las cortas**.

Las emisiones de CO_2 debido a los incendios en plantaciones y bosque nativo representaron casi el **70%** del total que emitieron los sectores de energía, industria y agricultura combinados en el año 2016 (Hoyos et al. 2021).

En la edición anterior de este informe se reportó acerca de la megasequía, fenómeno climático que ha afectado el país principalmente desde la región de Coquimbo a la Araucanía desde el año 2010. Específicamente, se trata de la **sequía geográficamente más extensa y prolongada ocurrida en el último milenio**. La megasequía se ha extendido hasta el presente, siendo el año 2019 uno de los años más extremos registrados, con un **déficit de precipitación de hasta 80%** en la zona central de Chile.

Este año particularmente seco se conoce como hipersequía. A 2019 le siguió el año 2021 con un déficit de precipitaciones de un 66% en la región Metropolitana, siendo el quinto año más seco de los últimos 100 años. Este marcado déficit se extendió hacia el sur del país, convirtiéndose en el año más seco desde que se tiene registro (1960) en las ciudades de Concepción, Valdivia, Osorno y Puerto Montt (Garreaud, 2022). En la ciudad de Valdivia el déficit de precipitación durante 2021 alcanzó a 50%.

Los impactos de la megasequía sobre los bosques esclerófilos mediterráneos de Chile Central, como el Peumo y Belloto del Norte, presentan un quiebre y disminución pronunciada de crecimiento desde 2002. Esta disminución se encuentra principalmente asociada al **déficit climático de agua** (diferencia entre evapotranspiración potencial y actual) y la **disminución de la precipitación de invierno-primavera** (Venegas-González *et al*. 2022b).

En cuanto a la Contribución Nacionalmente Determinada [NDC] de Chile, se compromete al manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas de bosque nativo, lo que permitiría capturar GEI en cerca de 900.000 y 1.2 millones de toneladas de CO_2 equivalentes al año, desde el 2030. Adicionalmente, se compromete a la forestación de 200.000 hectáreas, de las cuales al menos 100.000 ha deben corresponder a una cubierta de bosques permanente, con al menos 70.000 ha de especies nativas. La forestación deberá realizarse en suelos de aptitud forestal y/o en áreas prioritarias de conservación, representando capturas de entre 3 y 3.4 millones de toneladas de CO_2 equivalentes al año, desde el 2030.

La **Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales [ENCCRV] 2017-2025** nació como una herramienta para cumplir los compromisos adoptados

en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Dicha estrategia busca reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica a través del enfoque REDD+. El **"proyecto + Bosques, juntos contra el cambio climático",** tiene como objetivo principal "implementar medidas de acción de la ENCCRV y fortalecer las capacidades institucionales y territoriales, buscando aportar en las metas de mitigación y adaptación al cambio climático, en el aumento y mejora de los servicios ecosistémicos y en el incremento de la resiliencia de las comunidades rurales al cambio climático".

El proyecto total **asciende a USD$63.607.552** y busca realizar intervenciones de gestión forestal sustentable en al menos **25.540 ha**. Este proyecto tiene una duración de seis años y abarca desde la Región del Maule a Los Lagos, siendo administrado y apoyado técnicamente por la FAO y ejecutado por CONAF.

En políticas públicas, la **Ley Marco de Cambio Climático** dictada en 2022 es el instrumento que establece en forma más clara una política de impulso de la conservación y restauración del bosque, a humedales y a otros ecosistemas nativos. Esto a fin de incrementar las capturas y reducir las emisiones de gases de efecto a fin de alcanzar la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero, puesta como meta para el año 2050.

En cuanto a los PROT (Plan Regional de Ordenamiento Territorial), aunque varias regiones han trabajado desde hace años en el diseño de los PROT y su reglamento se frenó durante el segundo Gobierno de Sebastián Piñera (2018 y 2021). El diseño de los PROT ha empezado a ser reactivado durante 2022, pero está pendiente el reglamento de la política nacional de ordenamiento territorial lo que es **requisito para implementar los PROT y que estos sean vinculantes**.

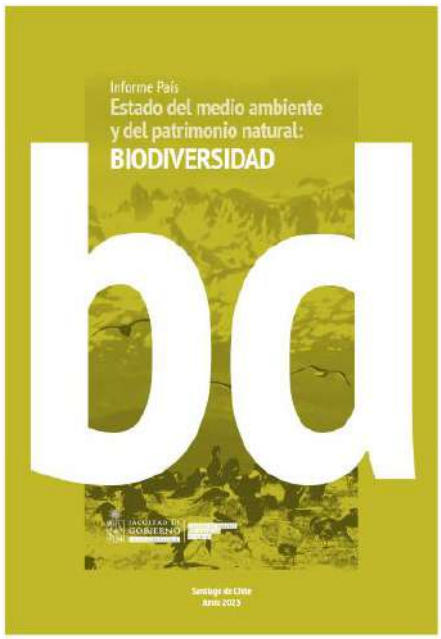
En cuanto a desafíos, es importante avanzar en el manejo sustentable, conservación y restauración del bosque nativo, principalmente con la ley que crea el Servicio Nacional Forestal (SERNAFOR), y la ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). Otro elemento a destacar es lograr que se apruebe el proyecto de ley de modificación de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente para que todas las plantaciones forestales ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), independiente de las actividades realizadas en ellas y sin limitación de un área mínima de intervención y, un tercer desafío prioritario es cambiar la NDC mediante la cual Chile se compromete a la forestación de 200.000 ha al año 2030, sólo con especies nativas, ya que actualmente establece solamente que un mínimo de 70.000 ha será con especies nativas. Es decir, deja la posibilidad abierta de que hasta 130.000 ha sean con especies exóticas e incluso considera que 100.000 ha del total de 200.000 sean áreas sometidas a cosecha en un sistema de rotaciones.

En materia de discusión constitucional, hay elementos que se recomiendan recoger en la nueva propuesta de constitución, como el reconocimiento de los derechos de la naturaleza, el deber del Estado de defenderlos y la creación de una unidad y mecanismos independientes para su defensa, al igual que las disposiciones trigésima tercera (que el presidente de la Republica proponga una Política para Restauración de Suelos y Bosque Nativo) y la trigésima séptima (que el Ejecutivo convocará a la constitución de una comisión de transición ecológica) son altamente deseables, y podrían ser llevadas a cabo en el marco de la Constitución vigente o de una nueva que la reemplace.

La única excepción del contenido de la de propuesta de la Convención Constituyente a incorporar en una nueva propuesta de constitución en lo que se refiere a los bosques nativos es la letra h) del artículo 202. Esto ya que otorgar competencias de las regiones autónomas en cuanto a la regulación y administración de los bosques, las reservas y los parques de las áreas silvestres protegidas, no parece deseable. Esto puesto que la **experiencia en Chile y en diversos países muestran que el diseño, planificación y administración de las áreas protegidas deben responder a una lógica integrada que asegure la representatividad de los diferentes ecosistemas terrestres y marinos, y un uso más eficiente de los recursos**, sin estar sujeto a las presiones debido a intereses locales de determinados grupos, como el turismo o proyectos de alto impacto en áreas protegidas y otros. Por otra parte, **esta propuesta es contradictoria con el proyecto de ley SBAP** de larga discusión en el Congreso el cual mantiene un enfoque nacional integrado de las áreas protegidas y cuya aprobación es una alta prioridad para avanzar en la conservación.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 4. BIODIVERSIDAD



Autores:
Fabián M. Jaksic (1)
Daniella Mella-Flores (1)

(1) Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES),
Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

La biodiversidad es la variabilidad observada entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte.

Chile es un país con un alto grado de endemismo (30 a 40%), producto de la evolución aislada del resto del continente durante miles de años, debido a las barreras físicas y climáticas características del territorio chileno. Esto se traduce en una gran diversidad genética, que, si bien posee importancia ecológica, social, cultural y económica, la información con la que se cuenta a nivel país, con excepción de unas pocas especies de interés comercial o de interés biogeográfico y de conservación, es escasa, aunque creciente, lo que no permite tener una evaluación del estado actual de la diversidad genética y menos aún de su vulnerabilidad frente a las amenazas.

Diversos esfuerzos han sido hechos en Chile para clasificar el estado de conservación de la biodiversidad. A diciembre de 2021 se han completado **17 procesos de clasificación de especies (RCE)**.

Con relación a la **diversidad de especies**, del total de 36.200 especies conocidas en Chile, 1.433 (alrededor del 4%) han sido clasificadas y validadas por el RCE, correspondiente a 621 especies de plantas, 685 especies de animales y 127 especies de hongos. Las especies oficialmente amenazadas en el país ascienden a 882, es decir que el **62% de las especies clasificadas se encuentran En Peligro Crítico, En Peligro y Vulnerables**. Entre las plantas clasificadas, el 73% han sido categorizadas como amenazadas, mientras que un 58 y un 27% de las especies de animales y hongos, respectivamente, están dentro de esta categoría. Las categorías de conservación más amenazadas son las de los onicóforos (gusanos aterciopelados) y anélidos (gusanos cilíndricos segmentados) (100% cada uno), seguida por los moluscos (96%), árboles (91%), peces de aguas continentales (83%), arbustos (79%), arácnidos (74%) y anfibios (71%). Cabe destacar un **incremento de 24% en el número de especies clasificadas entre el año 2019 y 2022**.

Aun cuando estos resultados son relevantes, dan cuenta de la necesidad de avanzar en la clasificación de las especies para las cuales no hay información sobre sus estados de conservación. **Se estima que faltaría un 90% de especies "chilenas" por descubrir**, las que probablemente, en más de un 50% corresponderían a artrópodos. **La falta de especialistas en taxonomía y el declive del financiamiento para la ciencia básica son sin duda factores importantes**.

Con relación a la **diversidad de ecosistemas**, recientemente la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza publicó una nueva propuesta de clasificación que coloca todos los ecosistemas de la Tierra en un contexto teórico unificador para guiar la transformación de la política y gestión de ecosistemas a escalas locales a globales. Notablemente, **en Chile se encuentran 88 de los 110 grupos funcionales de ecosistemas definidos en esta clasificación**, siendo 73 de ellos ecosistemas de ríos, humedales y mares.

En relación con el **estado de conservación de los ecosistemas**, los resultados nacionales no son del todo favorables. 12 pisos vegetacionales se encuentran En Peligro Crítico (CR), 2 En Peligro (EN), 5 son Vulnerables (VU) y 106 en Preocupación Menor (LC). Esto significa, que, **de un total de 125 pisos de vegetación, 19 se encuentran amenazados (clasificados como En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerables), los que equivalen al 15,2% del total de los ecosistemas existentes en el país**.

La zona geográfica donde se concentran los ecosistemas terrestres que han sufrido mayor pérdida de superficie natural en términos históricos y recientes, coincide con el área que ha presentado la mayor dinámica antrópica sobre la cobertura natural, siendo esta la zona de Chile central entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos. Así también, dentro de esta área, los ecosistemas más amenazados son los que se relacionan con el sector forestal, en los que se ha transformado fuertemente el paisaje del sector costero entre la Región de O'Higgins y la Región de la Araucanía. Con relación a los criterios de funcionalidad, el único criterio evaluado en el estudio se abordó desde la perspectiva de los efectos del cambio climático sobre la biota nativa. En este análisis, los resultados obtenidos presentan concordancia con las evaluaciones globales y nacionales para Chile, identificando a la zona central del país como el área más afectada por la disminución de las precipitaciones a mediano plazo.

Con relación a la condición ambiental de los ecosistemas acuáticos continentales, tanto los humedales altoandinos (vegas, lagunas, bofedales), como los humedales de turberas y los humedales costeros, continúan constituyendo ecosistemas frágiles. Los primeros, debido a que sus componentes hídricos y botánicos son únicos y críticos, mientras que los segundos, concentrados en la Patagonia chilena, debido a que sus servicios ecosistémicos a nivel local y global son irreemplazables. En el ambiente marino, por otro lado, no se cuenta con información suficiente de su biodiversidad, que permita dar cuenta de la pérdida y/o alteración de estos ecosistemas, así como de las especies que los componen.

Entre las principales amenazas a la biodiversidad se encuentran: **1) la pérdida y degradación de hábitats**, dada principalmente por el cambio de uso de suelo; **2) la contaminación de flora, fauna, suelo, aire y aguas** por diversos elementos y compuestos químicos pesados, además de hidrocarburos, pero también por biocidas y hormonas; **3) la sobreexplotación de recursos**, principalmente de recursos marinos pelágicos y bentónicos; **4) las especies exóticas invasoras**, para las cuales 1.170 ya han sido registradas en Chile, incluyendo especies altamente dañinas como el castor, la avispa chaqueta amarilla y el conejo; y **5) el cambio climático**. Todas estas amenazas actúan en conjunto y de forma sinérgica, por lo cual no pueden ser estudiadas ni enfrentadas de manera aislada, sino que de manera global.

En cuanto a la respuesta del Estado ante estas presiones a la biodiversidad, se destaca la **Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 (ENB)**. Los objetivos y lineamientos estratégicos definidos por la ENB 2017-2030 se implementan a través de su Plan de Acción Nacional. Otros instrumentos de política pública que apuntan a la protección directa o indirecta de la biodiversidad son: el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura; la formalización del Comité Nacional de Restauración Ecológica; el Plan Nacional de Restauración de

Paisajes 2021-2030; la Política Nacional para la Gestión Sustentable de la Montaña en Chile y su Plan de Acción (en proceso de formulación); la Política Forestal 2015-2035, entre otras. Durante el año 2018 se oficializaron también los primeros tres Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies. A pesar de estos avances en planes, estrategias e instrumentos para responder a los compromisos internacionales en términos de la protección de la biodiversidad, **muchas de estas iniciativas aún no se han concretado y otras no han avanzado lo suficiente como para ver los resultados de esos esfuerzos**.

Internacionalmente, se ha llegado al consenso de que la conservación in situ, es decir, la creación y manejo de áreas protegidas (APs), constituyen el mecanismo más adecuado para la preservación y conservación de la biodiversidad en sus tres niveles jerárquicos: genes, especies y ecosistemas. Actualmente **Chile cuenta con 229 APs que cubren un total de 159.942 km^2 de superficie terrestre y 1.512.449 km^2 de superficie marina, correspondiente a 21 y 41% de cobertura respecto al área total del país**, respectivamente. A pesar de la alta concentración de áreas protegidas y de superficie representada en el ámbito terrestre y marino, todavía persisten importantes vacíos de representatividad para un número importante de ecosistemas, por lo que estos valores deben ser tomados con precaución. **De las 11 ecorregiones clasificadas por el MMA, sólo 5 (45%) alcanzan el porcentaje de representatividad estipulado para el cumplimiento de la meta Aichi 11**. Para las ecorregiones marinas, por su parte, **3 de las 7 (43%) están correctamente representadas en las APs**.

Es importante notar que la sola existencia de una AP no garantiza necesariamente su adecuada conservación. Uno de los grandes desafíos institucionales es la creación de áreas protegidas con planes de manejo que permitan la conservación efectiva de la biodiversidad. Hasta 2017, **sólo 42% de las APs contaban con un plan de manejo vigente (es decir, un plan con antigüedad no superior a 20 años), representando no más de 10% del total de la superficie protegida del país**.

Para la conservación de la biodiversidad y el adecuado manejo de las 229 áreas de protección se requiere de un Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, que articule a todos los sectores de la sociedad en torno al desafío común de dar protección y uso sustentable a la biodiversidad chilena.

Considerando la progresiva tendencia a la pérdida de diversos paisajes forestales y formaciones xerofíticas en Chile, la sola integración de estos sistemas dentro de áreas protegidas no es un medio suficiente para resguardar su permanencia en el tiempo. En este contexto, **se hace cada vez más necesaria una intervención activa que permita recuperar, al menos en parte, los ecosistemas degradados**. A esto apunta la “Restauración Ecológica”. Un importante avance en la restauración

en Chile se logra el 2021 con la aprobación para su implementación del Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030, el cual posee una ambiciosa meta (un millón de hectáreas a restaurar).

También, para avanzar en el conocimiento de la biodiversidad **se necesita primordialmente más investigación y monitoreo a largo plazo**. Sin embargo, es igualmente necesario avanzar en la manera en que se transfiere el conocimiento a los tomadores de decisiones y a la ciudadanía. Una propuesta al respecto involucra **mayor asignación presupuestaria al MMA y al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MINCYT) para mayor difusión ciudadana de la importancia de la biodiversidad**.

De igual manera, se hace necesario y urgente democratizar el saber científico y académico y ponerlo a disposición de los tomadores de decisiones y de la población en general. Es en las universidades y en los centros e institutos de investigación dónde se generan las evidencias, los sustentos teóricos y metodológicos que pueden aportar para la formulación e implementación de leyes y políticas públicas que protejan nuestra biodiversidad. En este sentido, los datos abiertos para la biodiversidad son primordiales, pero aún su disponibilidad, gestión y análisis mantienen muchas brechas. Estas incluyen la infraestructura crítica necesaria, el capital humano y la creación de grupos o capacidades multidisciplinarias que den una visión holística, que permita reconocer y dar valor agregado a los datos de biodiversidad

Por último, a diferencia de otros países de la región, el texto constitucional de Chile es de los más antiguos y que menos modificaciones ha sufrido en lo que respecta al tema ambiental. Aun cuando el país ha desarrollado una Institución Ambiental bastante robusta que comienza con la promulgación de la Ley N°19.300 sobre Bases del Medio Ambiente, esto no ha sido suficiente para dar respuesta a los diversos y numerosos conflictos y desigualdades ambientales, sociales y económicas que existen entre los residentes del país. Lo cierto es que hoy no contamos con una Constitución que recoja adecuadamente el conocimiento que tenemos sobre los problemas ambientales y que entregue las herramientas adecuadas para hacerse cargo de ellos. **Un nuevo proceso constitucional, sea cual sea, debe imperativamente considerar la actual crisis climática y ecológica.**

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 5.
DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS



Autor:
César Morales Estupiñán (1)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

La degradación de la superficie terrestre causada principalmente por las actividades humanas afecta negativamente al bienestar de al menos 3.200 millones de personas y conduce al planeta a la extinción en masa de la sexta parte de las especies, **implicando un costo superior al 10% del producto anual bruto mundial** en pérdidas de la diversidad biológica y de los servicios de los ecosistemas.

En el caso de Chile, de acuerdo con el Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (2018), **el 67% de los habitantes viven en tierras seriamente degradadas o con elevado riesgo de degradación**. **El 79% de la superficie del país, cerca de 59 millones de hectáreas, están en esas condiciones**. **El costo anual de la degradación de la tierra se estima el 12% del Producto Interno Bruto (PIB) Silvoagropecuario**, esto es alrededor de los 1.100.000 millones de dólares estadunidenses.

Para el desarrollo de este capítulo se adoptó como metodología la Convergencia de Evidencias, utilizada en la preparación del Atlas Mundial de Desertificación. Se seleccionaron seis variables biofísicas (contenido de carbón orgánico, aridez, estrés hídrico, disminución de la productividad, cambio de uso del suelo, y deforestación), consideradas de mayor relevancia para el caso de Chile, más una variable socioeconómica (pobreza) y dos variables climáticas (temperaturas y precipitaciones). Con las variables biofísicas considerando cada una de ellas individualmente, así como en todas sus combinaciones posibles, se midió su presencia en el territorio de cada municipio del país.

Del procesamiento de la información se obtuvo que 80 comunas pertenecientes a las regiones de Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins y Metropolitana, son las más afectadas por procesos de degradación resultantes de la interacción de variables biofísicas, socioeconómicas y climáticas. En estas comunas con una superficie de 45.538 km^2, viven cerca de 5,8 millones de personas.

Valparaíso es la región más afectada y la que tiene a su vez las comunas más degradadas. De un total de 38 comunas a nivel regional, 30 de ellas presentan agudos problemas de degradación de las tierras. En dichas comunas viven 1,7 millones de habitantes. En segundo lugar, aparece la región Metropolitana con 25 comunas afectadas severamente, en las que viven 3,3 millones de habitantes.

A nivel nacional los principales “drivers” de la degradación de las tierras, son la **disminución de carbón orgánico** en los primeros 30 centímetros de suelo, **la aridez** y el **estrés hídrico**. 199 municipios tienen al menos el 75% de su superficie afectada por la disminución de carbón orgánico en el suelo y 163 municipios enfrenta una situación similar en términos de superficie afectada por la aridez. Finalmente, otros 131 municipios experimentan estrés hídrico en al menos el 75% de sus territorios.

Cabe agregar que la variable de deforestación es importante como es de esperar, en las regiones de Ñuble, Biobío y Arauco. En cuanto a la pobreza, esta variable aparentemente no modifica los procesos de degradación en curso. Muy probablemente esto ya ocurrió durante largo tiempo en el pasado incrementando el “stock” de tierras degradadas.

La agregación de las variables biofísicas, pobreza y las variables climáticas para el año 2050, muestran un panorama altamente preocupante. **80 comunas, quedan en las categorías de degradación severa** y de ellas siete son de la región de Coquimbo, 30 de la región de Valparaíso, 18 de la región de O´Higgins y 26 de la región Metropolitana. La población total afectada ascendería a los 5.779.487 habitantes, y la superficie severamente degradada, alcanza a los 45.538 km.

Como política pública, Chile ha asumido el compromiso de llevar adelante la implementación de la iniciativa de Neutralidad en la Degradación de las tierras (NDT) impulsada por la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación. Esta iniciativa que es parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 15, Meta 15.3), pretende implementar una serie de medidas de política para recuperar tierras degradadas para alcanzar la degradación neutral y revertir procesos.

Para el 2025 Chile compromete una serie de medidas entre las que se encuentran las siguientes: **a) medidas de mitigación**, reducir las emisiones de GEI asociadas a la degradación y deforestación en un 20% al año 2025, en base a las emisiones del periodo 2001-2013, así como aumentar la capacidad de los recursos vegetacionales como sumidero de carbono; **b) medidas de adaptación,** reducir la vulnerabilidad asociada al riesgo de degradación de las tierras a través del manejo de los recursos vegetacionales, mediante la intervención de al menos 264.000 hectáreas, de forma directa entre 2017 y 2025. El aporte a la disminución de la vulnerabilidad se evaluará en términos de indicadores asociados a biodiversidad, provisión de servicios ecosistémicos como el suministro y regulación de los caudales y calidad de agua, así como también productividad de los suelos.

Se espera que las metas planteadas hasta el año 2025, generen resultados en las siguientes áreas: a) reducción y capturas de emisiones de carbono forestal; b) reducción del riesgo de desertificación, degradación de las tierras y sequía hasta alcanzar la meta de NDT; c) servicios ambientales y beneficios sociales adicionales, como calidad y producción de agua, conservación de los suelos, mantenimiento o incremento de la biodiversidad, entre otros.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 6. ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA



Autores:
Ricardo Bravo Méndez (1)
Humberto Díaz (2)
Mario Herrera (2)
Erika López Soto (2)

(1) Decano, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso.

(2) Investigador, Universidad de Valparaíso.

VER DOCUMENTO COMPLETO

Antes de iniciar esta nueva entrega del informe país, se propone reemplazar el término borde costero por el de zona costera. Este último, permite relevar la funcionalidad única de cada zona costera y otorga mayor flexibilidad en términos de la extensión que ésta posee. Además, en esta oportunidad reportan avances en los estudios del estado de diversas especies, donde se añadieron a los análisis aspectos ambientales y variables oceanográficas. Se ha trabajado a su vez en la corrección de las fuentes de incertidumbre, como la originada por los subreportes del desembarque de determinadas especies.

A nivel global, la pandemia trajo consecuencias positivas derivadas del cese o la pausa en las actividades antrópicas. Sin embargo, por otro lado, aumentó la contaminación a partir del incremento de los desechos sanitarios. En Chile, la

situación sanitaria produjo el cese de algunas plantas de proceso, lo que afectó la regularidad de las faenas pesqueras. Debido a las restricciones impuestas, los estudios de monitoreo de los recursos pesqueros y las evaluaciones de stock, presentaron disminuciones en su cobertura geográfica o se vieron pausados. Esta pausa en la extracción pesquera posibilitó la recuperación de algunos recursos.

Acorde al estado de situación de los principales recursos pesqueros nacionales, **todos los recursos bentónicos que se presentan en este informe se han catalogado en un estado de Plena Explotación**. Es probable que varios de estos recursos bentónicos se encuentren ya, al menos, en la categoría de Sobreexplotados. El erizo presenta un estado de Sobreexplotación y los mayores niveles de vulnerabilidad entre los años 1960 a 2021. Se registra una reducción en la biomasa en el trienio 2019 – 2021. Para el recurso «loco» hay evidencias de Sobreexplotación en sus unidades poblacionales. En cuanto a la almeja, este recurso se ha mantenido en condiciones similares desde 2016 hasta 2021, con estimados de biomasa y del potencial reproductivo del stock por debajo de los niveles de referencia que buscan alcanzar el rendimiento máximo sostenible (RMS). El estado de la macha mantiene un patrón de vulnerabilidad, caracterizado por una baja densidad y por la escasez de reclutas. La extracción de pulpo del norte y del sur vulnera su potencial reproductivo.

Acorde a las **especies demersales, el congrio dorado se clasifica en un estado de Sobreexplotación y sin sobrepesca**. El stock de este recurso está desmejorado y con niveles de reducción de la biomasa desovante. La merluza del sur no presenta señales de recuperación y se le clasifica en un estado de Agotamiento. Se estima que la merluza común presenta leves señales de recuperación pero mantiene un estado de Sobreexplotación. En el caso de la raya volantín, debido a la falta de información, no se puede establecer su estado de situación, aunque se estima que se encuentra Sobreexplotada o Agotada. Los recursos langostino amarillo y langostino colorado se clasifican en un estado de Subexplotación y sin sobrepesca. Ambos presentan un aumento sostenido en los estimados de biomasa desde el año 2011. El recurso camarón nailon se encuentra Subexplotado y con aumento en los estimados de biomasa desovante entre los años 2019 – 2021.

Para **especies pelágicas**, la unidad de pesquería norte de anchoveta se encuentra en un estado Subexplotado, en tanto que las unidades centro-norte y centro-sur se clasifican en Plena Explotación. La sardina española mantiene una presencia casi nula, representada por capturas incipientes y se mantiene la clasificación de agotamiento. La sardina común se encuentra Sobreexplotada y con una alta probabilidad de estar en sobrepesca en el año biológico 2020-21. El jurel ha presentado signos de recuperación desde 2010 y un aumento en los estimados de biomasa durante los últimos años. Se ha establecido que se encuentra en un estado de Plena Explotación y sin riesgo de sobrepesca. El pez espada se clasifica

en un estado de Plena Explotación, pues la estructura tallas y la captura por unidad de esfuerzo han presentado una tendencia positiva durante los años 2001 – 2019. La reineta se clasifica en Sobrexplotación y está sometida a un alto nivel de sobrepesca. Se recomienda que esta sea controlada en forma urgente.

Las estrategias para dar solución al problema de la acidificación marina se encuentran en etapas tempranas de desarrollo y existen brechas de colaboración entre la investigación científica y quienes pueden tomar decisiones al respecto. Entre los efectos del calentamiento de los océanos destacan el aumento del nivel del mar, debido a la expansión térmica, el blanqueamiento de los corales, el deshielo acelerado de las principales masas de hielo de la Tierra, la intensificación de los huracanes, de las mareas y de las tormentas, y cambios en la salud y la bioquímica de los océanos.

Existe, en general, una mantención o disminución de los contenidos de todos los metales pesados en aguas. No obstante, la situación resultó distinta en la matriz sedimentaria, donde en el período 2018-2021 los contenidos promedios de cadmio y plomo disminuyeron respecto al período anterior, mientras que los contenidos de cobre y mercurio, en general, fueron mayores. Respecto al mercurio, en específico, aunque las concentraciones promedio regionales en general fueron mayores. Los nutrientes (nitrógeno y fósforo total) y materia orgánica total revelaron en general un alza de sus concentraciones, los promedios regionales en los sedimentos de nitrógeno y fósforo total revelaron mayores contenidos de estos elementos en regiones del norte de Chile respecto a las regiones en que se concentra la acuicultura (X, XI y XII Regiones). En tanto, en general los niveles de HAP y BPC se han mantenido bajos, mientras que los contenidos hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos marinos mostraron un aumento a nivel nacional, y el de algunas regiones, revelando posibles eventos puntuales de vertidos o derrames, influyendo en las alzas de las concentraciones presentes en el último periodo 2018-2021. **Un nuevo tema comienza a aparecer con fuerza en el contexto de la contaminación marina, aquella relacionada a la presencia de nano, micro y macroplásticos en las playas del litoral nacional, la información que se ha ido generando muestra que la presencia de basura marina antropogénica ha aumentado levemente en los últimos 12 años, demostrando que el problema de la basura sigue siendo un problema en toda la costa nacional**.

En Chile existen cerca de 1400 humedales costeros, de diferentes tipos, tamaño y características, afirmando investigaciones que todos los humedales del país estarían en condiciones de vulnerabilidad de cara al cambio climático. En las últimas décadas se ha observado una progresiva disminución de la biodiversidad de los humedales. Esta disminución de la biodiversidad de humedales ha sido atribuida principalmente a la destrucción del hábitat.

La producción del cobre en Chile se ha acompañado de pasivos ambientales como la existencia de tranques de relaves cuyos residuos fueron descargados al mar durante años, ya sea en forma directa, a través de emisarios submarinos, como en forma indirecta, a través de cursos de aguas naturales (ríos, esteros). Resultando en zonas costeras con presencia de altas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, mercurio, cadmio, níquel y zinc, entre otros. **Presentando el puerto de Iquique las mayores concentraciones de metales (20 µg/g de cadmio; 370 µg/g de plomo y 514 µg/g de cobre)**.

Por otro lado, la agricultura es una de las principales contaminantes debido a los fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas que suelen alcanzar el mar desde zonas interiores a través de los ríos. Otra fuente son las descargas domésticas de aguas servidas y residuos industriales líquidos, como consecuencia de la alta actividad industrial y la presencia de los núcleos urbanos más importantes (Santiago, Valparaíso), con alta densidad poblacional. Otra actividad costera compleja son las plantas desalinizadoras, como respuesta a la escasez de agua potable y de agua para usos industriales en el norte de Chile. El funcionamiento de estas plantas se correlaciona con varios impactos en el medio marino como la descarga de salmuera, contaminación de los acuíferos y daño a los ecosistemas acuáticos.

La institucionalidad para el uso de la zona costera no ha obedecido una política que permita su regulación permanente e integral, ya que por ahora parece obedecer más a una finalidad sectorial, lo cual ha restringido una necesaria planificación del borde costero, que esté adaptada a los requerimientos ambientales y de conservación de los ecosistemas marinos. Nuestro país ha demostrado contar con una experimentada institucionalidad que ha administrado la zona costera y sus recursos, mediante el otorgamiento de concesiones marítimas, fluviales y lacustres, sin embargo, esta institucionalidad ha demostrado poseer ciertas brechas, que han sido objeto de críticas por parte de investigadores y estudiosos, lo que ha valido la propuesta de una nueva Ley de Costas para Chile. Se ha destacado la inexistencia de normas de calidad secundaria para aguas y sedimentos marinos, lo que hace deficitaria la aplicabilidad del desarrollo sostenible en nuestra normativa ambiental, lo que de contar con ellas permitiría ampliar adecuadamente, la red de Áreas Protegidas y Áreas Marinas Protegidas, y mejorar su gestión.

De los resultados obtenidos se pueden desprender recomendaciones como **la urgencia de contar con una planificación diligente del desarrollo y de la urbanización costera**, que sea sostenible y que vele por la seguridad de las poblaciones humanas y por la viabilidad de los ecosistemas costeros. **La necesidad de aplicar medidas que frenen la degradación y que permitan restaurar los**

ecosistemas costeros, para ello es primordial promover la cooperación internacional. A su vez, **contar con un planteamiento holístico**, de fuerte base científica y que sea determinado según los requerimientos específicos de cada ciudad, puede mejorar la calidad de vida humana y la salud de los ecosistemas costeros.

Se recomienda desarrollar la acuicultura comercial de pequeña escala de especies como el «loco» y de almejas, entre otras. Poner énfasis en la problemática derivada del aumento de las zonas anóxicas que, a largo plazo, puede generar un colapso ecosistémico. Las brechas de conocimiento asociadas a los recursos pesqueros nacionales se manifiestan principalmente en las especies bentónicas, reineta y sardina española. Para el caso de el «loco» y reineta se requiere cuantificar las capturas ilegales o no declaradas. Por otro lado, es necesario mejorar la integración de los usuarios de las pesquerías. Ello permitiría fomentar buenas prácticas y validar los resultados de los monitoreos y de las evaluaciones de stock. Además, **a partir del saber empírico de los usuarios, se pueden abordar las brechas de conocimiento de las especies**.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 7.
MINERÍA E HIDROCARBUROS



Autor:
José Leal Rodríguez (1)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

En este capítulo del Informe País 2022 se revisa la situación del medio ambiente producto de las actividades de extracción y procesamiento en los sectores de minería e hidrocarburos, en la medida que se dispone de información actualizada. Se señalan primeramente los **impactos principales de la gran minería**: emisiones a la atmósfera (con sus efectos locales y globales); consumo de agua y energía; generación de efluentes líquidos y tranques de relaves; degradación de los suelos; pérdida de biodiversidad; afectación de hábitats humanos y ecológicos. Es un tema que requiere coordinación con la política nacional de energía, buscando avances hacia una matriz más diversificada y menos contaminante. La tendencia se ha mantenido y no se vislumbran cambios importantes respecto al comportamiento histórico del sector desde que la legislación chilena estableció exigencias ambientales.

A continuación, se apunta a la **problemática de la pequeña y mediana empresa minera**, que comparte algunos de los impactos señalado arriba, pero con particularidades en términos de su participación en la producción del país y en el deterioro ambiental: sus dificultades para cumplir con las reglamentaciones ambientales; su extendida informalización (sobre todo el pirquén, la microempresa minera); la necesidad de la acción del estado con instrumentos de desarrollo productivo para su modernización en una línea sustentable.

En tercer lugar, el capítulo se ocupa del tema conflictivo del **cierre de faenas mineras**, que son la causa del enorme pasivo ambiental que la actividad extractiva ha dejado en el país por centurias. Al respecto existen una legislación y procedimientos, la Ley N° 20.551 sobre Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras (2012). Se plantea la necesidad de una aplicación consecuente de la legislación, establecimiento de políticas y sus reglamentos e instrumentos, la acción del Servicio de Evaluación Ambiental (proyectos), la Superintendencia del Medio Ambiente (fiscalización y control), y de los Tribunales Ambientales (conflictos), que constituirían instancias para evitar futuros pasivos ambientales mineros ambientalmente degradantes. En todo, la información disponible muestra un crecimiento de los depósitos y relaves asociados con la actividad minera.

Enseguida se hacen algunos planteamientos respecto de un problema también bastante dejado de lado de manera integral: la **relación entre la actividad minera y la ecología**. Según el Código de Minería se pueden realizar labores mineras en áreas protegidas, si se cuenta con autorización oficial; sin embargo, se reportan abusos por interpretaciones torcidas de la legislación, para lo cual se requiere un apoyo del estado que debe ser reforzado de manera significativa, con el uso de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, más algún precepto constitucional.

El quinto elemento de este capítulo es el tópico de la **relación de pueblos originarios con la naturaleza y sus conflictos con la actividad extractiva minera**. Esto se da en ecosistemas frágiles, como zonas desérticas, cordillera y precordillera, donde hay mayor actividad minera. Se reportan casos de conflictos con comunidades aymara, quechua, diaguita y atacameña. Se señala la urgencia de establecer una política pública que apoye el proceso y la conveniencia de involucrar al sector privado en esta compleja dimensión de la gestión ambiental en la minería.

A continuación, se analiza el **estado de situación del litio, el carbón y el gas natural**, con el foco puesto en sus efectos ambientales y en la evolución, todavía inestable y cambiante, del futuro de estos elementos debido al contexto internacional.

La última parte anota vías para avanzar en una **política ambiental integral para el sector minero** que considere los aspectos antes señalados. PYMES mineras, litio, carbón e hidrocarburos, deberían ser materia de **políticas sectoriales** robustas, en el marco de las respectivas **políticas regionales**. La política ambiental minera no puede estar disociada de la **política exterior**, que debe estar en permanente monitoreo de las regulaciones internacionales y los vaivenes del mercado. En la medida que hay un sector privado activo (gran empresa, PYMES y pirquineros), debe buscarse un ambiente favorable a su desarrollo en el marco de la protección ambiental y territorial. El proyecto de nueva constitución contiene elementos importantes para lidiar en estos temas, siempre que se apliquen los reglamentos y procedimientos vigentes; y se creen nuevos cuerpos legales e instrumentales, aprovechando los avances tecnológicos que apoyen ese proceso.

Una política internacional de promoción de los productos mineros del país, ¿en qué recursos debería enfocarse prioritariamente el país, con un criterio de sustentabilidad? A pesar de que el cobre es el recurso destacado a nivel nacional y una de sus principales exportaciones, el litio tiene potencial para ser un producto prioritario debido a la cantidad de usos, desde la medicina a la fabricación de baterías. En ese sentido, su fuerza radica en ser un recurso exportable con una alta proyección a futuro por las necesidades mundiales de transición a energías más limpias.

Debido a que Chile está en el triángulo estratégico de litio, se podrían realizar acuerdos con países latinoamericanos (por ejemplo) en relación a cómo llevar el mercado del mineral, considerando costos y beneficios, y asegurar tecnologías que incentiven prácticas más amigables con el medio ambiente, con el fin de darle al litio una calidad de industria “verde”.

Por otro lado, no se debería dejar de lado la posición que tiene el cobre en el país, debido a que sigue siendo un recurso estratégico y un pilar fundamental en el crecimiento económico y desarrollo regional. Es el nicho en que la economía internacional nos tiene ubicados. Hace falta mayor inversión en convertir la materia prima en productos exportables, para escapar del paradigma de país particularmente extractivista.

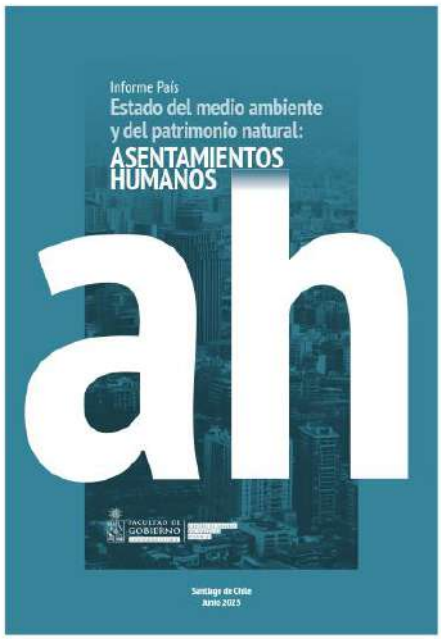
El otro frente está en la posibilidad de **mitigar los conflictos socioambientales** que significa la actividad minera. Al haber una degradación de los recursos naturales de una cierta zona en conflicto, ya sea por el acceso al agua, la pérdida de uso de suelo, la afectación a flora y fauna, entre otras, la posibilidad de eliminar los conflictos es escasa. Por este motivo, la actividad minera siempre será una industria que generará controversias en el territorio, es difícil imaginar un desarrollo sustentable integral del rubro. De modo que la política ambiental debe

obligadamente buscar acuerdos, complicidades y apoyos mutuos con la política de desarrollo regional, sobre todo en lo social, empresarial y laboral.

En todo caso, un movimiento mundial en torno a una denominada **"minería verde"** ha sido acogida con entusiasmo por arte del empresariado que, al menos en materia comunicacional, se ha apresurado a socializar sus enfoques de baja emisión de carbono, reciclaje y reutilización de residuos, apoyo a las comunidades y otros tópicos relevantes a la temática de la sustentabilidad.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 8. ASENTAMIENTOS HUMANOS



VER DOCUMENTO COMPLETO

Autores:
René Saa Vidal (1)
Gerardo Ubilla Bravo (Cambio climático) (2)
Valentina Rodríguez Seguel (Cambio climático) (3)

Asistentes de investigación:
Cristóbal Lepe Crocco (4)
Luis Felipe Prunés Fuenzalida (4)
Francisca Arriaza Adasme (4)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Profesor asistente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(3) Estudiante de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(4) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

Los datos de población de este capítulo se basan en proyecciones de la población, debido a la falta de información censal de población y vivienda, prevista para el 2022. Sin embargo, los datos proyectados muestran consistentemente la tendencia observada en el Informe País 2018, **una población que envejece**, **una disminución de la población en el medio rural**, **un crecimiento persistente de población residiendo en centros urbanos** y **un crecimiento acelerado de las áreas metropolitanas de Santiago, Gran Valparaíso y Gran Concepción**, que concentran el 52,2 % de la población urbana del país según la proyección de población al 2021. Otros centros urbanos tienden a transformarse en Áreas Metropolitanas con concentraciones cercanas a los 500 mil habitantes como es el caso de La

Serena- Coquimbo. De acuerdo con los datos de proyección de población al 2021 el total de ciudades en el país alcanza a 220, de las cuales 134, es decir el 61 %, están localizadas en el Chile Central (Valparaíso a Biobío).

El proceso urbanizador muestra que las ciudades al crecer incorporan asentamientos menores a su espacio territorial, extendiendo la mancha urbana de terreno pavimentado, limitando seriamente la percolación de las aguas de lluvia, afectando al medio ambiente rural, eliminando vegetación, utilizando suelo originalmente dedicado la producción de alimentos y otros fenómenos asociados. Así, con el pasar de los años **hay menos ciudades pequeñas e intermedias** y al comparar el total de ciudades entre los censos de 1992 y 2017, el número de ciudades pasa de 303 a 222.

Las ciudades con crecimiento alto están en el rango de tasas entre el 11 al 20 % en el periodo 2017 al 2021. En total se detectaron 25 ciudades de las cuales 9 son ciudades o asentamientos urbanos de la Región Metropolitana, también en esta categoría está el Gran Santiago con su capital regional, además 3 capitales regionales: Arica, Iquique y Antofagasta, lo que indica **la fortaleza en crecimiento en población en el norte del país**. Las ciudades con crecimiento negativo con un rango de decrecimiento del 0 al -7 %, se localizan en los extremos norte y sur del país, como: Putre, Puerto Williams, San Pedro de Atacama, y Taltal, tres son capitales provinciales.

Las parcelas de agrado en torno a las grandes ciudades es una nueva modalidad de asentamiento rural, fenómeno que comenzó a ser detectado en los Censos de Población del 2002 y del 2017. Estas parcelaciones en terrenos originalmente destinados a las actividades agrícolas o pecuarias con excepcionales paisajes de belleza escénica localizados a orillas del mar o lagos atractivos para la segunda vivienda **deben ser legalmente controlados por un proceso de evaluación ambiental**, al crear una presión adicional en el medio natural, incrementando la densidad de viviendas con toda la infraestructura que requieren en medio con un clima seco en áreas donde hay limitaciones del recurso agua, como ocurre en las parcelaciones en Colina, especialmente en Chacabuco. Por otra parte, las parcelaciones en el sur del país, el impacto es más severo por la magnitud de los proyectos causando desforestación de bosque nativo, afectando humedales y en general disminuyendo la biodiversidad.

El fenómeno de la migración internacional ha generado un impacto significativo en especial en los asentamientos irregulares, así como en el empleo, la pobreza, los servicios de salud y la educación. En el año 2017 la población extranjera, según el censo, alcanzó a 746.465 personas, al año 2020 este número **se duplicó a 1.462.103 migrantes**.

Respecto de los riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos (capitales regionales) de Chile, de las dieciséis capitales r<egionales, **siete cuentan con riesgo de Tsunami por ser ciudades costeras**. Las ciudades que tienen mayor susceptibilidad a los incendios en sus alrededores son Valparaíso, Santiago, Rancagua, Talca, Chillán, Concepción, Temuco y Valdivia. En riesgo por erupciones volcánicas, la única capital regional que lo presenta muy alto por volcanismo es Chillán, debido a la presencia del complejo volcánico Nevados de Chillán.

Desde el punto de vista climático las modificaciones climáticas asociada a la urbanización están el incremento de temperaturas y la disminución de la humedad y ventilación atmosférica, junto a la sustitución de uso y cobertura de suelos naturales por superficies urbanas, ha favorecido el establecimiento de islas de calor urbanas. Así, las ciudades tienden a ser más cálidas que su periferia.

En el año 2020, la pobreza en casi todas sus dimensiones volvió a mostrar un alza significativa. El progreso nacional logrado hasta 2017 logró reducir la pobreza total al 8,5% de la población, la urbana al 7,4% y la pobreza rural al 16,4% de la población, y la pobreza extrema al 2,3% de la población. La pandemia rompió esta racha de reducción de la pobreza y, como se evidencia, **la pobreza total el año 2020 aumentó al 10,8% de la población**, la urbana al 10,4%, y la extrema llegó al 4,3%, siendo esta última casi el doble que hace 3 años. La pobreza rural, continuó a la baja, reduciéndose a un 13,8% de la población.

La evolución del déficit habitacional (DH) entre los años 2015 y 2017, depende del segmento socioeconómico. **El DH aumentó en 10%** para las familias de menores ingresos (deciles I al VI), que constituían en 2017 el 72% del déficit total (535.082 viviendas para 1.658.754 personas), aumentando 37% el déficit por allegamiento y disminuyendo 9% el déficit por deterioro. Para las familias de ingresos medios (deciles VII al IX), que representaban un 25% del total de déficit (185.995 viviendas para 576.584 personas), el DH total aumentó un 28% entre ambas mediciones, aumentando el déficit por allegamiento en 36% y el déficit por deterioro en un 11%. Finalmente, para las familias de mayores ingresos (decil X), que representaban un 3% del DH en 2017 (18.526 viviendas para 57.431 personas), el déficit total disminuyó un 11%, disminuyendo en 2% el DH por allegamiento y en 30% el DH por deterioro (CChC, 2019).

Al año 2021, según la fundación TECHO-Chile **son más de 500 mil las familias que se encuentran en situación de déficit habitacional**, por allegamiento, en condiciones de habitabilidad muy precarias en espacios reducidos. Desde octubre de 2019 y producto de la pandemia global de COVID-19. miles de familias han optado por instalar sus viviendas al interior de campamentos. En 2021, los campamentos llegaron a un total de 969 asentamientos, habitados por 81.643

familias. Esto representa un aumento de 20,3% para los asentamientos y de 73,5% para las familias, respecto al catastro de 2019.

En servicios básicos la cobertura de Agua Potable para la población de zonas urbanas en Chile muestra variaciones (positivas y una negativa en 2016) y estancamientos durante el ciclo, mostrando un **aumento neto desde 99,83% en 2011 a 99,94% en 2020**. La cobertura de Alcantarillado, en tanto, aumentó durante el transcurso de los años definidos, pasando de un **96,14% en 2011 a un 99,33% en 2020**.

Según el Censo del año 2017, **el 87,8% de la población de Chile habita en zonas urbanas**, es decir, casi 9 de cada 10 chilenos, por lo tanto, las áreas verdes ubicadas en las ciudades cobran una gran importancia en la calidad de vida de las personas: son espacios de esparcimiento y recreación, descanso, contacto con la naturaleza, actividad deportiva, vida social y familiar. Según el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) hay dos categorías de áreas verdes públicas: las plazas (áreas con una superficie de entre 450 y 19.999 m^2) y los parques (áreas con superficie igual o mayor a 20.000 m^2). El Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) propone un estándar mínimo de 10 m^2 por habitante para garantizar a cada persona un disfrute mínimo de las funciones socio-ambientales de las áreas verdes públicas. Las únicas capitales regionales que cumplen el estándar del CNDU son Valdivia y Punta Arenas, cada una con 11,4 m^2/hab. Respecto del estándar de 10 m^2 de áreas verdes por habitante, el promedio a nivel de todo el Gran Santiago (3,83 m^2/hab) queda muy por debajo de este, incluso está por debajo del promedio nacional de 4,55 m^2/hab. Además, existe una gran desigualdad en el acceso a áreas verdes, sectores de Santiago oriente tienen acceso a más de 17,94 m^2/hab. Según un estudio del Centro de Políticas Públicas UC, **solo un 5,7% de la población de la capital está por sobre el parámetro del CNDU**, concentrándose en dos comunas: Lo Barnechea y Vitacura.

Los humedales urbanos son un componente de gran relevancia social y ambiental dentro de las áreas verdes urbanas. El Inventario Nacional de Humedales Asociados a Áreas Urbanas (INHAAU), identificó **1.966 humedales**. De ese total, 1.463 se encuentran total o parcialmente en zonas urbanas, 266 en zonas periurbanas y 204 en zonas rurales. Los humedales urbanos suman una superficie estimada de 783.205 hectáreas a nivel nacional. La superficie de humedales urbanos es notablemente mayor en las zonas sur y austral del país, la Región de Magallanes tiene en humedales 158.344 ha según el Inventario; en segundo lugar, queda la Región de Los Lagos, con 144.447 ha.

Los Residuos Sólidos Municipales (RSM) constituyen uno de los serios impactos que generan los asentamientos humanos sobre el medio ambiente Estos pueden ser de origen municipal (domiciliario), o de origen industrial. Además, estos

pueden caracterizarse como no peligrosos o peligrosos, siendo estos últimos los que por sus características físicas, químicas o biológicas (corrosividad, toxicidad, inflamabilidad, reactividad, etc.) representan un riesgo para la salud de las personas y/o efectos negativos para el medio ambiente. A los anteriores hay que agregar los residuos ilegales de naturaleza diversa.

Según el Ministerio del Medio Ambiente, durante todo el año 2018 se generaron **19,6 millones de toneladas de residuos**, de los cuales 8,2 millones de toneladas fueron residuos domiciliarios, que equivalente a que cada habitante **genere 1,1 kg al día**. Las regiones con más generación de residuos municipales o domiciliarios son la Metropolitana (45%), la de Valparaíso (10,6%) y la del Biobío (9,3%). La valorización total de residuos generados, tanto municipales como industriales, alcanza un 21,89% del tonelaje total generado en el año 2018.

Respecto a iniciativas de gestión ambiental en los sentamientos humanos, el capítulo analiza las principales Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental como:

- La Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU)
- La Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT)
- La Ley sobre Elección de Gobernadores Regionales
- La Política Nacional de Desarrollo Rural (PNDR)
- El Decreto sobre Áreas Metropolitanas
- La Ley Sobre Gestión de Residuos (REP)

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 9. ENERGÍA



Autor:
José Leal Rodríguez (1)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

VER DOCUMENTO COMPLETO

En este capítulo se caracteriza la problemática energética-ambiental sobre la base de los siguientes aspectos: la matriz energética nacional, que nos da la composición de las fuentes de energía que estamos utilizando y por lo tanto los efectos ambientales que de ellas pueden esperarse; la presencia de las **energías renovables no convencionales (ENRC)**, una tendencia mundial promovida por Estados Unidos y los países de la Unión Europea para ser privilegiada en la lucha contra el cambio climático, en especial la energía solar directa y la energía eólica, aunque hay otras; la producción de hidrógeno verde como combustible alternativo, a ser derivado por medio de ERNC; las **energías renovables convencionales (ERC)**, en concreto la biomasa (madera y desechos orgánicos) y la energía hidráulica; y las energías fósiles (petróleo, gas natural, carbón).

De esta compleja y cambiante matriz resulta una componente del estado del medio ambiente; y debe salir una política energética que permita, por un lado,

responder a las necesidades energética del país, su población y sus sectores productivos, a la vez contribuir a la sustentabilidad ambiental.

Respecto de la matriz energética nacional, la información disponible al 2021 nos muestra que las ERNC (solar y eólica) aportan en la actualidad con un 3% de la matriz energética primaria; las ERC aportan un 23% con la combustión de biomasa y un 5% con la hidroelectricidad; la energía fósil es un 68% (petróleo crudo 30%, carbón 22%, gas natural 16%). Respecto del sistema eléctrico nacional: la mitad son renovables y la mitad fósiles.

Un alcance respecto de las ERNC. Ha habido modestos avances, de ser menos de 1% en 2017 al 3% actual de la matriz energética primaria. El gobierno anterior anunció inversiones significativas en los rubros energía solar y eólica, pero no es posible verificar aun si van a concretarse por la coyuntura política actual. También porque la guerra Rusia-Ucrania ha significado un retroceso del tema en los países europeos, que han debido reactivar el uso del carbón como fuente energética. Rusia ha formulado con crudeza sus dudas respecto del cambio climático y el esfuerzo interesado por impulsar las ERNC, dentro de su lucha comunicacional con Estados Unidos y la UE.

El gobierno de Estados Unidos ha anunciado programas de incentivo a las ERNC, lo que tendría un potencial efecto positivo en Chile. Sin embargo, se está produciendo un problema coyuntural en Chile de insolvencia de empresas dedicadas a las ERNC, así como exigencias de parte de las nuevas autoridades ambientales, que han formulado objeciones a ciertos proyectos regionales por sus impactos, en particular en el rubro energía eólica, que provienen de productores locales, grupos ecológicos y comunidades indígenas.

En cualquier caso, están apareciendo nuevas propuestas que hacen vislumbrar un panorama futuro más expectante. Es una situación de inestabilidad que hace que sea difícil prever cuál va a ser la realidad de este esfuerzo de búsqueda de alternativas energéticas más limpias, por encima de los deseos o consignas.

En relación a las ERC, la biomasa tiene un déficit importante en materia de sustentabilidad, su uso en calefacción ha expandido el problema de contaminación urbana a otras ciudades del país, por lo que se le ha cuestionado. En este marco, está vigente la preocupación por bosques y matorrales, que pueden ser afectados por el abuso en la utilización de biomasa para la producción de pellets, por ejemplo. En todo caso, hay otras formas sustentables de aprovechar la biomasa remanente (cogeneración); de todos modos, sigue siendo el enemigo principal de la calidad ambiental en muchas ciudades del sur de Chile.

La gran hidroeléctrica, por su parte, tiene impactos ambientales mayores, está descartada en muchos países por el momento. Es larga la lista de proyectos que en Chile han sido desechados por estas razones fundamentales, aunque también ha tenido influencia la lucha por los mercados entre los productores y distribuidores de energía. La pequeña hidroeléctrica por sus menores impactos, es una opción de ERC.

Entrando a las fuentes de energía fósiles, fundamentalmente petróleo, gas natural y carbón, es en ellas donde se dan los mayores impactos ambientales (contaminación del aire). Además, contribuyen al calentamiento global y el cambio climático. Pues son y han sido materia principal de la política ambiental tradicional para mitigar la contaminación, desde sus inicios. Su disminución contribuye a aminorar la "huella de carbono", indicador de sustentabilidad ligada al calentamiento global, que se ha transformado en un "trending topic" en el medio empresarial.

En relación con la **eficiencia energética**, se trata de una política pública de larga data, que es compartida por los sectores privados debido a sus implicancias financieras, sobre todo. Tiene por ahora aplicación limitada como estrategia gubernamental: luminarias, algunos equipos electrónicos y transporte. Sin embargo, tiene potencial para ampliarse en la medida que se vaya pasando a fuentes de energía menos degradantes del medio ambiente. Los instrumentos de fomento, la asociación público-privada y los acuerdos de producción limpia (sectoriales, regionales) pueden jugar un rol que debe ser rescatado en la política de sustentabilidad para los sectores productivos.

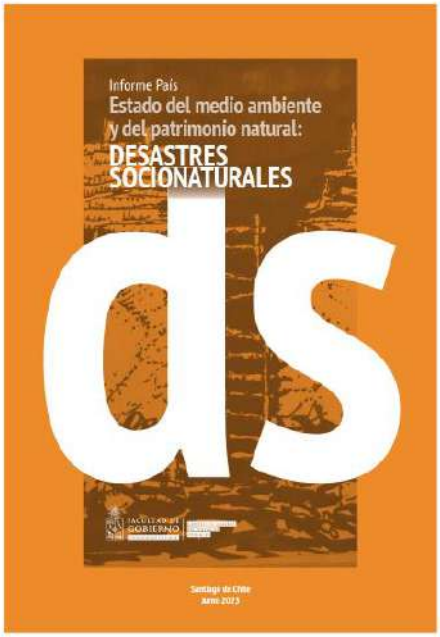
En este marco, las orientaciones de la **política energética sustentable** podrían ser: buscar formas de introducir mayor presencia de ERNC (solar, eólica, otras); hacer más sustentables las ERC (renovables convencionales): biomasa + hidráulica; reducir el uso de energía fósil (petróleo y derivados + carbón), tanto por sus impactos ambientales como por su contribución al calentamiento global (cambio climático); y, por último, promover la eficiencia energética. Por el momento no se vislumbra espacio para grandes transformaciones en el corto plazo, que requieren de mucho tiempo de maduración y las correspondientes inversiones. Todo esto debe ser coherente con la Agenda Energía 2022-26.

El presente Informe País da noticia de la continuidad que ha tenido el desarrollo del tema, con algunos atisbos favorables en materia de ERNC, pero las condicionantes de la crisis mundial –sanitaria, financiera y energética– hacen que, por una parte, el monitoreo del contexto global sea clave al momento de impulsar políticas; y por otro, no olvidar que tanto la producción como la distribución de energía en Chile están en manos privadas, un sector altamente competitivo en el cual las empresas dedicadas a las ERNC se sienten en situación desfavorable.

El paso del Informe País 2018 al actual ha cambiado el panorama del tema energía debido a, entre otros factores, el proyecto de nueva constitución y el difícil contexto internacional. De todos modos, el país se halla en un proceso de transición hacia energías más limpias, sobre todo ERNC para mejorar su calidad ambiental, sobre todo en sectores productivos, cumplir con compromisos internacionales de CC, y asegurarse un lugar entre los productores futuros de hidrógeno verde.

SEGUNDA PARTE

CAPÍTULO 10.
DESASTRES SOCIONATURALES



VER DOCUMENTO COMPLETO

Autores:
Sergio Galilea Ocón (1)
Leandro Espíndola Vergara (2)
Gustavo Orrego Méndez (3)

Asistentes de investigación:
Ignacia Fernández Segura (4)
Gabriela Oporto Tapia (4)
Isadora Herrera Aranda (4)

(1) Académico y Director del Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Investigador y Coordinador del Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(3) Investigador y Coordinador del grupo de investigación en Medio Ambiente, Ordenamiento Territorial y Cambio Climático del Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(4) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

Los Informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC por sus siglas en inglés], han demostrado y manifestado una gran preocupación por los **impactos del calentamiento global de 1,5 °C**, respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias de emisiones de GEI, como también, la **contribución negativa del 81% del óxido nitroso [N_2O] procedentes de las actividades humanas, representando un 23% del total de emisiones antropógenas netas de GEI a nivel mundial** y, que el océano **ha absorbido entre**

el 20% y el 30% [muy probable] del total de emisiones antropogénicas de CO_2 desde 1982, lo que ha incrementado su acidificación.

Las Conferencias de las Partes [COP] es la Cumbre Anual donde se reúnen más de 196 países más la Unión Europea para enfrentar el cambio climático y sus efectos asociados. Algunas de ellas como la COP 3 [1997] se estableció el **Protocolo de Kioto**, la COP 21 [**Acuerdo de París**, 2015] que estableció disminuir la temperatura media a nivel global a no más de 2 °C al 2100. La COP 25 (2019, Chile-Madrid), logró actualizar y comprometer varios esfuerzos en las **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional** [NDC por sus siglas en inglés], pero no logró consensuar gran parte de los textos discutidos. La COP 26 [2021 en Glasgow, UK], logró reconocer el límite de incremento de temperatura para **no alcanzar los 2 °C y hacer todo lo posible por llegar a 1,5 °C, además de intensificar acciones por el clima y apoyar financieramente a países en desarrollo**. Finalmente, la COP 27 [2022 en Sharm el Sheij, Egipto], donde se aprobó un **«Fondo específico para pérdidas y daños»**, se estableció el **«Programa para la Adaptación Sharm el Sheij», se aprobó el apoyo financiero internacional para transiciones a energías limpias,** entre otras series de decisiones.

En cuanto a la visión macrorregional para ver la relación entre desastres y crisis climática en Chile, la justificación se realiza debido a las **particularidades del territorio que requieren de una desagregación en grandes macrozonas especiales para ahondar la capacidad de abordar los desastres específicos y optimizar las respuestas particulares,** en razón de las diferencias climáticas, ecológicas, poblacionales y productivas que tienen mucha influencia en generar grandes posibilidades de amenazas y desastres.

En la macrorregión norte, ha quedado constatado las amenazas hidrometeorológicas, por ejemplo: un 50% de las inundaciones han ocurrido en el siglo XXI, mientras que el 74% de los aluviones han ocurrido en el siglo anterior, donde las frecuencias entre siglos por aumento de estos fenómenos se atribuyen al cambio climático. En sequía, las proyecciones destacan un régimen de aridez desde el desierto al sur, cuyos estudios dan cuenta que El Choapa, perdió un 58% de su caudal pasando de los 16,8 m^3/s, a poco más de 7 m^3/s. En la macrorregión central, la remoción de masa entre los años 1851 y 2022, hubo un total de 334 eventos, los cuales el 80% son deslizamientos, un 12% flujo de barro y/o detrito, un 6% desprendimiento y un 2% a procesos de remoción de masa per se. La sequía también es un fenómeno no menor. A agosto del 2019 hubo un déficit de precipitaciones en la RM de un 77%, mientras que, en agosto de 2020, el déficit disminuyó a un 52% y volvió aumentar a un 71% en agosto del año 2021. En cuanto a incendios forestales, el 99,7% del origen de los incendios es por acción humana, entre 2010 y 2019, se ha registrado un aumento de la cantidad de hectáreas afectadas por incendios forestales en la última década en comparación

con las dos décadas anteriores: 18.032 (50.969 país) entre 1990 y 2000; 18.154 (48.000 país) entre 2000 y 2010 y, 36.012 (124.000 país) entre 2010 y 2019, donde el megaincendio del 2017, entre las región de O'Higgins y La Araucanía, es considerado uno de los cinco más grandes de la historia a nivel mundial.

En la **macrorregión sur**, las inundaciones acontecidas en lo que va del **siglo XXI superan en un 131% las ocurridas en el siglo XX**, resaltando la región del Biobío, que en los primeros 17 años de este siglo ha cuadruplicado los eventos de este tipo ocurridos el siglo anterior. Producto del anegamiento e inundación de **3.348 viviendas en 2008, se interrumpió la conectividad vial en 183 puntos**, y se vieron afectados terrenos cultivables, ganado, lugares de acopio e invernaderos. La superficie total inundada y/o anegada concentrada en las nueve comunas **más afectadas alcanzó a 77.821 ha, de las cuales 70.827 son afectaciones por inundaciones, representando el 91% del total del área afectada.** Finalmente, en la **macrorregión austral**, en 2012 intensas precipitaciones, al igual que en 1990, aumentaron de manera considerable el caudal del río Las Minas provocando inundaciones de la ciudad, **dejando a 800 familias afectadas y 53 personas albergadas**. En 2017 en la localidad de Villa Santa Lucía en la comuna de Chaitén, un aluvión arrasó con todo a su paso, dejando **como resultado 21 personas fallecidas y un desaparecido; cortó troncos, cubrió las rutas 7 y 235, destruyó casas e infraestructura cercana al río Burritos y dejó restos de material cubriendo una superficie de 90 hectáreas aproximadamente entre 3 y 8 metros de altura**.

Una forma de enfrentar este tipo de fenómenos es fortalecer la **institucionalidad destinada a la prevención y respuesta** a los desastres socio-naturales. **La Oficina Nacional de Emergencia [ONEMI],** fue el organismo técnico del Estado de Chile, dependiente del MInisterio del Interior y Seguridad pública, **enfocado en la planificación y coordinación para la prevención y atención de emergencias y desastres**, estableciendo un ciclo de Gestión de Riesgo de Desastres en **prevención [ex ante], respuesta frente al desastre [ex dure] y recuperación [ex post]**. En el año 2021, se promulga la Ley N°21.364 que establece **"el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED) y sustituye a la Oficina Nacional de Emergencia por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)"**. Dicho órgano busca ser **descentralizado y desconcentrado en el territorio** con el fin de **asesorar, coordinar, organizar, planificar y supervisar** las actividades relacionadas a la GRD del país. Su director/a será **elegido mediante el sistema de Alta Dirección Pública del Servicio Civil [ADP]**, se establecen **comités en diferentes niveles subnacionales**, se definen y establecen en la ley **políticas nacionales/estratégicos y planes sectoriales, principios e instrumentos de GRD,** como: mapas de amenazas, de riesgos, sistema de Alerta Temprana, Sistema de Información, Perímetro de Seguridad entre otros instrumentos de gestión.

A la vez, se requiere fortalecer la institucionalidad para enfrentar el cambio climático. Un avance en esta arista es la publicación de la Ley Marco de Cambio Climático (LMCC), la cual define los organismos de la Administración del Estado que deben enfrentar el cambio climático a nivel nacional, regional y local. A nivel nacional, se encuentra el Ministerio del Medio Ambiente, autoridades sectoriales, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, Comité Científico Asesor para el Cambio Climático, el Consejo Nacional para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, Equipo Técnico Interministerial para el Cambio Climático y los órganos de la Administración del Estado, cada uno de ellos con sus respectivas competencias y atribuciones en la materia. En cuanto al nivel regional, se incluyen las Secretarías Regionales Ministeriales y los Comités Regionales para el Cambio Climático (CORECC). A una escala local, se encuentran las municipalidades, las que colaborarán en la gestión del cambio climático a nivel local, individualmente, o a través de asociaciones municipales. Esta Ley contribuye también al definir una variedad de instrumentos para enfrentar los efectos del cambio climático (Estrategia Climática de Largo Plazo, NDC, Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación, Planes de Acción Regional y Comunal del Cambio Climático, Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas).

A su vez, el gasto público ejecutado en iniciativas y programas van en la dirección correcta para enfrentar el cambio climático. Por ejemplo, el Ministerio de Agricultura lidera con un número de 20 iniciativas, siendo un 34,48% en M$ gasto ejecutado del año 2021, seguido del Ministerio de Obras Públicas con 2 iniciativas y programas, siendo un 3,45% en M$ de gasto ejecutado y así, sucesivamente.

El factor riesgo en el ordenamiento y la planificación territorial cumple un rol primordial en la prevención y mitigación del riesgo de desastres, en los procesos de reconstrucción post-desastre y en la resiliencia urbana. La Política Nacional de Ordenamiento Territorial (2021) da cumplimiento a cinco ejes estratégicos, donde se desglosan ocho objetivos estratégicos y se descomponen en 32 directrices. Se destaca que el PNOT reconoce la existencia de dos grandes condiciones territoriales, transversales que inciden en los patrones de uso y ocupación del territorio: 1) el riesgo de desastres, tanto aquellos de origen natural como los antrópicos; y 2) los desafíos que plantea la adaptación al cambio climático. En cuanto a la Estrategia Regional de Desarrollo [ERD], de los 16 gobiernos regionales del país, hay 11 que incluyen elementos asociados al enfoque del riesgo de desastres (68,75%) en las ERD, mientras que los 5 restantes (31,25%) carecen de estos elementos en su ERD (Antofagasta, Atacama, Maule, Los Ríos y Magallanes). Referido al Plan Regional de Ordenamiento Territorial [PROT], de las 16 regiones, hay 6 instrumentos con resolución de desistimiento o abandono en el proceso de evaluación Ambiental Estratégico (37,5%), 3 con inicio EAE (18,75%), 2 con primer

informe ambiental (12,5%), 2 con un segundo informe ambiental (12,5%) y, 2 con informe ambiental complementario (12,5%).

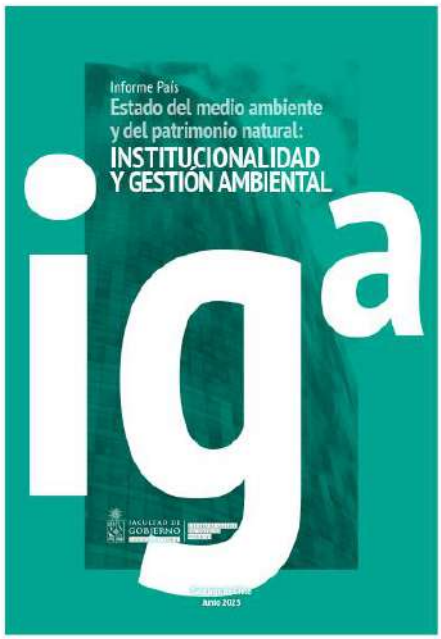
En materia de Plan Regulador Comunal (PRC) y Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), en el primero, se reconoce un vacío, al no definir en la LGUC los contenidos y estándares mínimos respecto de los datos que los estudios de riesgo debiesen incluir, agregando que estos documentos no identifican necesariamente riesgos, sino que se enfocan en amenazas, ya que es necesario efectuar un análisis de vulnerabilidad que hoy en día no es requerido. El segundo, por ejemplo, de las 16 capitales regionales del país, solo 11 (68,75%) incluyen planteamientos relacionados al riesgo de desastres en sus PLADECO, mientras que 5 carecen de ellos (La Serena, Rancagua, Talca, Valdivia y Puerto Montt). Por otra parte, el riesgo de desastres se incluye en los PLADECO principalmente como parte de iniciativas (32,55%), en segundo lugar, como objetivo estratégico (20,93%). Terceramente, se encuentra como objetivo específico (18,60%).

En cuanto a **los riesgos y tendencias futuras,** el reporte "Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability" del IPCC (AR6), centra nuevamente la mirada en los **impactos, vulnerabilidades y posibilidades de adaptación en las ciudades**. Las consideraciones nuevas del reporte se focalizan **en la comprensión entre las interconexiones del cambio climático, los ecosistemas [incluido biodiversidades] y la sociedad humana, siendo elementos interdependientes y no aislados para analizarlos de mejor manera y dar respuestas integrale**s. Los principales impactos observados por parte de este informe se centran en la pérdida masiva de glaciares (relativo entre un 30-50% masa total en los últimos 40 años); deslizamiento de tierra e inundaciones que han incrementado la erosión, la disponibilidad de agua y la calidad de esta en todas las regiones; sinergias entre fuego, uso de la tierra y deforestación con impactos en los ecosistemas, salud humana, seguridad alimentaria y bienes de las comunidades humanas; impactos sobre la producción agrícola (importantes impactos en América central); y una alta sensibilidad a desplazamientos.

De forma sintetizada, en cuanto a **propuesta y/o recomendación para políticas públicas**, se debe acoger la **perspectiva "inter agencial"**, como elemento clave y de coherencia de un conjunto variado de acciones sectoriales para cumplir los objetivos; la **cooperación público-privada** de tono superior; incorporar la **sistematización de la "práctica"** de los desastres socionaturales; monitorear obligatoriamente la **experiencia internacional y fortalecimiento de la profesionalización** mediante pasantías; avanzar significativamente a **cambios en los estilos de desarrollo** abandonando las modalidades productivas estrictamente extractivistas y dependencia del carbón; y f**ortalecer políticas públicas con enfoque de descentralización, género, coherencia entre la ciencia-tecnología y administración, acciones de ordenamiento territorial** entre otros elementos de vital importancia.

TERCERA PARTE

INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL



Autores:
Gustavo Orrego (1)
Emilia Ovalle (2) (3)
Camila Inés Cortes (2) (3)
Valentina Escanilla (2) (3)

(1) Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(3) Consultora externa Informe País.

VER DOCUMENTO COMPLETO

La actual institucionalidad ambiental, se encuentra conformada por el **Ministerio del Medio Ambiente (MMA)**, a cargo de la formulación y regulación de la política ambiental; el **Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)**, como un órgano técnico independiente, encargado de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); y la **Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)**, cuya responsabilidad es la fiscalización de los instrumentos de gestión ambiental, su seguimiento y sanción, cuando corresponda. A su vez, este modelo institucional incorpora un **Consejo de Ministros para la Sustentabilidad**, **Consejos Consultivos del Ministerio del Medio Ambiente** y **Tribunales Ambientales** a través de la Ley N°20.600. A la fecha, la institucionalidad ambiental chilena aún no se encuentra completa, debido a que aún se carece de un **Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas**.

El año 2022, la Convención Constitucional elaboró una propuesta constitucional, que, si bien fue rechazada por amplia mayoría, se destaco por incluir un capítulo sobre "Naturaleza y Medio Ambiente", del cual se pueden rescatar una serie de elementos para un futuro nuevo proceso constituyente: **a)** Un Estado que reconozca y promueva acciones para adaptarse y mitigar la crisis climática; **b)** Derecho al aire limpio; **c)** Cuenca hidrográfica como unidad de ordenación; **d)** Tribunales ambientales regionales; **e)** Fomento a la economía circular; **f)** Animales como sujetos de protección y no como bienes de consumo; **g)** Principio de desarrollo sostenible; **h)** Competencias medioambientales para Gobiernos Regionales y Locales; **i)** Fomento a la educación ambiental y la investigación.

Uno de los principales instrumentos de gestión ambiental del país, es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). **El proceso de evaluación de impacto ambiental** culmina en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) que califica ambientalmente el proyecto o actividad sometido al SEIA y establece las condiciones, exigencias o medidas que el titular de la iniciativa deberá cumplir durante su implementación y operación. El Reglamento del SEIA incorpora un listado de 51 permisos ambientales sectoriales y permisos ambientales mixtos (que incluyen materias no ambientales).

En el período 1997-2022 (hasta julio) se sometieron **18.632 proyectos** al SEIA representando una intención de inversión de aproximadamente 430 mil millones de dólares; **91% fueron aprobados**; de estos, el 94,10% correspondieron a declaraciones de impacto ambiental (DIA).

En el caso de los proyectos con DIA aprobada, para el periodo 2010-2021 la tendencia observada es a la baja respecto al número de proyectos y a la inversión asociada. Sin embargo, existe una tendencia al alza en la inversión promedio por proyecto aprobado en forma de DIA. En cuanto a los proyectos con EIA aprobado, en este periodo también se observa una tendencia a la baja respecto al número de proyectos, aunque en este caso la tendencia es positiva en lo que respecta a la inversión total y promedio por proyecto.

Con relación a los montos de inversión asociados a los proyectos con DIA y EIA, la inversión total ascendió a 402.722 y 90.934 MMUSD, respectivamente, en los períodos 1997-2022 (17.412 proyectos) y 2018-2022 (2.002 proyectos).

La **Superintendencia del Medio Ambiente** tiene un rol tanto fiscalizador como de sanción. El proceso de fiscalización ambiental reviste una gran complejidad operativa. No sólo existe un complejo gran universo de regulados, también cada instrumento a fiscalizar tiene sus propias complejidades y debilidades.

En el período 2013-2022, la SMA había finalizado 36.926 expedientes de fiscalización realizadas sobre 6.690 unidades fiscalizables. La región con mayor número de expedientes de fiscalización es la región de Los Lagos (17,6%) seguida por la región Metropolitana (13,3%) y por la región del Maule (8,8%). En este período, se finalizaron 25.344 expedientes de fiscalización de normas de emisión, 5.132 RCA y 6.450 otros instrumentos de regulación. **20,2% de los expedientes concluyeron con sanciones**.

En el marco del diagnóstico realizado al 2018 se realizaron análisis generales y de detalle que incluyeron 16.212 RCA, que identificaron, por ejemplo, que el 83% de los proyectos cuentan con una única RCA y, el 17% restante, con 2 o más RCA, algunas con más de 6 RCA (mayoritariamente del sector Minería) y, en el extremo, con hasta 53 RCA aprobadas.

El 18 de junio de 2012 se promulgó la Ley 20.600 **que crea los tribunales ambientales**, bajo la superintendencia de la Corte Suprema, con el objetivo de resolver controversias medioambientales. Se crearon tres tribunales ambientales, autónomos e independientes unos de otros, con jurisdicciones geográficas definidas y con sede en Antofagasta, Santiago y Valdivia, respectivamente.

Desde su fundación y hasta diciembre 2022 han ingresado **1261 causas a los tribunales ambientales**. De ellas, 801 (63,37%) corresponden a reclamaciones de ilegalidad de determinados actos administrativos y normas dictadas por organismos del Estado con competencia ambiental; el resto, 269 causas (45%). En segundo lugar, se encuentran las demandas de reparación por daño ambiental, con un 14,40% de las causas, seguido de las solicitudes de autorización de la SMA para la aplicación de sanciones por infracciones que poseen un 10,44%. Los exhortos representan el 7,44% de las causas ingresadas, otros requerimientos un 3,32% y en último lugar las consultas de la SMA con un 1,03%.

Se ha señalado que el SEIA ha sido una verdadera traba para la inversión y que esta situación ha conducido a la judicialización de los proyectos extendiendo los tiempos de tramitación asociados a la evaluación ambiental. Los proyectos, luego de ser aprobados o rechazados por medio de una RCA pueden ser sometidos a nuevos trámites en instancias superiores asociadas a reclamaciones administrativas y judiciales.

El Informe N° 7 del Observatorio de la Productividad que aborda la judicialización de los proyectos de inversión sometidos al SEIA establece, para un universo de 115 causas con sentencia en primera instancia de un tribunal ambiental, que el tiempo transcurrido entre el ingreso de la reclamación y la sentencia fue de 351 días corridos. Respecto a 2019, el tiempo promedio de tramitación en tribunales ambientales de un EIA y una DIA, se redujo en 23 y 5 días, respectivamente. En el

caso de la tramitación judicial en la Corte Suprema, aumentó en 16 y 33 días para un EIA y una DÍA, respectivamente.

Por otra parte, se estima que una participación temprana o anticipada de las comunidades y de otros actores relevantes, cuando las decisiones de inversión relevantes no han sido todavía definidas o son aún reversibles, podría minimizar los tiempos de tramitación en el marco del SEIA y la judicialización de los proyectos. También **se ha sugerido la necesidad de crear mecanismos de solución de controversias claros y que den garantías a todos los grupos de interés**.

La **Gestión Ambiental Regional**, es un concepto que no se encuentra consagrado en la legislación ambiental de Chile, a pesar de ello existen una serie de instituciones e instrumentos con competencia ambiental a nivel regional. La **Institucionalidad Ambiental Regional (IAR)** se compone de todos los Órganos de la Administración del Estado (OAE) que administran o que participan en la aplicación de un IGA consagrado en la LBGMA, así como por los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA), cuya opinión fundada es obligatoria en el proceso de tramitación de proyectos en el marco del SEIA. La principal institución es el MMA, la que se desconcentra regionalmente en las Secretarías Regionales Ministeriales de Medio Ambiente (SEREMI MA), las que tienen ciertas atribuciones del MMA en su escala de jurisdicción. Se resalta la participación de los **GORE** en la evaluación ambiental de proyectos, en tanto debe pronunciarse respecto a la compatibilidad territorial de los proyectos de la región respectiva.

Entre los **instrumentos de gestión ambiental regional (IGAR)**, se destaca la **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)**, mediante el cual se pretende incorporar consideraciones ambientales del desarrollo sustentable, al proceso de formulación de las políticas y planes que tengan impacto sobre el medio ambiente o la sustentabilidad. De los 31 instrumentos y política sometidos al procedimiento de EAE, casi la totalidad corresponden a PROT y ZBC, siendo ambos instrumentos potestad de los GORE. En el nivel regional, también toman relevancia los Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental, destacando que de los 13 planes promulgados solo 1 es de naturaleza preventiva, mientras que 4 son mixtos y los 11 restantes corresponden a Planes de Descontaminación Ambiental. Otros IAR son los Planes de Manejo y la información disponible en el Sistema Nacional de Información Ambiental. Del análisis efectuado se desprende que la GAR cuenta normativamente con instrumentos que permiten administrar ambientalmente las regiones, no obstante, en la práctica no necesariamente se traducen en implementaciones exitosas, lo que genera el desafío de realizar una sistematización de los distintos IGAR con el objeto de establecer un objetivo común para luego desagregar a objetivos particulares de cada instrumento.

Respecto a la **Gestión Ambiental Local (GAL)**, se destaca que los **municipios** se han convertido en un actor clave para el resguardo del medio ambiente. Sin embargo, el avance en la GAL no ha estado exento de riesgos y desafíos, pues no todos los municipios actúan bajo las mismas sociales, económicas y ambientales, lo que ha dado origen a disparidades en la protección ambiental. El principal IGA a nivel local, es el **Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM)**. Al año 2021, de los 346 municipios que componen el país, 257 se encuentran certificados y 89 no forman parte del sistema. De entre todas las regiones del país, la región de Aysén destaca por poseer todas sus comunas certificadas (100%).

Entre los **futuros desafíos del SCAM**, se encuentra la necesidad de agilizar los plazos de entrega de informes, instaurar una plataforma digital, aumentar los fondos para poder implementar el programa, fortalecer el apoyo y acompañamiento de los encargados regionales, y una inclusión más activa de las autoridades municipales y regionales.

En el marco de desarrollo de actividades planificadas para la mantención de un municipio en el SCAM, estos deberán elaborar una **Estrategia Ambiental Comunal (EAC)**. De los municipios certificados a 2021, 183 poseen una EAC. Entre las principales líneas estratégicas de las EAC existentes, se encuentra Gestión Integral de Residuos Sólidos y Microbasurales (148), Educación Ambiental (142), y Tenencia Responsable de Mascotas (92). Se destaca la importancia de realizar instancias participativas para la elaboración e implementación de las EAC.

También constituyen IGA del nivel local, las **Ordenanzas Ambientales (OA)**, resaltando que a 2021, el 54,6% de los municipios posee a lo menos un instrumento de este tipo. La principal crítica que recae en las OA, son las reducidas multas que obtienen sus infractores, las que no pueden superar las cinco unidades tributarias mensuales.

Finalmente, se recomiendan seis principios (articulación ambiental, multiescalaridad, sustentabilidad, participación ciudadana, transparencia y transferencia ambiental, y resiliencia territorial) y tres ejes estratégicos (institucionalidad ambiental para el desarrollo sustentable, desarrollo de redes regionales y locales tripartitas para la gestión del medio ambiente, manejo integrado del territorio que propenda a la protección y/o conservación de los recursos naturales y sus ecosistemas) que debieran formar parte de una futura política de gestión ambiental del país.

CUARTA PARTE

PROPUESTA DE CAMBIOS SUBSTANTIVOS AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO



Autores:
Sergio Galilea, Gustavo Orrego-Méndez, Beatriz Pogorelow, José Leal, César Morales, Antonio Lara, Rocío Urrutia-Jalabert, Alejandro Miranda, Mauro González, Carlos Zamorano-Elgueta, Fabián M. Jaksic, Daniella Mella, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, Erika López, René Saa, Leandro Espíndola, Emilia Ovalle, Camila Inés Cortes, Valentina Escanilla.

VER DOCUMENTO COMPLETO

TENDENCIAS, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS DE POLÍTICA PÚBLICA AMBIENTAL

La elaboración del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2022", efectuado por el Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP) de la Facultad de Gobierno de la Universidad de Chile en colaboración con CEPAL, supuso contextualizar la crisis ambiental en la que nos encontramos y al mismo efectuar una lectura sistemática de los hallazgos más relevantes de la serie de "Informes País" realizados con anterioridad (1999, 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018). **Los hallazgos a la fecha indican que se ha acentuado la problemática medioambiental nacional hacia niveles críticos, existiendo una urgencia de adoptar "cambios substantivos" en las dinámicas de desarrollo prevalecientes en el país.**

La lectura crítica del actual y de los anteriores Informes País, nos muestra algunas tendencias principales, como:

a) Agudización de las problemáticas ambientales, tomando especial relevancia la situación actual del recurso hídrico, cada vez más escaso.

b) Pérdida de biodiversidad e impacto irreversible en ecosistemas naturales terrestes y marinos. Se trata de un fenómeno central en la cuestión ambiental, que afecta la calidad de vida de las poblaciones humanas y no humanas.

c) Descarbonización de la producción energética aún insuficiente y con innovaciones de nuevas variantes de producción eólicas y solares, que aún no adquieren la relevancia porcentual deseable en la matriz energética general.

d) Crecimiento de un conjunto de actividades productivas en base a recursos naturales, las que siguen mostrando un extractivismo dominante, siendo más bien excepcionales las innovaciones ambientales de mayor sustentabilidad.

e) Dificultades de políticas públicas coherentes y sistemáticas con un débil trabajo inter-agencial público, que hace que no se desplieguen las propuestas transformadoras en todas sus fortalezas potenciales. El trabajo en equipo de los entes públicos, que se ha manifestado adecuadamente en tiempos de crisis muy fuertes, debería ser “la norma y no la excepción”.

f) Problemas e insuficiencias de la asociatividad público-privada que constituyen un fundamento esencial para políticas, programas y acciones claves en el desarrollo ambiental y sustentable en Chile.

g) Descentralización incipiente en un Chile con tan marcadas diferencias territoriales sustantivas en lo ambiental. Debe reconocerse las particularidades ambientales de los territorios y valorarse a los gobiernos subnacionales (Gobiernos Regionales y Municipios) como entidades favorecedoras de una acción ambiental concreta, efectiva y monitoreable.

h) Aumento en la ocurrencia y magnitud de desastres socio-naturales.

Este conjunto de problemas ambientales fomenta la idea de que, sin efectuar cambios al modelo de desarrollo prevaleciente en Chile, difícilmente se podrá alcanzar una mayor sustentabilidad. **Se requiere de un cambio transformacional que exige consensos y mayorías sociales duraderas y de largo aliento**. En lo fundamental **se propone una nueva estrategia de desarrollo nacional** que incluya las siguientes consideraciones ambientales:

a) **Cambiar hacia una nueva concepción del desarrollo de los ecosistemas naturales**, particularmente los que muestran condiciones de alta fragilidad, destinada a formas productivas sustentables, donde coexistan la producción innovativa con la conservación ambiental esencial.

b) **Optar por una nueva matriz energética nacional** con énfasis en aumentar la presencia de las producciones eólicas y solares en el conjunto de nuestra geografía y territorios, y fomentar la producción de hidrogeno verde. Naturalmente ello implica acelerar el término de las productoras energéticas basadas en combustibles fósiles, idealmente en el marco de esta década, con una programación ajustada y precisa, de reemplazo por estas energías renovables, en el marco de una interconexión energética nacional total.

c) **Realizar un cambio constitucional, legal y reglamentario para el uso del recurso hídrico** bajo dirección pública que incorpore una prioridad clara para el abastecimiento humano, los ecosistemas, para el regadío agrícola (la consecuente protección de la seguridad alimentaria), y las actividades industriales y mineras estratégicas.

d) **Desplegar eficazmente en el territorio el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres** y aprender cabalmente de las experiencias pasadas frente a catástrofes de raíz climática. Este campo de acción público-privada debe especializarse en los territorios, afianzando labores de prevención, mitigación y respuesta y desarrollando mejores capacidades una vez presentado los desastres.

Los esfuerzos productivos del nuevo estilo de desarrollo requerirán de esfuerzos innovadores en el conjunto de las actividades productivas, en la actitud de consumo de la población y en las acciones ahorrativas y austeras del conjunto de la sociedad en un ambiente de solidaridad y cooperación colectiva. Este alineamiento productivo deberá, a lo menos, avanzar en las siguientes direcciones principales:

a) **Aumentar los "encadenamientos productivos"** de modo que las actividades se entrelacen virtuosamente, con las consiguientes economías productivas. Esto debe estar a la base de una política de crecientes clusters productivos, como fundamentos del desarrollo inclusivo territorial de largo plazo.

b) **Invertir en nuevas tecnologías para todas las esferas de la producción**. En la extracción y operación minera, en la agricultura y ganadería, en la

acuicultura, en las actividades agro-industriales y en la producción manufacturera.

c) **Efectuar una planificación descentralizada**, generando condiciones sustentables en favor de las consiguientes especializaciones económicas en cada territorio.

d) **Generar nuevas alianzas estratégicas público-privadas**, en las que predominen las confianzas mutuas y los compromisos de largo aliento. Este tipo de asociatividad que Chile ha conocido de modo virtuoso en general en materia de infraestructura, deben extenderse al conjunto de los ámbitos productivos.

e) Contribuir responsablemente en la gestión ambiental internacional, nacional, regional y local.

Es indispensable disponer de "carteras de proyectos" específicos en las líneas antes señaladas, al objeto de monitorear sus avances desde los desafíos de prefactibilidad, las calificaciones ambientales, el financiamiento de corto, mediano y largo plazo, los estudios de mercado que viabilizan estas inversiones y el cronograma de obras.

En la Convención Constitucional, la problemática ambiental concitó un interés especialmente significativo. Desde la elección de los Convencionales Constituyentes, donde un número importante se "adscribió" a movimientos y reivindicaciones ambientales a lo largo de todo nuestro territorio. Como resultado se obtuvo una propuesta con un alto contenido ecológico (más de ochenta artículos con contenido ambiental), los que fueron fruto de un consenso político no menor.

Se afirma que fueron otros los aspectos y dimensiones abiertamente controversiales en el debate de la Convención Constitucional, que influyeron en el rechazo de la propuesta por parte de la ciudadanía. No quiere decir que en el debate ambiental no existieran posiciones defendidas con pasión, sino que fue posible llegar a grados de consenso bien superiores en comparación con el debate constitucional general.

A pesar de que la propuesta constitucional no fue aprobada en el plebiscito del 04 de septiembre. La principal hipótesis de este trabajo es que en la próxima carta magna de la nación **el sentido ecológico debe prevalecer con sentido estratégico, consenso y factibilidad**.

Este sentido ecológico debiera manifestarse en una nueva propuesta constitucional, que refuerce **el derecho de las personas a un aire limpio**; **el derecho humano al agua y al saneamiento** suficiente, saludable, aceptable, asequible y accesible; **un Estado custodio de los bosques nativos y humedales**; **un deber estatal de proteger conservar y restaurar la biodiversidad de los ecosistemas terrestres, marinos, insulares y antárticos**; **un deber estatal de elaborar una política para el desarrollo minero**, que incorporé criterios de sustentabilidad ambiental y social; **un Estado que regula y promueve una matriz energética basada en energías renovables**; que establezca un **gobierno regional con funciones explícitas sobre la planificación, el ordenamiento territorial y el manejo integrado de las cuencas del país**; que defina un **gobierno local con funciones explícitas para la gestión de la reducción frente a desastres naturales**; y finalmente que **asegure un sistema de gobernanza ambiental participativo y descentralizado**.

Este conjunto de elementos constitucionales podría contribuir al desarrollo ambientalmente sustentable del país, al bienestar de la población y al **reconocimiento de que hay umbrales que, si se traspasan, afectarán no sólo a la naturaleza y su diversidad, sino también a la calidad de vida a la que la sociedad aspira**.

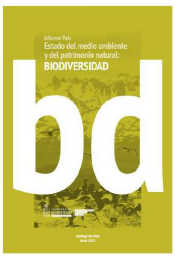












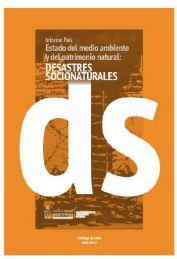










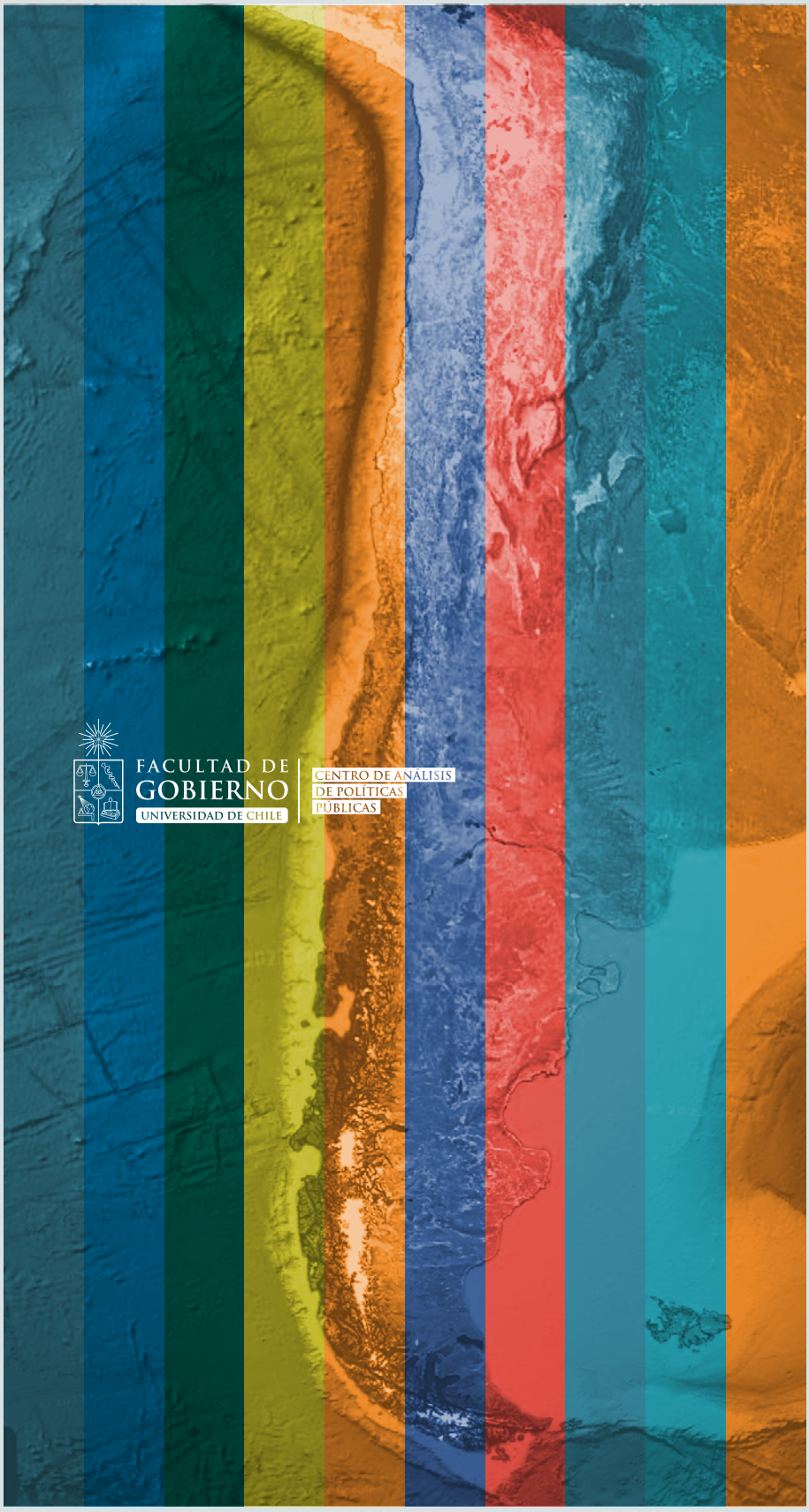






FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile | Junio 2023


FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS



Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: MACROPRESIONES

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: MACROPRESIONES

Autores:
Gustavo Orrego-Méndez (1)
Beatriz Pogorelow Morales (2)
José Leal Rodríguez (3)

(1) Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Investigadora asistente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(3) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

PRIMERA PARTE: MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Gustavo Orrego, Beatriz Pogorelow, José Leal, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

PRIMERA PARTE: MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE **9**

PRESENTACIÓN *9*

1. CONTEXTO, ANTECEDENTES Y DESAFÍOS QUE SE DERIVAN DE LAS PASADAS Y ACTUAL VERSIÓN DEL INFORME PAÍS **14**

1.1. EL CONTEXTO MUNDIAL, REGIONAL Y NACIONAL DE CRISIS ACENTUADA *15*

1.2. LOS INFORMES PAÍS ANTERIORES Y SUS PRINCIPALES TENDENCIAS *18*

1.3. LA CONSTRUCCIÓN DE LOS CONSENSOS POLÍTICOS AMBIENTALES *22*

2. METODOLOGÍA **24**

2.1. PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA *25*

2.2. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN *27*

2.2.1. Revisión bibliográfica 27

3. MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIOAMBIENTE **28**

3.1. EL CRECIMIENTO ECONÓMICO GLOBAL Y NACIONAL *29*

3.2. LOS SECTORES PRODUCTIVOS *36*

3.2.1. Minería 36

3.2.2. Sector silvoagropecuario 38

3.2.3. Sector pesquero 41

3.2.4. Sector industrial 42

3.2.5. Sector turístico 43

3.3. LA POBLACIÓN CHILENA Y EL FACTOR SOCIAL *44*

3.4. EL CAMBIO CLIMÁTICO *54*

3.4.1. Fenómenos en Chile atribuibles al cambio climático 54

3.4.2. Centros de Investigación sobre el Cambio Climático 74

BIBLIOGRAFÍA *83*

ANEXOS *99*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Primera Parte: Osvaldo Sunkel Sebastián Miller, Camilo Lagos, Nicolo Gligo.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

PRIMERA PARTE: MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

PRESENTACIÓN

La elaboración del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2022", efectuado por el Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP) de la Facultad de Gobierno de la Universidad de Chile en colaboración con CEPAL, supone contextualizar la crisis ambiental en la que nos encontramos y al mismo efectuar una lectura sistemática de los hallazgos más relevantes de la serie de "Informes País" realizados con anterioridad (1999, 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018). Los hallazgos a la fecha indican que se ha acentuado la problemática medioambiental nacional hacia niveles críticos, existiendo una urgencia de adoptar "cambios substantivos" en las dinámicas de desarrollo prevalecientes en el país.

Adicionalmente, las políticas, programas y acciones públicas y la proyectada asociatividad público-privada, han sido insuficientes para enfrentar y solucionar la actual crisis socioambiental. Es fundamental señalar también, que se observan avances en materias ambientales específicas, tanto en el ámbito de la investigación y el conocimiento, como en acciones públicas relevantes, acentuadas desde el inicio de la administración del presidente de la República, Gabriel Boric, entre ellas la reciente adhesión al Acuerdo de Escazú, así como la publicación de la Ley Marco de Cambio Climático (Ley N° 21.455) y de la reforma al Código de Aguas (Ley N° 21.435).

Si bien se reportan avances, las problemáticas ambientales históricas continúan profundizándose en un contexto nacional marcado principalmente por: 1) las consecuencias políticas y macrosociales del estallido social de octubre de 2019; 2) los impactos a nivel productivo, económico y social que se derivan de la crisis sanitaria del COVID-19; y 3) la creciente tensión global, producto del conflicto entre Ucrania y Rusia, lo cual ha generado la interrupción diplomática de muchos países con la administración rusa, lo que ha impactado negativamente en los avances por disminuir los combustibles fósiles, acentuando una alza en los precios y demanda hacia éstos en varios países de la Unión Europea, que han retrocedido en su matriz energética limpia de forma significativa.

Los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos a nivel mundial y nacional, muestran alentadoras perspectivas para el futuro, particularmente en el ámbito energético y el de los combustibles, donde la energía eólica, solar y el hidrógeno verde –producido a partir de éstas– destacan como desafíos de inversión pública y privada. Además, la prolongada "mega sequía" y sus impactos en la disponibilidad del agua dulce, comienza a ser abordada seriamente, incluida la instalación de plantas desalinizadoras públicas y privadas en diferentes zonas del país. También, es posible rescatar una acción empresarial privada de mayor relevancia, como ocurrió en los comités organizados a efecto de la COP 25 celebrada en Egipto en el 2022.

Es clave señalar que el presente Informe País, se ha escrito paralelamente a la elaboración de la propuesta constitucional por parte de la Convención Constitucional, cuyo trabajo fue presentado de manera oficial al país el 04 de julio del 2022. Pese a que la propuesta constitucional fue rechazada por un amplio margen (61,86% opción "rechazo"), es posible a lo menos señalar la relevancia que en dicha propuesta tuvo la "dimensión ambiental", lo que se vio reflejado en la inclusión de un capítulo sobre "Naturaleza y Medio Ambiente". En la tercera parte de este Informe se presenta un análisis de los artículos ambientales de la propuesta de la Convención, de los cuales se pueden rescatar principios y derechos para el nuevo proceso constituyente. Es de esperar que un número importante de las disposiciones ahí propuestas sean consideradas en la elaboración de la próxima carta magna.

En la última década se han acentuado los efectos negativos del cambio climático en Chile, lo que ha llevado incluso a eventos catastróficos de escala mundial, como lo son, los mega incendios de la zona centro sur (2017) y a los macro aluviones del norte (2015). Esto lleva a un capítulo especial de este Informe País sobre los principales efectos del cambio climático en Chile y los desastres socio-naturales que conlleva, incluyendo la recientemente publicada Ley Marco de Cambio Climático (LMCC) y el avance en el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED), avances importantes en materia de riesgo climático ambiental, pero aún insuficientes para enfrentar esta problemática.

Con todo, este Informe País supone que Chile debe hacer "esfuerzos significativos" para ajustar el modelo de desarrollo prevaleciente y llevarlos a cabo en esta década, a riesgo de tener que asumir una realidad medio ambiental cada vez más crítica y justa, que reconozca la irreversibilidad de aspectos

esenciales biológicos, productivos y sociales. Siendo necesario avanzar “más allá de la necesaria descarbonización energética”, del advenimiento de una nueva matriz energética natural, del desarrollo del hidrógeno verde como potencial combustible del futuro y de acciones y programas de lucha por la preservación esencial de nuestra amenazada biodiversidad, nuestros bosques nativos y el océano.

Requiriendo aquello el debido reconocimiento de su importancia y la implementación de un innovador “programa ambiental” para las administraciones y donde se concrete un nuevo tipo de acción público-privada. Dónde se hace necesario introducir modificaciones esenciales en el modelo de desarrollo con base extractivista que ha prevalecido por décadas. Los ecosistemas naturales, amenazados de modo diverso y complejo, deben ser revalorizados en el esfuerzo de desarrollo, normando la intervención sobre ellos, además de reconocer la potestad pública sobre el uso, la propiedad y la eventual concesión de recursos naturales, lo cual debe constituir la base de un nuevo paradigma del desarrollo nacional. Lo anterior implica “disciplinar” el comportamiento del conjunto de las actividades productivas nacionales y un manejo y gestión de nuestros diferenciados territorios, en el marco de una descentralización que fortalezca el rol de los gobiernos subnacionales y los modos de articular en regiones y localidades actividades productivas sustentables.

En las primeras páginas de este documento, se presentan las bases metodológicas para la confección de un “Informe País” y su eventual replicabilidad para otras realidades de América Latina y el Caribe. En lo fundamental se trata de auscultar, sintetizar y asumir un conjunto amplio y variado de las publicaciones, investigaciones, seminarios y encuentros efectuados entre el año 2018 a 2022. Desde este punto de vista se han asumido las publicaciones que al efecto ha desarrollado el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), los pronunciamientos de las instituciones especializadas de Naciones Unidas, el material y conclusiones de las Conferencias Internacionales, COP 25 y COP 26 y las publicaciones universitarias, académicas y de investigación de las universidades nacionales, con visión independiente y científico.

También, se han consultado expertos y especialistas en los diversos campos de la investigación medioambiental, especialmente respecto de la factibilidad de llevar a efecto modificaciones sustanciales en nuestro modelo de desarrollo que

incorporen de modo eficaz y eficiente la dimensión medio ambiental, y lo que se efectuó con el propósito de explicitar el "estado del arte" medio ambiental en Chile, con énfasis en los consensos, los desafíos y las áreas de frontera en el conocimiento.

Este Informe se ha elaborado con la colaboración de expertos y especialistas independientes que conforman el "equipo central". Este elenco profesional y académico ha estado acompañado de un número importante de profesionales seniors de gran trayectoria, y de jóvenes profesionales y estudiantes practicantes del último año de la Escuela de Administración y Gestión Pública de la Facultad de Gobierno y de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Una vez expuestos los alcances metodológicos del estudio, se presentan las principales macropresiones sobre el medio ambiente. Posteriormente, en la segunda parte de este Informe se detalla la situación actual por componente de la naturaleza, entre ellos: aire, las aguas continentales, los bosques nativos, los suelos (con énfasis en su desertificación y degradación), los ecosistemas marinos y del borde costero, la energía, los recursos minerales, los asentamientos humanos y la crecientemente amenazada biodiversidad en Chile. Permitiendo exponer los diversos grados de riesgo que existen en materia medioambiental en el país.

Para ello se ha trabajado con el Informe "Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile" (2022) de CEPAL que es especialmente valioso porque enmarca los "márgenes de comportamiento esperables" de las variables medioambientales fundamentales.

Finalmente, en la tercera parte se desglosan las respuestas existentes y se propondrán respuestas orientadas a impulsar la sustentabilidad ambiental, para generar cambios sustantivos al estilo de desarrollo chileno.

Esta proposición de cambios estratégicos se enmarca en un escenario político, económico y social de gran complejidad, en el que destaca un mayor nivel de conciencia, conocimiento y avance cultural en materia medioambiental y en el que esta dimensión ha cobrado relevancia en el debate nacional. Además, es positiva la actitud y consensos generados en la opinión científica y universitaria, del que este propio Informe País da cuenta. Adicionalmente, el acento que se ha ido colocando a la "problemática ambiental" superando los esquemas históricos

de diagnóstico, resalta igualmente, una mayor disposición del empresariado privado, donde en significativas experiencias se observa un avance innovador en la activación de soluciones. Por último, la actual administración se ha mostrado particularmente abierta a trabajar en las materias medio ambientales, estableciéndose un liderazgo público de relevancia, donde enfrentar decididamente la descarbonización energética, favorecer la variación de la matriz energética iniciada en estos años, intervenir en zonas denominadas de sacrificio ambiental y rigurosas normas regulatorias en actividades productivas claves (acuicultura, forestal, minería, agricultura y construcción, entre otras) establecen un "cuadro favorable" para la viabilidad de los cambios sustantivos del estilo de desarrollo en pos de una situación ambiental cualitativamente mejor que beneficie a todas y todos los chilenos así como a las futuras generaciones.

1. CONTEXTO, ANTECEDENTES Y DESAFÍOS QUE SE DERIVAN DE LAS PASADAS Y ACTUAL VERSIÓN DEL INFORME PAÍS

En el ámbito de las restricciones, el periodo de análisis de este Informe País, incorpora situaciones de especial gravedad a nivel internacional y nacional. La crisis del COVID-19 - como ha analizado la CEPAL, ha ocasionado efectos sanitarios, económico productivos y sociales de particular gravedad. Por lo pronto, se ha producido una reorientación de los "recursos mundiales" en pos de la recuperación económica productiva y particularmente de la crisis de los mercados laborales (especialmente para las de mujeres), la recuperación de diversos sectores claves en el desarrollo y del aumento latinoamericano del número de familias en situación de pobreza. Estos eventos se expresan en la situación chilena con nitidez, a pesar de un esfuerzo sanitario, económico, de acción pública y de contención social de especial magnitud.

La invasión de Rusia a Ucrania, ha tenido efectos especialmente negativos acentuando la crisis de las cadenas de abastecimiento de alimentos, la situación crítica del gas y el petróleo y la reorientación de recursos que implican en países claves una "economía de guerra". Por otra parte, en la Unión Europea, se ha incrementado las investigaciones científico-tecnológicas para disminuir en "tiempos breves" la dependencia energética rusa, mientras en otras situaciones el cronograma de innovaciones energéticas y ecológicas productivas se han ido postergando, incluidos los avances para compromisos establecidos en Glasgow durante la COP 26.

No obstante, la COP 27 realizada en Sharm el Sheij (Egipto), tuvo grandes avances en materia de enfrentamiento al cambio climático, con la aprobación de un "Fondo específico para pérdidas y daños", el "Programa para la Adaptación Sharm el Sheij", una nueva "Asociación para la Transición Energética" y cientos de millones de dólares en movilización de capital financiero para invertir en acciones claves como energía, transporte, hidrógeno, bosques, degradación de la tierra y agricultura. Los desafíos presentes para la COP 28 en Emiratos Árabes, será reducir considerablemente los niveles de dependencia de los combustibles fósiles y uso extensivo del carbón en el planeta, pero sobre todo en las potencias mundiales.

1.1. EL CONTEXTO MUNDIAL, REGIONAL Y NACIONAL DE CRISIS ACENTUADA

Aunque la COP 26 de Glasgow expresó una expectativa favorable para la reafirmación -al menos- del Acuerdo de París, dicho avance no alcanzó en opinión de la mayoría de los expertos y expertas, la especificidad y concreción requerida. De algún modo se habían configurado un conjunto importante de expectativas, con el objeto al menos de superar la gran confusión e indefinición que expresó la COP 25, por la fuerte presión de buena parte de la comunidad científica internacional y su llamado de alerta para enfrentar esta década crítica. Por otra parte, en varios de los "países reacios" a la acción climática, se habían producido avances a lo menos declarativos sobre una acción ambiental reafirmativa de París del 2015.

Respecto a la crisis climática, el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres recientemente ha señalado con fuerza y persistencia que la batalla "para mantener vivo el objetivo de 1,5 grados se ganará o perderá en esta década", requiriéndose una "avalancha de medidas", donde todas las economías desarrolladas y en vías de desarrollo deben hacer mucho más para cambiar las cifras y reducir los impactos.

La disposición norteamericana de invertir en energías limpias, de diversificar la matriz energética y de cooperar internacionalmente en la materia fueron un punto destacado de la COP 26. La acción del presidente John Biden obtuvo un estratégico respaldo con un conjunto inédito de inversiones sin precedentes en infraestructura y medio ambiente, a pesar de la estrecha aprobación parlamentaria. También, dicho compromiso va en paralelo con esperados avances científicos y tecnológicos que habrán de movilizar la cooperación activa de los consorcios privados en USA.

En Glasgow, la Unión Europea (UE) volvió a ser un actor comprometido en la línea de la innovación energética, y actores nacionales muy reticentes a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero como China e India, los cuales avanzaron a lo menos en compromisos formales mayores. De ese modo se fue configurando un alineamiento internacional respecto al Acuerdo de París, y que implica una reducción en los tiempos acordados para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Paralelamente, en la COP 26, resaltaron las voces de una comunidad científica que exige “acciones inmediatas, fuertes, rápidas, sostenidas y a gran escala” para limitar el calentamiento global. Los periódicos informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC en sus siglas en inglés) han sido cada vez más completos, sectorial y territorialmente, y se han convertido en verdaderos “llamados a la acción urgente” ambiental y climática de la comunidad internacional. En los hechos, dichos informes, aunque fundados en muy sólida información factual, se aventuran en propuestas de políticas públicas, en acciones internacionales de cooperación inmediata y en la necesidad de suscribir compromisos cada vez más específicos y fiscalizables en el tiempo.

De gran relevancia, es el “Informe del estado de los océanos” de la UNESCO (2022), que estableció problemas de enorme envergadura e importante irreversibilidad en su acidificación, incremento de volumen, disminución de biodiversidad y captación carbónica. De ese modo, se ha puesto en cuestión la aportación del océano en la captación de gases de efecto invernadero y varias consecuencias críticas sobre la biodiversidad de especies costeras y marinas, alteraciones en la propia geografía costera, los riesgos de muchas localidades pobladas y la crisis de las actividades productivas asociadas a las formas artesanales pesqueras. Todo ello muy significativo en el caso de Chile, como hemos apreciado con las cada vez más recurrentes marejadas a lo largo de nuestro litoral.

Los expertos tienden a convenir en las mayores coincidencias problemáticas y en sus orígenes, aunque también en la insuficiencia de planes de acción precisos, concretos y coordinados para enfrentarlos. En definitiva, no hay “respuestas que se correspondan con la urgencia de las acciones requeridas”.

En el caso de Chile, la creación del Ministerio del Medio Ambiente, la Superintendencia del Medio Ambiente y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, acompañados de una justicia ambiental macrorregional (Tribunales Ambientales), son avances institucionales evidentes. También, ocurre con la definición de políticas y direcciones estratégicas más precisas. Sin embargo, aún se encuentra distante una acción adaptativa y transformadora a las circunstancias ambientales actuales, así como, una descentralización administrativa y fiscal que permita a los gobiernos subnacionales enfrentar adecuadamente los desafíos ambientales y climáticos, presentes y futuros.

Como han expuesto los informes de la CEPAL sobre la COVID-19, la región experimenta una de las situaciones más graves del planeta. En América Latina, producto de la crisis sanitaria, los países se han visto afectados por una creciente inflación, una disminución de la participación laboral (especialmente femenina) y un preocupante avance en los indicadores de pobreza e indigencia.

Al ser la crisis sanitaria y económica las principales prioridades, la problemática ambiental y climática ha pasado a un segundo plano, lo que es de especial gravedad en esta década estratégica para la acción en la que nos encontramos. En el caso chileno, las vacilaciones iniciales subvalorando la atención primaria y el rol de los gobiernos municipales, dieron lugar a una fase posterior de mayor comprensión de la acción preventiva local, una apertura más arraigada de las autoridades para con las entidades científicas y un proceso de vacunación muy destacado internacionalmente. Las consecuencias negativas en el empleo y la actividad productiva aún se mantienen, especialmente en la tasa de empleo de las mujeres y en la expansión preocupante del comercio informal.

Esta situación se ha agravado mucho más con el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, lo que ha dificultado el abastecimiento mundial de granos junto con una inflación subyacente, al tiempo de concentrar a Europa y el mundo en la dinámica de la guerra, con una movilización impresionante de recursos que, entre otros efectos, limitan los esfuerzos planetarios ambientales y climáticos. Se ha constatado un retraso en la descarbonización y en el conjunto de propuestas innovadoras y esenciales que iban en la dirección de los acuerdos de la COP 26, incluidas las formas de cooperación y apoyo financiero internacional.

La hipótesis de un "retraso ambiental y climático" comienza a formularse, producto de los ajustes indispensables frente a la crisis productiva y social subyacente. Chile no es excepción al respecto, más allá de la permanencia estratégica de la administración en la descarbonización, la diversificación energética y los avances en hidrógeno verde. La estrechez de recursos fiscales, las nuevas urgencias presupuestarias y la reactivación productiva y laboral suelen conspirar para una acción climática y ambiental substantiva.

En un importante trabajo sobre los límites ambientales, se ha desarrollado una metodología de medición precisa de los umbrales y brechas ambientales de los países y el cómo las políticas públicas enfrentan una perspectiva estratégica de trabajo futuro. Los desafíos que allí aparecen, implícitamente, dan el marco de las

desafiantes tareas ambientales y climáticas latinoamericanas para la década (Marquet *et al*., 2022).

Para el caso chileno es muy destacable el aporte de Marquet *et al*. (2022) porque ayuda a precisar los desafíos específicos ambientales y permite monitorear de modo preciso la acción ambiental pública y público-privada, confirmándose buena parte de las consideraciones anteriores. Los avances previos en el marco de la preparación de la "fallida COP 25", que significaron una presencia nacional mayor de la temática ambiental y climática, y que se vieron reforzadas con alianzas público-privadas de buena factura, al tiempo que se fueron adoptando compromisos de descarbonización, decisiones en la diversificación natural de la matriz energética y la apertura al hidrógeno verde, se han visto en la práctica disminuidas en su fortaleza al calor de la crisis reciente.

Aunque abierta a consideraciones ambientales y ecológicas avanzadas, el esfuerzo constitucional se encuentra en una coyuntura incierta. A ello agregamos una cantidad de recursos que se ve disminuida por las urgencias fiscales de la crisis actual. Ciertamente, Chile ha avanzado de modo importante en los esfuerzos científicos y de organizaciones no gubernamentales en materia ambiental, pero la institucionalidad y las políticas públicas y la cooperación con privados, se encuentran en un "compás de espera" a las respuestas a la crisis inflacionaria, alimentaria y a la resolución constitucional.

1.2. LOS INFORMES PAÍS ANTERIORES Y SUS PRINCIPALES TENDENCIAS

Una revisión de los Informes País que ha elaborado el CAPP de la Universidad de Chile muestran una exacerbación de los problemas medioambientales en Chile. Una suerte de "camino inexorable" hacia una crisis ambiental generalizada comienza a configurarse en dichos Informes, los que no solo muestran la expansión de los problemas graves de desertificación, disminución de la biodiversidad, pérdida severa del bosque nativo, contaminaciones de aire y pérdida, agotamiento, y degradación de suelos, alteración de ecosistemas marinos y del borde costero y disminución de su biota, y formas energéticas predominantemente con combustibles fósiles. Una estructura de asentamientos humanos de creciente complejidad, con ciudades donde se acentúa la segregación social y las disfuncionalidades urbanas. Una situación de sus costas

severamente amenazadas por marejadas y otros fenómenos que muestran una problemática oceánica muy compleja.

En los últimos años se han acentuado los desastres socionaturales. Ejemplo de ello, son los aluviones del año 2015, los que tuvieron consecuencias desastrosas en las quebradas de Chañaral, Copiapó, el Huasco, Taltal en el norte y Vicuña en el sur. Sucesivos aluviones sin precedentes en 800 kilómetros lineales de nuestra geografía nortina, que en un número no inferior a diez asolaron estos territorios. Las lluvias cálidas hacia finales de marzo de 2015 generaron estos aluviones de altísima destrucción y que colapsaron la ciudad de Copiapó por meses. La estructura geográfica chilena favorece el riesgo aluvional y ello ha tenido manifestaciones pasadas y posteriores de modo continuo. Una situación también caracterizada de catástrofe mundial ocurrió en enero y febrero de 2017 con los mega incendios forestales en la zona del secano costero entre Pichilemu y Tirúa, con más de 500 mil hectáreas comprometidas (muchas de ellas de gran valor productivo) y donde se constataron hasta 600 focos simultáneos de fuego. La "tormenta de fuego" como llamaron los expertos mundiales a ese incendio, se extendió por más de un mes en situación crítica en una longitud de unos 700 kilómetros lineales en las regiones de O'Higgins, el Maule y Biobío.

La consideración anterior ha llevado a contemplar en el presente Informe País un capítulo especial sobre "Cambio Climático y Desastres Socio Naturales", donde se recupera dicho concepto porque las estructuras sociales desiguales y de marcada precariedad social amplifican de modo significativo los fenómenos naturales. Chile está entre los países del planeta de mayor riesgo climático para desastres de gran envergadura, habida cuenta además de su extensa costa, su locación geográfica estrecha entre cordillera y mar y las constatadas variaciones climáticas que han alterado severamente el régimen de precipitaciones y sus características. Dicho capítulo también incorpora, al igual que los informes anteriores, una lectura crítica de las políticas, programas y acciones públicas y privadas para la prevención y remediación de catástrofes, que aun con importantes insuficiencias han mostrado resultados favorables en la comparación internacional.

El presente Informe País sobre el estado del medio ambiente en Chile prioriza el análisis sobre Políticas Públicas y otras formas de asociación público-privadas, entendidas como parte de la esencia de la acción ambiental y climática futura, y respecto de las que se ha producido grandes avances institucionales.

La lectura crítica de los diferentes Informes País nos muestra algunas tendencias principales, como:

a) **La agudización de las problemáticas ambientales,** tomando especial relevancia la situación actual del recurso hídrico, cada vez más escaso. Hay que avanzar en nuevas normas legales y reglamentarias que devuelvan la potestad pública del agua, lo que parcialmente se ha avanzado con las modificaciones al Código de Aguas, y debiera perfeccionarse con el nuevo marco constitucional. Adicionalmente, debe simplificarse y profesionalizarse la institucionalidad pública del agua, superando la actual fragmentación y enfatizando una dirección estratégica unificada.

b) **La pérdida de biodiversidad y de los ecosistemas naturales principales, y** en algunos de los que las pérdidas comienzan a ser irreversibles. Se trata de un fenómeno central en la cuestión ambiental, que afecta la calidad de vida de las poblaciones humanas y no humanas y genera desequilibrios irreversibles en ecosistemas frágiles.

c) **Una descarbonización de la producción energética aún insuficiente y con innovaciones de nuevas variantes de producción eólicas y solares,** que aún no adquieren la relevancia porcentual deseable en la matriz energética general. Es vital avanzar hacia un "programa de obras" energético que calendarice con precisión los desafíos productivos, reduzca tiempos burocráticos, garantice evaluaciones ambientales expeditas y permita razonablemente de aquí al 2030 el cambio sustancial energético que Chile requiere.

d) **El conjunto de actividades productivas en base a recursos naturales, las** que siguen mostrando un extractivismo dominante, siendo más bien excepcionales las innovaciones ambientales de mayor sustentabilidad. El "salto requerido" en materia de innovación que ha sido admitido en parte por el sector forestal exportador y la minería en sectores estratégicos, requiere impulsar nuevas reglamentaciones y normativas y afianzar un conjunto de estilos productivos en favor de la innovación tecnológica con para reducir el impacto ecológico.

e) **Dificultades de políticas públicas coherentes y sistemáticas con un débil trabajo inter-agencial público,** que hace que no se desplieguen las propuestas transformadoras en todas sus fortalezas potenciales. El trabajo en equipo de los entes públicos, que se ha manifestado adecuadamente en tiempos de crisis muy fuertes, debería ser "la norma y no la excepción". Nuestro país debe aprender un nuevo tipo de modalidad de gestión pública fundada en la cooperación interinstitucional y superar los trasnochados esquemas compartimentados de acción pública-privada.

f) **Problemas e insuficiencias de la asociatividad público-privada** que constituyen un fundamento esencial para políticas, programas y acciones claves en el desarrollo ambiental y sustentable en Chile. Debemos ir a la superación de prejuicios acendrados de separación entre lo público y lo privado. Lo que el país ha avanzado en infraestructura asociada debe ser un razonable ejemplo de cooperación permanente en muchos ámbitos ambientales. La respuesta a la crisis periódica de los incendios forestales es un buen ejemplo de acción conjunta, el que debe acentuarse en muchos ámbitos productivos y sectoriales.

g) **Una descentralización muy incipiente de la acción pública y de colaboración público-privada,** en un Chile con tan marcadas diferencias territoriales sustantivas en lo ambiental. Debe reconocerse las particularidades ambientales de los territorios y valorarse a los gobiernos subnacionales (Gobiernos Regionales y Municipios) como entidades favorecedoras de una acción ambiental concreta, efectiva y monitoreable. Allí está muchas veces el "puente ciudadano" indispensable con las organizaciones de la sociedad civil, las que muestran en la temática ambiental, una expansión de gran significación, y;

h) **La emergencia con mucha fuerza de las variantes climáticas críticas que han ocasionado desastres socio-naturales de magnitud y que se constituyen en riesgos y amenazas permanentes para el desarrollo sostenible futuro. Se** debe desplegar eficazmente en el territorio el Sistema Nacional de Protección Civil y aprender cabalmente de las experiencias pasadas frente a catástrofes de raíz climática. Este campo de acción público-privada debe especializarse en los territorios, afianzando

labores de prevención, mitigación y respuesta y desarrollando mejores capacidades una vez presentado los desastres.

1.3. LA CONSTRUCCIÓN DE LOS CONSENSOS POLÍTICOS AMBIENTALES

El esfuerzo de este Informe País debe estar al servicio de la construcción de consensos ambientales fundamentales. Para enfrentar los problemas ambientales se requiere de consensos de largo aliento, los que deben fundamentarse en políticas de Estado. Sostenemos desde ya que ese esfuerzo es posible.

Esto es factible en la justa medida en que los movimientos sociales ambientales vayan evolucionando y poniendo en relieve las diversas formas y experiencias en que la ciudadanía se sitúa en lo ambiental (Arriagada *et al*., 2022), abriéndose a cambios sustanciales como los señalados con anterioridad, si el "sistema de conocimiento y acervo académico" también se consolida en propuestas realistas y exigentes de acción programática, si la administración favorece un accionar inter-agencial, estructurado y consolidado, si se incorpora eficazmente a los gobiernos subnacionales en los consensos a obtener, y si finalmente el empresariado privado asume responsabilidades específicas en inversión, reconversión y proyectos innovadores. De diversa manera, se ha ido avanzando en los últimos años en una actitud pro-consenso "ambiental", la que está acompañada del "sentido de urgencia específica" que estas acciones requieren.

Existe un cierto "sentido común" respecto de que los problemas ambientales lo son de la sociedad toda, habiendo abandonado lo ambiental como "acción política de nicho". En la última década asistimos a la gestación de algunos acuerdos público-privados significativos en la materia.

La preparación de la COP 25 Chile-Madrid, se constituyó en una oportunidad para mostrar la convocatoria y el avance que la temática ambiental y climática ha tenido en el conjunto de los actores sociales y políticos de la sociedad chilena. De hecho, se constituyó un Comité Científico de amplia convocatoria que alcanzó acuerdos importantes en materias vitales como la descarbonización, la acción oceánica, la desertificación y el afianzamiento de la biodiversidad en ecosistemas frágiles. Otro tanto ocurre con el acuerdo nacional en torno a la diversificación de la matriz energética en favor de la producción solar y eólica y la expectativa

compartida que constituye el hidrógeno verde como un posible combustible del futuro.

Es indispensable disponer de "carteras de proyectos" específicos en las líneas antes señaladas, al objeto de monitorear sus avances desde los desafíos de prefactibilidad, las calificaciones ambientales, el financiamiento de corto, mediano y largo plazo, los estudios de mercado que viabilizan estas inversiones y el cronograma de obras.

De entre muchos aspectos del debate nacional, la cuestión energética ha sido de las que más acuerdo ha consignado. En la práctica las gestiones ministeriales en energía han mostrado en las tres últimas administraciones rasgos de continuidad muy significativos. Constituye ello una excepción en relación a muchos otros ámbitos de políticas públicas.

En la Convención Constitucional, la problemática ambiental concitó un interés especialmente significativo. Desde la elección de los Convencionales Constituyentes, donde un número importante se "adscribió" a movimientos y reivindicaciones ambientales a lo largo de todo nuestro territorio. Como resultado se obtuvo una propuesta con un alto contenido ecológico (más de ochenta artículos con contenido ambiental), los que fueron fruto de un consenso político no menor.

Nuestra afirmación es que fueron otros los aspectos y dimensiones abiertamente controversiales en el debate de la Convención Constitucional, que influyeron en el rechazo de la propuesta por parte de la ciudadanía. No quiere decir que en el debate ambiental no existieran posiciones defendidas con pasión, sino que fue posible llegar a grados de consenso bien superiores en comparación con el debate constitucional general.

No cabe la menor duda que asuntos relativos a la propiedad y/o el uso de recursos claves y el propuesto dominio público al efecto, la cuestión de los derechos adquiridos con anterioridad y otras materias siguen y seguirán siendo controversiales. No obstante, es posible ver a lo ambiental como objeto de consensos y de políticas públicas de Estado, y el presente Informe espera constituirse en un aporte al efecto.

A pesar de que la propuesta constitucional no fue aprobada en el plebiscito del 04 de septiembre. Nuestra principal hipótesis de trabajo es que en la próxima carta magna de la nación **el sentido ecológico debe prevalecer con sentido estratégico, consenso y factibilidad.**

Este sentido ecológico debiera manifestarse en una nueva propuesta constitucional[1], que reforcé el derecho de las personas a un aire limpio; el derecho humano al agua y al saneamiento suficiente, saludable, aceptable, asequible y accesible; un Estado custodio de los bosques nativos y humedales; un deber estatal de proteger conservar y restaurar la biodiversidad de los ecosistemas terrestres, marinos, insulares y antárticos; un deber estatal de elaborar una política para el desarrollo minero, que incorporé criterios de sustentabilidad ambiental y social; un Estado que regula y promueve una matriz energética basada en energías renovables; que establezca un gobierno regional con funciones explícitas sobre la planificación; el ordenamiento territorial y el manejo integrado de las cuencas del país; que define un gobierno local con funciones explícitas para la gestión de la reducción frente a desastres naturales; y finalmente que asegure un sistema de gobernanza ambiental participativo y descentralizado.

Este conjunto de elementos constitucionales podría contribuir al desarrollo ambientalmente sustentable del país, al bienestar de la población y al reconocimiento de que hay umbrales que, si se traspasan, afectarán no sólo a la naturaleza y su diversidad, sino también la calidad de vida a la que la sociedad aspira.

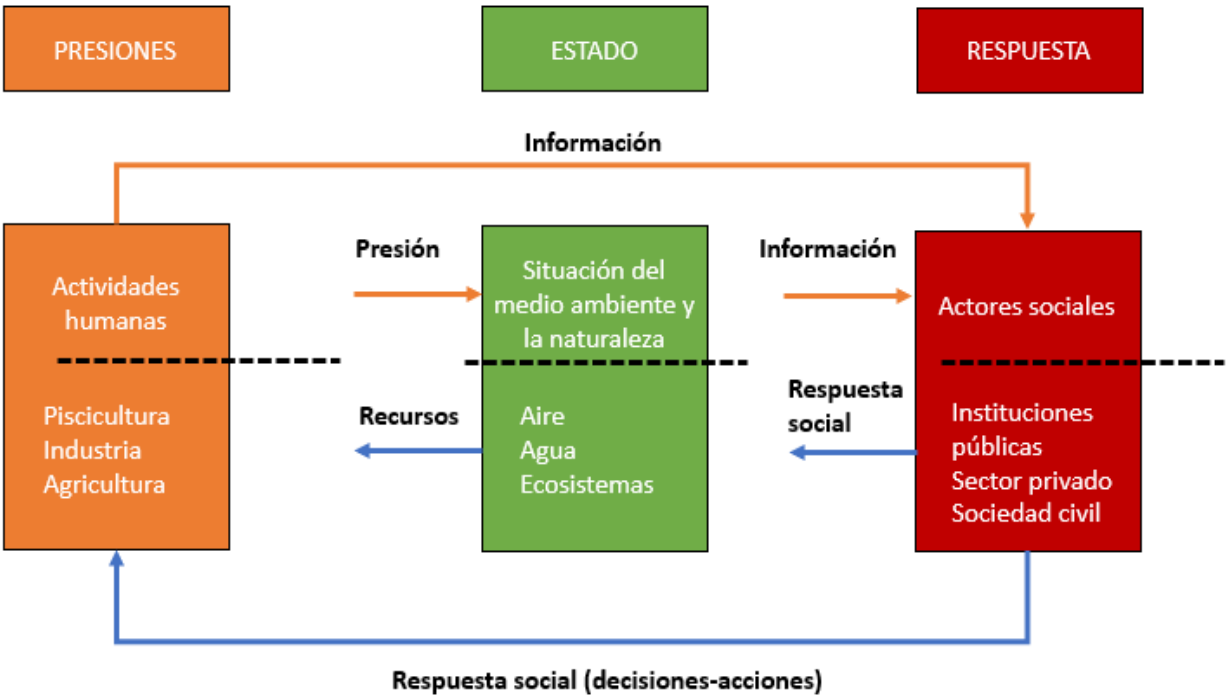
[1] En este párrafo se adelantan propuestas constitucionales que se desprenden del diagnóstico del estado del medioambiente de la segunda parte del presente informe.

2. METODOLOGÍA

2.1. PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA

El modelo utilizado históricamente para el desarrollo del Informe País, se denomina **Presión-Estado-Respuesta (PER)**. Este se basa en una lógica causal (**Ver Figura 1**), según la cual, las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente **(presión)**, que éste registra cambios en la cantidad y/o calidad de los recursos naturales y/o componentes de la naturaleza en función de ellas, lo que conlleva finalmente a que la sociedad responda mediante la adopción de políticas e instrumentos medioambientales, económicos y sectoriales que busquen mantener los equilibrios sociales y ecológicos que les parezcan pertinentes **(respuesta)** (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 1993):

Figura 1. Modelo Presión-Estado-Respuesta.



Fuente: Elaboración propia en base a Pandia (2016).

El modelo PER, fue desarrollado a partir del modelo de Presión-Respuesta formulado por Friends y Raport (1979). Ha sido ampliamente utilizado por la OCDE, siendo uno de los más aceptados a nivel internacional, producto de su

simpleza y facilidad de aplicar en distintos niveles y escalas geográficas (Velasquez y D'Armas, 2013).

Para efectos del presente informe, se han considerado las siguientes definiciones conceptuales para cada uno de los elementos del modelo PER (Pandia, 2016):

Presión: Se refiere a los factores o fuerzas que influyen en el estado del medio ambiente y la naturaleza de forma individual o colectiva, incluyendo aquellas naturales o de origen antrópico. En el caso del presente informe se considerarán los principales factores o fuerzas, los que serán entendidos como "macropresiones", por ejemplo: crecimiento económico y el cambio climático.

Estado: Hace referencia a la condición actual y/o futura de recursos naturales, componentes de la naturaleza, ecosistemas y hábitats, condición que resulta de las presiones, y el deterioro que en ellos generan las diferentes actividades humanas. Es relevante resaltar que el estado del medio ambiente, incide en la salud humana, el bienestar, así como en el tejido socioeconómico de la sociedad. En esta ocasión, se consideró analizar el estado de: aire, aguas continentales, bosques nativos, biodiversidad, suelos (con énfasis en su desertificación y degradación), ecosistemas marinos y el borde costero, minerales e hidrocarburos, asentamientos humanos y energía.

Respuesta: Se definen como las medidas sociales, económicas, ambientales e institucionales que se adoptan para evitar y/o reducir el impacto que tienen las presiones sobre el medio ambiente. En el caso chileno, un ejemplo corresponde al "Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)", los planes de descontaminación y prevención, los planes de manejo de recursos naturales, la evaluación ambiental estratégica y otros instrumentos vigentes en la legislación.

Es importante resaltar que la metodología para la confección del presente Informe País contiene variaciones respecto a la utilizada para la formulación de los informes anteriores. Si bien, se mantiene el enfoque Presión-Estado-Respuesta, la tercera parte del informe, referida a las "respuestas" incorpora no solamente la "Institucionalidad y Gestión Ambiental", sino que también, se incluyen propuestas de políticas públicas ambientales y climáticas que apuntan a generar variaciones sustanciales en el modelo de desarrollo chileno. Las políticas propuestas, a su vez, se constituyen de lineamientos y acciones para cada uno de

los recursos naturales y/o componentes de la naturaleza considerados en la segunda parte del informe.

Como segunda diferencia, la actual versión del Informe País, incluye un capítulo especial sobre "Cambio Climático y Desastres Socio Naturales", en el cual se exponen las catástrofes más significativas de la década reciente y se presentan fundamentos para una política de prevención y actuación frente a desastres. Dicho capítulo tiene como antecedentes trabajos que el CAPP ha efectuado en los últimos años.

Por último, se debe destacar que esta metodología de trabajo tiene la ventaja de poder ser fácilmente adoptada para el desarrollo de estudios similares en otros países de América Latina y El Caribe, aquello sin perder de lado las particularidades propias de cada territorio.

2.2. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

2.2.1. Revisión bibliográfica

En primera instancia, para recopilar la información, se realizó una revisión bibliográfica. Es decir, se procedió a efectuar una revisión de los elementos cuantitativos y cualitativos de artículos científicos y de opinión, informes gubernamentales, libros y minutas legislativas, tanto en español como en inglés, con el propósito de sintetizar la información existente respecto a los temas abordados en la primera, segunda y tercera parte del Informe País (Manterola *et al*., 2013). Durante este proceso, se prestó especial atención al trabajo de Universidades nacionales, centros académicos e investigadores con experticia en las materias tratadas en este estudio, de modo de efectuar un "completo análisis" del estado del arte en las materias ambientales y climáticas sectoriales como en el enfoque de su integración general.

Para realizar una revisión sistemática es fundamental definir preguntas de investigación que orienten el análisis (Hernández, 2019). En el caso de este estudio, se utilizaron como base las preguntas que sustentan al enfoque PER (Pandia, 2016):

a. ¿Qué y quién está afectando los recursos naturales y/o los componentes de la naturaleza?

b. ¿Cuál es el estado de los recursos naturales y/o de los componentes de la naturaleza?
c. ¿Qué está haciendo la sociedad para evitar, reducir y/o resolver los problemas ambientales?

3. MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIOAMBIENTE

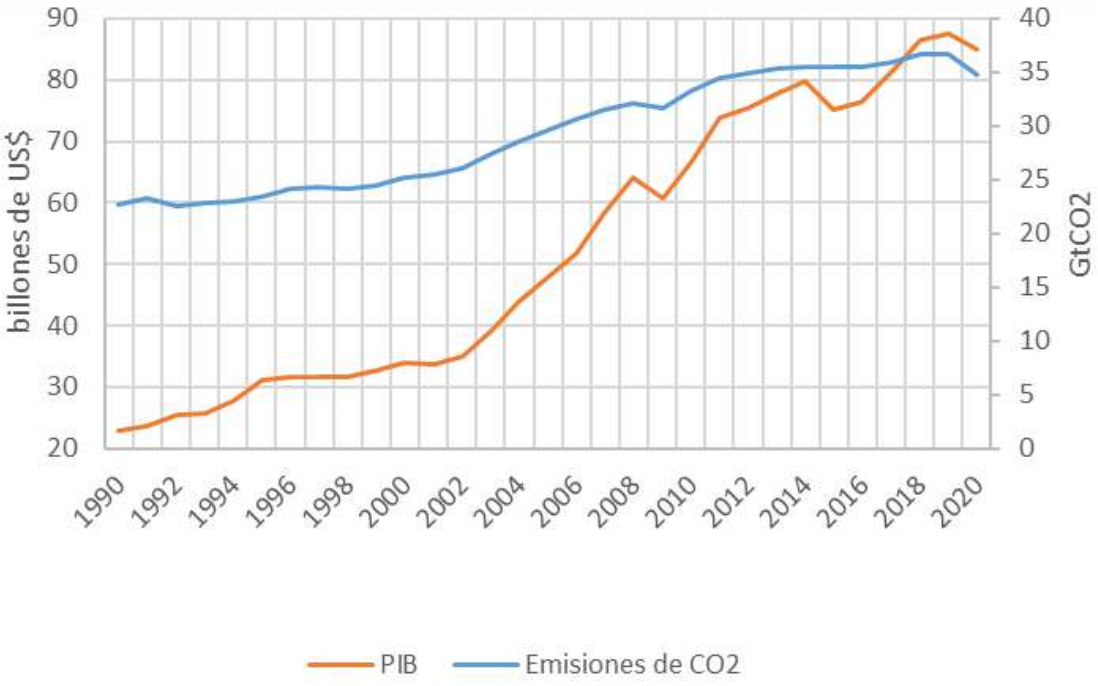
3.1. EL CRECIMIENTO ECONÓMICO GLOBAL Y NACIONAL

El crecimiento económico a nivel global y nacional ha sido, es y seguirá siendo una de las principales macropresiones sobre el medio ambiente, esto se debe a que toda actividad económica-productiva requiere de recursos naturales que la pueda hacer posible. En otras palabras, el crecimiento económico es sinónimo de importantes transformaciones a los recursos naturales que pueden causar efectos negativos al medioambiente, ya sea de forma directa o indirecta (Suárez, 2011).

En las últimas décadas, el crecimiento económico global y el deterioro del medio ambiente ha aumentado a niveles sin precedentes. El Producto Interno Bruto (PIB) ha pasado de 1,39 billones de US$ en 1961 a 96,1 billones de US$ en 2021, lo que implica un incremento de un 6.813,66% en 60 años (Banco Mundial, 2022a). Sin embargo, este crecimiento económico ha conducido a una continua degradación y contaminación del medio ambiente, así como de una extracción y agotamiento de recursos naturales no renovables, un ejemplo de ello ha sido el aumento de las emisiones globales de CO_2 por parte de combustibles fósiles, que en 1960 fue de 9,3 $GtCO_2$ llegando actualmente a la cifra de 36,2 $GtCO_2$ (incremento de un 289,24%) (Solórzano-Chamorro *et al*., 2022; Global Carbon Project, 2022).

Tal como se observa en la **Figura 2**, en el periodo 1990-2020, en la medida que ha crecido el PIB mundial, también se ha producido un aumento de las emisiones globales de CO_2. Si bien han existido periodos en los que las emisiones de CO_2 han disminuido, estos suelen coincidir con los años en los que el PIB ha ido a la baja, tal como lo han sido las recesiones económicas de 2009 y 2020. Esto podría probar que existe una estrecha relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO_2.

Figura 2. Comparación de emisiones de CO_2 y valor de PIB a nivel mundial, periodo 2000-2020.

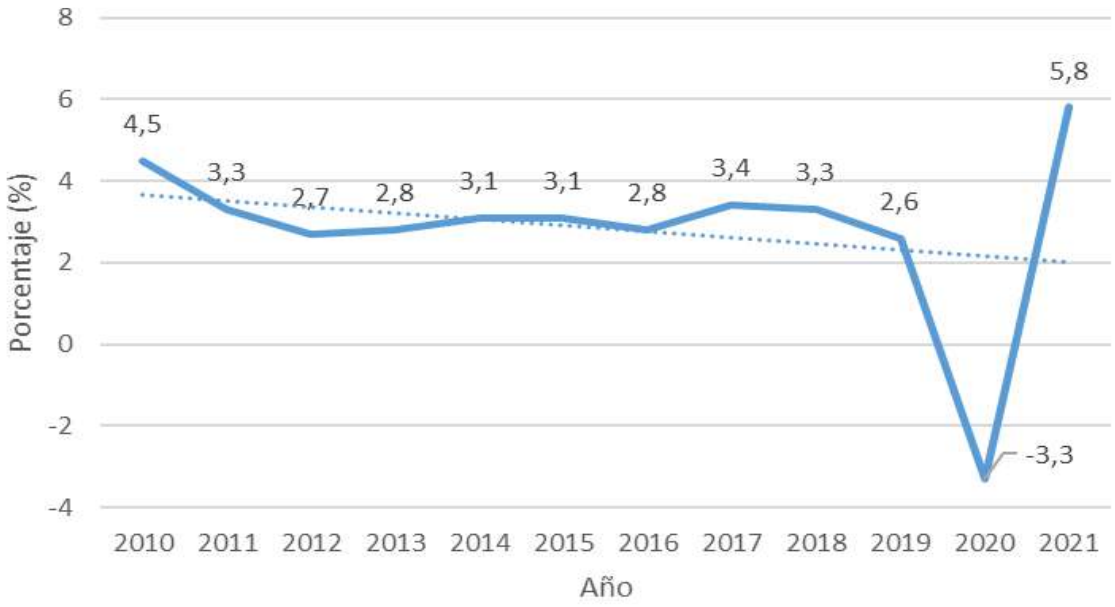


Fuente: Banco Mundial, 2022a; The Global Carbon Proyect, 2022.

Pese a que durante el periodo 2010-2021, ha seguido existiendo un continuo crecimiento económico a nivel mundial, es posible observar una tendencia a la baja (**Ver Figura 3**). Entre los años 2010 a 2012 el crecimiento económico se vio disminuido, para volver a aumentar el año 2013 (2,8%) y 2014 (3,1%). El año 2015 mantuvo el nivel de crecimiento registrado el año 2014 (3,1%), observándose una leve disminución para el año 2016 (2,8%). Para los años 2017 a 2020, se evidencia un crecimiento a la baja, destacando la recesión económica del año 2020, la cual se asocia a la crisis sanitaria del COVID-19 que implicó una serie de estrictas medidas de confinamiento y resguardo a lo largo del mundo, y con ello una reducción de la actividad económica (Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales, 2021). Los cambios en las actividades económicas producto de la pandemia, han generado diversos efectos sobre el medioambiente, como por ejemplo, la temporal reducción de las emisiones de CO_2 a nivel mundial por parte de combustibles fósiles y la industria, las que alcanzaron su nivel más bajo desde el año 2011 (34,8 $GtCO_2$), no obstante, en 2021 las emisiones de este compuesto aumentaron aproximadamente en un 4,2% (36,2 $GtCO_2$) en comparación con el año 2020, estando cerca de superar los niveles previos a la pandemia (36,7 $GtCO_2$ del año 2019) (Jackson *et al*., 2022). El año 2021, no destacó únicamente por el aumento en las emisiones de CO_2, sino también por ser aquel con el mayor crecimiento económico del periodo 2010-2021, lo que se atribuye a los procesos de vacunación masiva en los países desarrollados, al conjunto de medidas

económicas expansivas y a la reducción de las medidas sanitarias implementadas por los diferentes gobiernos (Subsecretaria de Relaciones Económicas Internacionales, 2021).

Figura 3. Crecimiento del PIB a nivel mundial (% anual), periodo 2010-2021.



Fuente: Banco Mundial, 2022b.

En Chile, al igual que a nivel mundial, el crecimiento económico sigue siendo a costa de la extracción, contaminación y/o deterioro de los recursos naturales que posee el país, recursos que continúan constituyendo la "ventaja comparativa" con la cual Chile se ha insertado económicamente a nivel internacional. Es decir, en el país prevalece un modelo económico que privilegia la dimensión económica sobre las restantes (social y ambiental).

Las riquezas naturales del país le permitieron crecer a una tasa promedio anual de 6,1% entre 1991 y 2000 (Banco Mundial, 2022c). Para el periodo 2001-2010, el país continuó su crecimiento económico, aunque a una tasa promedio anual inferior (4,34%). El crecimiento registrado en este periodo se generó en parte gracias a las favorables condiciones externas, tales como el sostenido incremento en el precio de los "comodities", principalmente del cobre; una rigurosa y exitosa política fiscal; y el crecimiento experimentado por importantes socios comerciales (China, India, países de América Latina, entre otros).

Chile tiene una economía pequeña y muy abierta, altamente dependiente del comercio exterior, esta situación se ha traducido en importantes variaciones de la

tasa de crecimiento. Por ejemplo, del 3,8% registrado en 2008 se pasó a -1,1% en 2009. El país, principalmente por efectos del repunte del mercado internacional y de la reconstrucción del terremoto del 2010, volvió a crecer el 2010 en 5,9%, 6,2% el 2011 y 6,2% el 2012 (Banco Mundial, 2022c). Sin embargo, en los años posteriores, la dependencia internacional se hizo sentir. Del 2,2% que creció en 2015, en 2016 tuvo un crecimiento de solo un 1,8%, crecimiento que se redujo aún más el año 2017 (1,4%). El año 2018 hubo un repunte en el crecimiento nacional el que alcanzó un 3,99% (**Ver Cuadro 1**), no obstante, el crecimiento se volvería reducir al año siguiente, registrando solo un 0,77%. De acuerdo con Fonseca (2020), el crecimiento económico del año 2019 se vio reducido por el "estallido social", el cual generó una disminución de 1,4% del PIB en comparación con las proyecciones de los organismos internacionales.

Además, el año 2020 se generó una recesión económica producto de las estrictas medidas de confinamiento asociadas a la crisis sanitaria del COVID-19, la que implicó una reducción del 5,97% del PIB con respecto al año anterior. Para el año 2021, la economía volvió a crecer (11,66%) a partir de la apertura gradual y de la adaptación de los hogares y de las empresas al contexto sanitario.

En cuanto al PIB per cápita (**Ver Cuadro 1 y Anexos 1 y 2**), se observa una tendencia similar a la registrada para el PIB total. El año 2017 el PIB per cápita se redujo en un -0,07 con respecto al año anterior, para el año 2018 existió un crecimiento de un 2,55%, mientras que en 2019 y 2020 se redujo en un -0,41% y -6,78%, para volver a repuntar el crecimiento en el año 2021, el que fue aproximadamente de un 11,10%. Estas variaciones se asocian a las causas ya descritas en párrafos precedentes.

Cuadro 1. Tasa de crecimiento anual del PIB (%) y tasa de crecimiento anual de PIB per cápita (%), periodo 2017-2021.

Año	2017	2018	2019	2020	2021
PIB, tasa de crecimiento anual %	1,35	3,99	0,77	-5,97	11,66
PIB per cápita, tasa de crecimiento anual %	-0,07	2,55	-0,41	-6,78	11,10

Fuente: Banco Mundial, 2022c; Banco Mundial, 2022d.

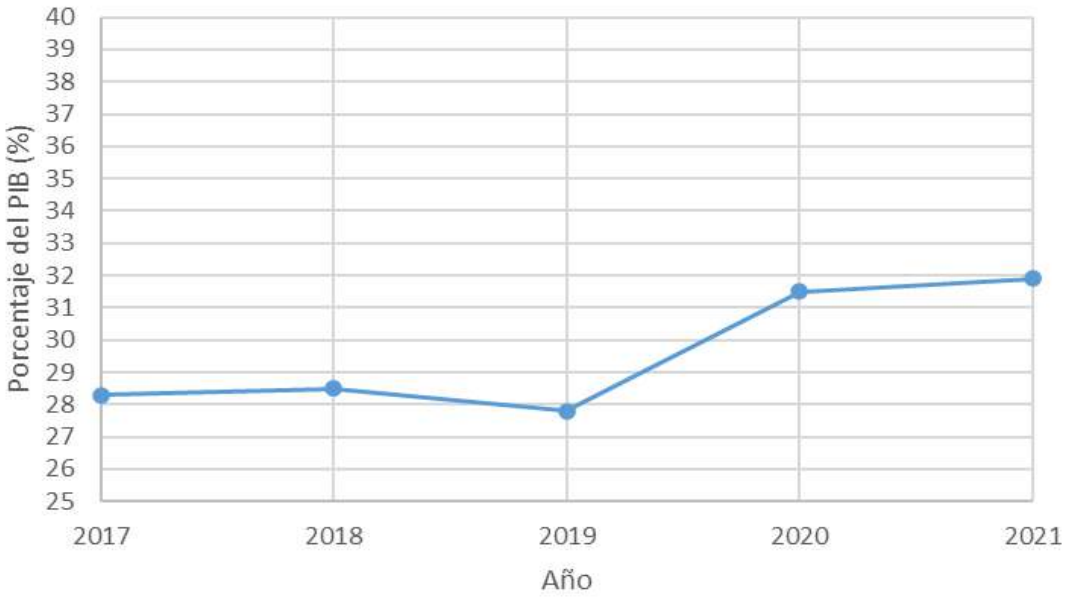
La evolución del PIB para el periodo 2017-2021 y su expresión en términos absolutos en miles de dólares se aprecian en el **Anexo 3** y **4**.

Es importante destacar que las proyecciones económicas no son del todo favorables. Según el Banco Mundial (2022e), para el presente año se estima que el crecimiento económico se reduzca a un 1,7%, cifra que continuará en descenso hasta alcanzar un crecimiento de tan solo un 0,8% para el 2023, esto en la medida

que disminuya el crecimiento de las exportaciones y las inversiones se mantengan moderadas. Tampoco, deben omitirse los efectos del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, el que ha afectado la inversión y la producción, y que ha mantenido al comercio exterior en una situación de incertidumbre durante los últimos meses, impactos que continuarán en caso de no generarse un término en el corto plazo (CEPAL, 2022).

Respecto a las exportaciones de bienes y servicios (**Ver Figura 4**), en el último quinquenio (2017-2021), estas han representado entre el 27 y el 32% del PIB.

Figura 4. Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB), periodo 2017-2021.



Fuente: Banco Mundial, 2022f.

En términos numéricos (**Ver Cuadro 2**), las exportaciones de bienes en el año 2017 fueron de 68.904 millones de US$, cifra que aumentó a 74.838 millones en 2018, no obstante, en 2019 estas se redujeron a 68.792, creciendo continuamente entre 2020 y 2021, con 74.086 y 94.677 millones de dólares respectivamente.

Cuadro 2. Exportaciones totales (2017-2021).

Año	Exportaciones de bienes en millones de US (FOB)
2017	68.904
2018	74.838
2019	68.792
2020	74.086
2021	94.677

Fuente: Banco Central de Chile, 2022a.

Para el periodo 2017-2021 (**Ver Cuadro 3**), se puede observar un crecimiento de las exportaciones chilenas hacia oriente, principalmente a China. Es posible destacar que, en cinco años, las exportaciones de bienes de Chile a China aumentaron en un 93,61%. Por otra parte, las exportaciones a Estados Unidos han aumentado cerca de la mitad (49,49%) en el mismo periodo. Resalta igualmente que las exportaciones a la Unión Europea disminuyeron en un 18,83%, entre los años 2017 y 2020, para volver a aumentar en un 19,77% en el último año.

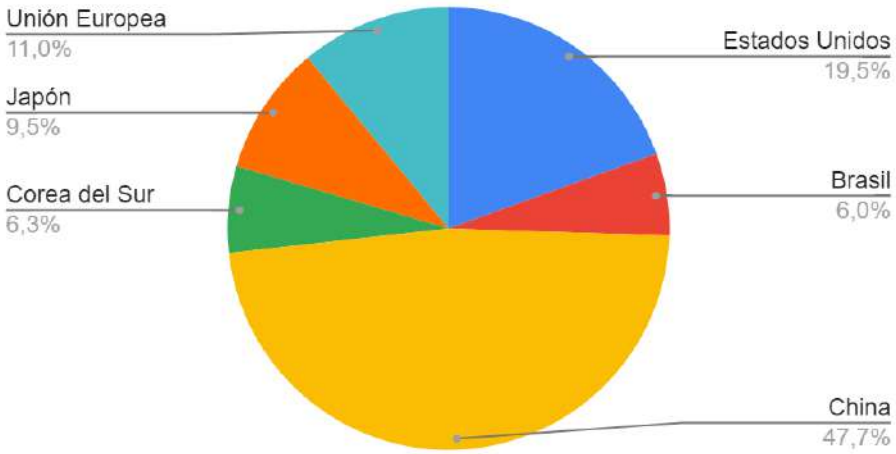
Cuadro 3. Exportación de bienes por destino geográfico en millones de US (FOB) (2017-2021).

Países	2017	2018	2019	2020	2021
China	18.864	24.879	22.147	28.685	36.524
Estados Unidos	9.989	10.355	9.585	9.786	14.933
Unión Europea	8.655	8.572	7.194	7.025	8.414
Japón	6.352	6.856	6.226	6.624	7.238
Corea del Sur	4.245	4.288	4.494	4.183	4.826
Brasil	3.420	3.327	3.112	3.082	4.582

Fuente: Banco Central de Chile, 2022a.

Actualmente, China se configura como el principal importador de productos chilenos (**Ver Figura 5**), representando el 47,7% de las exportaciones nacionales. En segundo lugar, se encuentra Estados Unidos con un 19,5% y en tercer lugar le sigue la Unión Europea con un 11%.

Figura 5. Exportaciones chilenas según principales destinos, 2021.

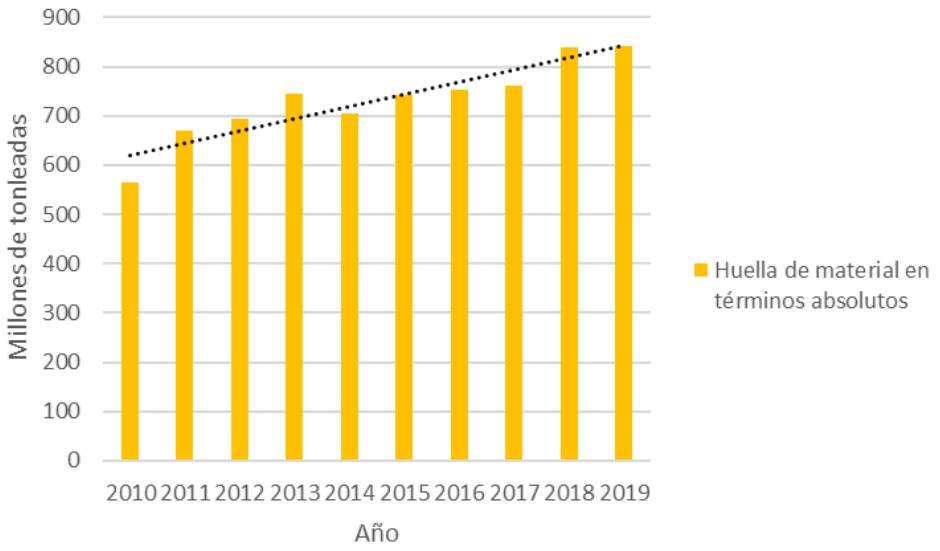


Fuente: Banco Central de Chile, 2022a.

Cambiando de arista, para el periodo 2010-2019, se observa una tendencia al alza en la cantidad de materias primas requeridas para producir los bienes utilizados en las actividades económicas-productivas (**Ver Figura 6**). En 2010, la huella de material era de 564 millones de toneladas, cifra que aumentaría a los 744 millones de toneladas para 2013. Al año siguiente, se produjo una leve disminución (705 millones de toneladas), no obstante, desde el año 2015 en

adelante se registra un crecimiento continuo de la huella de material alcanzando un máximo de 843 millones de toneladas utilizadas para el año 2019.

Figura 6. Huella de material en términos absolutos, periodo 2010-2019.



Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio del Medio Ambiente, 2022.

En síntesis, a excepción de la crisis actual derivada del COVID-19, las últimas décadas han sido exitosas en términos macroeconómicos, no obstante, este crecimiento ha estado acompañado de una alta dependencia de los mercados externos, de una reducción insuficiente de las desigualdades socioeconómicas, a la par que se ha generado un aumento de la presión sobre el ambiente físico, que se ha traducido en un deterioro del patrimonio natural. Los resultados ambientales del desarrollo económico han sido evidentemente dañinos. Por un lado, una mayor amenaza sobre los ecosistemas, convertidos éstos nuevamente en el motor de la inserción internacional de la economía, y, por otro lado, un Estado que sigue careciendo de un rol protagónico en la fiscalización ambiental.

3.2. LOS SECTORES PRODUCTIVOS

Para el presente informe, los principales sectores productivos del país, entre ellos, la minería, el sector silvoagropecuario, industrial y turístico, se consideran como macropresiones que influyen en el estado del medio ambiente y la naturaleza, debido a los impactos que producen sobre los ecosistemas y todas las formas de vida presentes en ellos. Además, estos sectores corresponden a los motores de la economía nacional tanto en el presente y futuro, de modo que su influencia es posible proyectarla en el tiempo y evaluar su injerencia en las temáticas de interés.

3.2.1. Minería

En los últimos años el peso de la minería en el PIB nacional sigue manteniendo su relevancia, especialmente la minería del cobre. A pesar de los eventos nacionales e internacionales que han golpeado la economía nacional, el PIB minero presenta un aumento sostenido en los últimos tres años, alcanzando para el año 2021 el 14,56% del PIB nacional, siendo la explotación del cobre representante de más de un 90% del PIB minero (**Ver Cuadro 4**).

Los impuestos declarados por las grandes empresas mineras se han duplicado desde 2019. Al año 2022, los impuestos declarados por estas empresas alcanzaron los 3.321 millones de dólares, lo que implica un aumento de un 125,9% en comparación al año anterior (Servicio de Impuestos Internos [SII], 2022). El aumento del precio del cobre afectó positivamente a la industria, derivando en un crecimiento de 105,9% para la minería privada, respecto al año 2021. Asimismo, la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) presentó un crecimiento anual de un 313,4%, cuyos ingresos equivalieron a un 1,8% del PIB nacional (Dirección de Presupuestos, 2022).

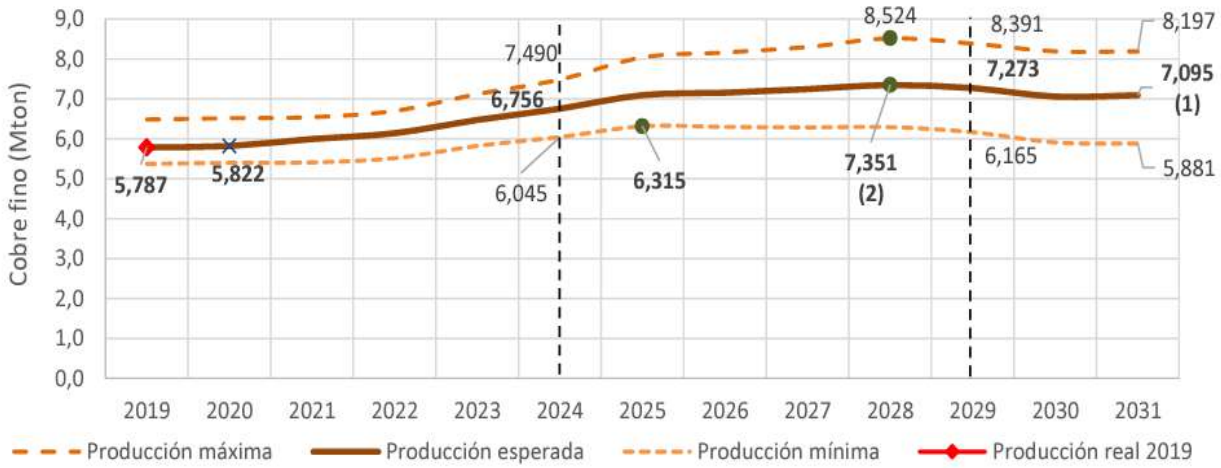
Cuadro 4. PIB de la Minería Nacional y del Cobre 2017- 2021 (Precios corrientes, series empalmadas en miles de millones de pesos).

	2017	2018	2019	2020	2021
PIB Minería	16.096	16.825	16.130	23.628	35.030
PIB Cobre	14.430	14.972	14.341	21.305	31.948
% PIB Cobre/ PIB Nacional	8,05	7,90	7,32	10,63	13,28
% PIB Minero/ PIB Nacional	8,98	8,88	8,24	11,79	14,56
PIB Nacional (Precios corrientes)	179.315	189.435	195.816	200.344	240.633

Fuente: Banco Central de Chile, 2022b.

Tal como se observa en la **Figura 7**, se espera que la producción del cobre mina supere los 7 millones de toneladas anuales para el año 2025, manteniéndose así hasta el año 2035. En cuanto a métodos de extracción, se espera que la extracción subterránea presente un aumento de un 40% al 2031, sin embargo, el método de rajo abierto seguirá predominando a nivel nacional manteniéndose sobre 80% (Comisión Chilena del Cobre, 2020a).

Figura 7. Proyección producción de cobre mina a nivel nacional 2020-2031.



Fuente: Comisión Chilena del Cobre, 2020a.

La minería del cobre representó el 13,7% de la energía total consumida a nivel país en 2019 y actualmente el 20% del agua que utiliza proviene de tratamientos desalinizadores, proporción que se espera continúe aumentando debido a la inversión en tecnología desalinizadora por parte de las mineras (MMA, 2021; Consejo de Políticas de Infraestructura, 2019). La actividad de las plantas desalinizadoras hasta la fecha no presenta normativa legal que la regule (Saa, 2022), demostrando que los procesos mineros aún presentan grandes desafíos tanto a nivel energético como hídrico.

Desde el punto de vista medioambiental, la explotación minera sigue presentando grandes falencias, siendo recurrentes las multas a empresas mineras por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), repitiéndose causales graves de daño ambiental no susceptible a reparación por: extracción sobre los límites establecidos, extracción ilegal en lugares no autorizados, inexistencia de planes de seguimiento de flora y fauna, mala gestión de residuos, entre otros (SNIFA, 2022). Prácticas inadecuadas que ponen en riesgo la biodiversidad y los servicios que

provee, además de la calidad de vida de las personas que habitan territorios cercanos.

En cuanto a la minería del litio, en los últimos tres años ha tenido un aumento sostenido en las exportaciones, llegando en el año 2021 a 885 millones de dólares (FOB) cómo se puede ver en el **Cuadro 5**. La progresiva sustitución de combustibles fósiles por energías limpias ha influido en el aumento sostenido de la demanda del litio. El requerimiento de baterías destinadas a vehículos eléctricos se ha convertido en el principal motor de alza en la demanda de litio a nivel mundial, esperándose para el año 2023 y 2030, una demanda de 303 kt y 1.416 kt respectivamente, sólo para el uso de baterías destinadas a electromovilidad (Comisión Chilena del Cobre, 2020b).

Chile contiene el 51% de las reservas de litio a nivel mundial, seguido por Australia y Argentina con un 16% y 10% respectivamente, siendo el Salar de Atacama el mayor reservorio de litio en forma acuífera a nivel mundial. Aportando en 2019 el 65% de la producción de litio a partir de salmueras, satisfaciendo así el 29% de la oferta mundial (Comisión Chilena del Cobre, 2020b).

El proceso extractivo del litio en el país, tiene muchos desafíos medioambientales por resolver, partiendo por el correcto cumplimiento de la normativa por parte de las empresas, las cuales han incurrido en reiteradas infracciones graves como extracción sobre los límites permitidos, afectación de flora y fauna sin medidas de control y mitigación, alteración del balance hidrogeológico, entre otras. Por ello es necesario que los procesos extractivos de litio busquen reducir sus impactos negativos y contar con procesos ecológicamente más estrictos. , sobre todo debido a la fragilidad de los ecosistemas salares y al aumento esperado en la demanda sobre el mineral (Poveda, 2020).

Cuadro 5. Exportaciones anuales de Carbonato de litio (2017-2021).

AÑO	Exportaciones en millones de dólares (FOB)
2017	694
2018	952
2019	767
2020	618
2021	885

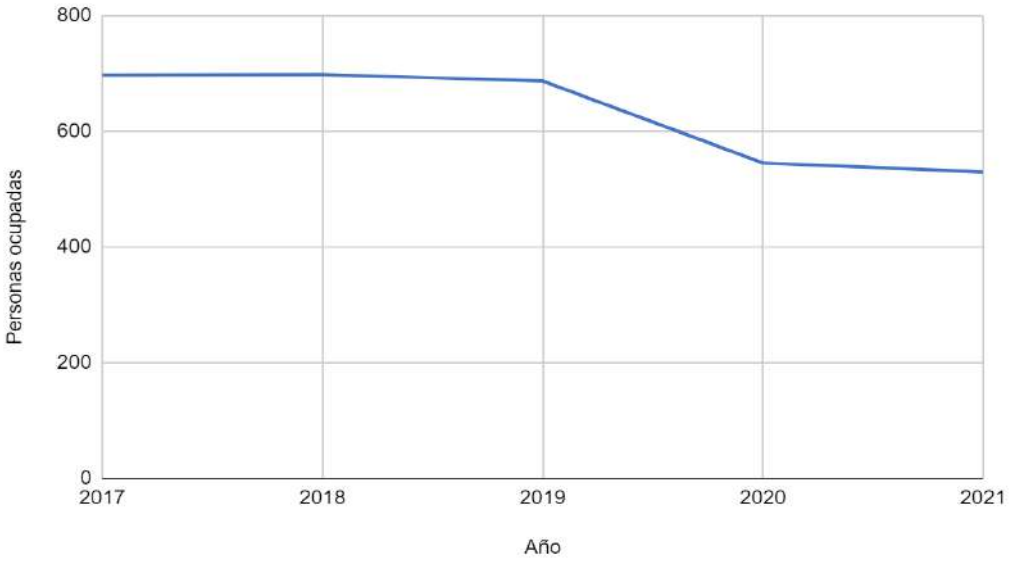
Fuente: Banco Central de Chile, 2022c.

3.2.2. Sector silvoagropecuario

El sector silvoagropecuario mantiene un crecimiento sostenido desde el año 2019, llegando en 2021 a presentar un PIB de 6.192 millones de pesos, representando

así un 3,08% del PIB nacional (Banco Central de Chile, 2022d), constituyéndose como uno de los sectores más relevantes en la economía nacional, aportando fuertemente al empleo a lo largo del país. Sin embargo, como se puede ver en la **Figura 8**, la pandemia tuvo grandes repercusiones en los puestos laborales provistos por el sector, significando una pérdida de 167 mil empleos entre 2019 y 2021.

Figura 8. Personas ocupadas en Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca promedio anual 2017-2021 (Miles de personas).



Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por INE, 2022.

En el año 2021 se realizó un nuevo Censo Nacional Agropecuario y Forestal (CAF) después de catorce años, lo que permitió actualizar los datos del sector silvoagropecuario. En cuanto a las unidades productivas agropecuarias a nivel país, en el año agrícola 2020-2021, se obtuvo que la mayor cantidad de ingresos fue provista por la actividad ganadera, seguida del sector frutal y forestal.

Chile ocupa el primer lugar en el ranking mundial de exportaciones en productos como uva, cereza y arándanos frescos, además de celulosa cruda de coníferas (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA], 2017). Como se puede ver en el **Cuadro 6**, las exportaciones frutícolas son el motor más importante del sector, correspondiendo al 90% de las exportaciones silvoagropecuarias totales para el 2021, destacando en particular la exportación de cereza que alcanzó los 1.683 millones de dólares.

Cuadro 6. Exportaciones de bienes silvoagropecuarios (millones de dólares FOB).

Sector	2017	2018	2019	2020	2021
Frutícola	5.019,37	5.733,77	6.103,08	5.742,26	5.914,83
Otros agropecuarios	541,96	585,10	539,49	534,60	558,22
Silvícola	40,76	55,20	63,24	42,97	53,66
Total	5.602,10	6.374,06	6.705,80	6.319,83	6.526,71

Fuente: Banco Central de Chile, 2022c.

En cuanto a la industria silvícola, la demanda maderera sigue aumentando, presionando el crecimiento de la industria y con ello la continua plantación de especies exóticas como pino y eucalipto (Cardemil, 2021). Las proyecciones para la industria al año 2030 sugieren un proceso de estabilización en la disponibilidad de madera producto de plantaciones, lo que determinará inversiones en el sector concentradas en la generación de pulpa química y aprovechamiento energético de residuos, generando procesos de aumento de productividad de las plantaciones disponibles y certificación de manejo forestal sustentable para dar cumplimiento a estándares e instrumentos de fomento (ODEPA, 2017).

Los incendios forestales ocurridos en 2016/2017 y su conexión con el cambio climático, provocaron un proceso de cambio en la industria forestal, lo cual podría afectar las proyecciones mencionadas, debido a la necesidad de un acelerado cambio en la estructura del modelo de desarrollo que dé cumplimiento a las demandas de la industria como también a los desafíos y compromisos medioambientales suscritos por el país, donde juega un rol fundamental el bosque nativo (ODEPA, 2017).

La vulnerabilidad del bosque nativo continúa siendo una gran y compleja problemática, donde convergen factores como la pérdida de bosque debido a la sustitución por plantaciones forestales, cambio de uso de suelo, pérdida por incendios forestales, extracción de leña, agricultura y ganadería intensiva, entre otros, los cuales derivan en procesos erosivos, de fragmentación y deforestación que ponen en riesgo la permanencia del bosque nativo, la diversidad biológica que sustentan como también los servicios que provee (Otavo y Echeverría, 2017; Fuentealba *et al*., 2021; Müller-Using *et al*., 2021).

Por otro lado, para mantener la relevancia del país en cuanto a las exportaciones, las proyecciones del sector agropecuario apuntan a la ampliación y búsqueda de nuevos mercados, elemento que marcará aún más el tipo de producción agrícola chileno de tipo intensivo y presentará importantes necesidades y desafíos en cuanto a la sostenibilidad de los procesos productivos, su adaptación al cambio climático y su relación con el entorno social (ODEPA, 2017).

3.2.3. Sector pesquero

El sector pesquero presentó un crecimiento sostenido entre 2016 y 2019, logrando en 2019 alcanzar aportes al PIB similares al *peak* histórico alcanzado en 2012. En los últimos dos años el sector presentó un decrecimiento importante coincidente con la pandemia COVID-19, cerrando 2021 con un aporte al PIB cercano al 0,63% (Banco Central de Chile, 2022c) (**Ver Cuadro 7**).

Cuadro 7. PIB Sector Pesca, precios año anterior encadenado, series empalmadas (miles de millones de pesos).

AÑO	2017	2018	2019	2020	2021
PIB Pesca	1.298,15	1.390,15	1.398,15	1.195,86	1.256,59
% anual de incremento	30,71	7,09	0,58	-14,5	5,08

Fuente: Banco Central de Chile, 2022b.

El año 2018 Chile se posicionó como una potencia exportadora de pescado y productos pesqueros, aportando un 4% a las exportaciones a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO], 2020). Como se puede ver en el **Cuadro 8**, las exportaciones del sector pesquero también decayeron fuertemente en el año 2020 logrando repuntar en 2021 alcanzando los 6.235 millones de dólares, variación de un 16,65% con respecto al 2020. Desde el año 2010, las exportaciones del sector han crecido en un 120% (Banco Central de Chile, 2022c), significando un aumento en la presión no sólo sobre él sobre el ecosistema marino si no también el de lagos, fiordos y canales debido a la actividad acuícola.

Cuadro 8. Exportaciones Sector Pesca (miles de millones de dólares FOB).

AÑO	2017	2018	2019	2020	2021
Exportaciones Sector Pesca	5.586,29	6.285,83	6.110,42	5.345,57	6.235,51
% de variación	17,92	12,52	-2,79	-12,52	16,65

Fuente: Banco Central de Chile, 2022c.

Presión que no se espera disminuya aun cuando el 70% de los recursos pesqueros extraídos en el país están en estado de sobreexplotación o colapso, situación que se perpetúa en los últimos 10 años y que de mantenerse puede significar pérdidas en el mercado internacional (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2020). Dicho escenario plantea la necesidad de aumentar el valor agregado de los productos pesqueros mediante la utilización de prácticas sostenibles.

En cuanto a la acuicultura, Chile junto a Noruega son los principales proveedores a nivel mundial de salmones, contribuyendo fuertemente a la economía de la zona sur del país. Sin embargo, la industria salmonera presenta variadas externalidades negativas, dentro de ellas la invasión de zonas pesqueras

tradicionales, el escape de salmones y la contaminación por químicos y desechos orgánicos que se esparcen y reducen la productividad en las cercanías, entre otras (Albers *et al*., 2021; Ministerio de Relaciones Exteriores, 2020). Además, siendo el salmón una especie exótica, su escape e introducción en ríos y lagos de agua presenta una fuerte amenaza para las especies nativas (Habit *et al*., 2021).

En los últimos años, se han vuelto regulares los episodios de marea roja en la zona sur del país, afectando especialmente a productores establecidos en la Isla Grande de Chiloé. Afloración excesiva de algas producto a un aumento en la radiación solar, la temperatura y nutrientes, condicionantes que pueden estar ligados además a procesos de eutrofización. El fenómeno del Niño y el cambio climático se suman a su vez como causales de estos eventos, debido a lo cual pueden esperarse sean cada vez más frecuentes y extensos (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2020, Sierra-Beltrán, 2004; Gobler, 2020; Tewari, 2022).

3.2.4. Sector industrial

Después de unos años inestables, el PIB del sector industrial presentó para el año 2021 su valor más alto en la última década, alcanzando los 18.794 millones de pesos, significando el 9,4% del PIB nacional (Banco Central de Chile, 2022d). Como se puede ver en el **Cuadro 9**, las exportaciones del sector alcanzaron su máximo en 2021, cerrando el 2021 con exportaciones equivalentes a 29.406 millones de dólares, entre las cuales se destaca la exportación de alimentos, productos químicos y celulosa, papel y otros. Demostrando que la industria sigue moviéndose fuertemente en torno a los recursos naturales y sus derivados industrializados.

El sector industrial sigue generando problemas ambientales por incumplimiento de las normativas, lo que se refleja en los numerosos procesos sancionatorios por emisiones sobre la norma de material particulado, ruido, sólidos y coliformes fecales y otros contaminantes, además del incumplimiento de programas de monitoreo, problemáticas transversales presentes en las agroindustrias, instalación fabril e industria forestal[2]. Dichas faltas ponen en riesgo la salud y calidad de vida de las personas, además de repercutir directamente en la flora y fauna propia de la zona.

[2] Los datos señalados respecto al incumplimiento de normativa ambiental se fundamentan en una revisión de los datos provistos por el portal del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) en el Registro Público de Sanciones, el cual recoge las sanciones por incumplimiento de normativa aplicadas por la Superintendencia De Medio Ambiente. https://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico

Cuadro 9. Exportaciones de bienes sector industrial (millones de dólares FOB).

AÑO	2017	2018	2019	2020	2021
Exportaciones Sector Industrial	26.026,99	29.203,85	26.618,08	25.189,17	29.406,64
Alimentos	8.948,49	10.127,83	9.949,94	9.618,50	10.703,60
Bebidas y tabaco	2.389,96	2.319,04	2.228,04	2.081,43	2.155,01
Forestal y muebles de madera	2.255,62	2.620,75	2.355,21	2.227,48	2.672,07
Celulosa, papel y otros	3.219,09	4.250,33	3.228,62	2.673,54	3.297,69
Productos químicos	4.652,81	5.405,02	5.127,66	4.725,04	6.067,50
Industria metálica básica	674,45	839,71	606,21	531,09	1.106,83
Productos metálicos, maquinaria y equipos	2.546,51	2.351,11	2.054,65	2.506,13	2.411,16
Otros productos industriales	1.340,05	1.290,07	1.067,75	825,97	992,79
Variación anual %.	7,60	12,21	-8,85	-5,37	16,74

Fuente: Banco Central de Chile, 2022c.

3.2.5. Sector turístico

El PIB asociado al sector turístico presentó un aumento sostenido desde el año 2013 hasta el 2019 (**Ver Cuadro 10**), donde llegó a 6.489 millones de pesos gracias a esfuerzos administrativos, apoyo a agencias de viajes y tours, además del aporte del rubro gastronómico y hotelero. También ha influido en el turismo el ingreso de nuevas aerolíneas, permitiendo una mayor movilización de turistas tanto nacionales como internacionales a lo largo del territorio nacional (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2021).

Cuadro 10. Evolución PIB turístico nominal, total nacional, período 2013-2019.

AÑO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Miles de millones	4.307	4.594	5.390	6.147	6.348	6.244	6.489
Variación anual %		6,7	17,3	14	3,3	-1,6	3,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por la Subsecretaría de Turismo, 2019.

Gran parte del turismo nacional se encuentra asociado a visitas a sectores turísticos como parques, reservas, áreas protegidas y monumentos nacionales a lo largo del país, las cuales fueron muy numerosas entre 2017 y 2019, llegando a más de tres millones y medio de visitantes. Sin embargo, debido a la pandemia, el turismo asociado a ellos presentó una fuerte disminución para los años 2020 y 2021, perdiendo más de 2 millones de visitantes en 2020 (**Ver Cuadro 11**). La pandemia significó una disminución del ingreso de turistas internacionales del 75,1% para el año 2020, esperando se recuperen los niveles de flujo de turistas a tiempos pre-pandémicos recién en 2023 (Subsecretaria de Turismo y Servicio Nacional de Turismo, 2021).

Cuadro 11. Visitas de turistas a Parques, Reservas, Áreas protegidas y Monumentos nacionales por región, periodo 2017-2021.

AÑO	2017	2018	2019	2020	2021
Región de Arica y Parinacota	15.523	14.837	13.360	4.901	5.406
Región de Tarapacá	11.310	19.595	12.179	2.688	3.215
Región de Antofagasta	681.962	803.224	711.335	125.988	95.424
Región de Atacama	22.093	20.699	21.752	12.760	9.008

Región de Coquimbo	72.218	103.473	96.745	42.574	29.777
Región de Valparaíso	169.385	132.905	115.238	28.493	51.903
Región Metropolitana	60.444	81.843	73.007	13.684	34.993
Región del Libertador Gral Bernardo O'Higgins	25.392	33.137	36.310	8.298	17.414
Región del Maule	76.353	156.042	165.710	62.565	101.143
Región de Ñuble	4.737	6.732	8.101	6.951	4.139
Región del Biobío	96.002	113.598	142.303	24.571	117.200
Región de La Araucanía	405.973	491.218	535.992	254.557	508.329
Región de los Ríos	8.289	9.892	14.231	12.399	14.216
Región de los Lagos	758.979	770.725	870.726	437.457	493.886
Región de Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	108.984	110.514	146.930	92.199	53.344
Región de Magallanes y Antártica Chilena	501.788	544.546	559.528	277.081	157.753
Total nacional	3.019.432	3.412.980	3.523.447	1.407.166	1.697.150

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por la Subsecretaría de Turismo, 2022.

El aumento del turismo en Chile durante los últimos años (sin contar los años con pandemia), sin duda es un buen indicio para la industria turística, sin embargo, si esta actividad no se realiza de forma controlada y planificada, puede conllevar efectos negativos sobre la flora y fauna nativa al intervenir con infraestructura y numerosa cantidad de visitantes, especialmente en áreas protegidas, debido a su importancia ecológica tanto para Chile como para el planeta, exponiendo ecosistemas a incendios forestales, acumulación de basura, contaminación de aguas, erosión, entre otros (Rivas, 1998; Quinteros, 2021).

En lo que al turismo respecta, se vuelve necesario reforzar los esfuerzos en cuanto a educación de los visitantes, además de la mantención de las áreas y recuperación ecológica a modo de minimizar los impactos negativos sobre el medioambiente del turismo. Una iniciativa en esta línea es el recientemente creado pasaporte “Ruta de los Parques de la Patagonia”. Los turistas que deseen obtener este pasaporte, deberán asumir un rol de guardián de los Parques Nacionales de las regiones de los Lagos, Aysén y Magallanes, comprometiéndose a: 1) cuidar los ecosistemas pristiños; 2) apoyar el desarrollo de las comunidades; 3) respetar las costumbres locales y sus tradiciones; 4) planificar los viajes para disminuir la huella ecológica; 5) proteger la fauna silvestre; 6) respetar la paz de los parques; 7) caminar por los senderos habilitados; 8) acatar la prohibición del uso de fuego; 9) velar para que el resto de visitantes cumplan su compromiso; 10) respetar las indicaciones de las y los guardaparques (Fundación Rewilding Chile *et al*., 2022).

3.3. LA POBLACIÓN CHILENA Y EL FACTOR SOCIAL

La integración de diferentes fuerzas sociales, como la población, la distribución espacial, la equidad, y la gobernabilidad, permiten visualizar los principales desafíos y oportunidades para que la sociedad chilena alcance un desarrollo socio ambiental, económico y gubernamental sustentable.

La composición de la sociedad chilena es el primer elemento a considerar. Según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE)[3], la población chilena al año 2022 alcanzará las 19.828.563 personas, lo que implica un aumento de un 12,82% con respecto al año utilizado como base (2017).

De acuerdo con las mismas proyecciones, al año 2022 la región Metropolitana contará con 8.310.984 personas (41,91% del total nacional) y continuará siendo la región con mayor cantidad de población del país. En segundo lugar, se encuentra la región de Valparaíso, que alcanzará las 1.995.538 personas al año 2022 (10,06% del total nacional), lo que implica un crecimiento poblacional de un 9,89% respecto al año 2017. Le sigue en tercera posición, la región de Biobío, con 1.676.269 habitantes (8,45% del total nacional). Contrariamente, las regiones con un menor número de habitantes continuarán siendo Aysén, con 108.047 personas (0,54% del total nacional); Magallanes, con 181.143 personas (0,91% del total nacional), y Arica Parinacota, con 257.722 personas (1,29% del total nacional).

En las regiones Metropolitana, Valparaíso y Biobío, se encuentra el 61,86% de los habitantes del país. La elevada concentración poblacional en estas tres regiones continuará generando una alta presión ambiental en los ecosistemas y sobre todo en el espacio periurbano. El crecimiento económico, el aumento del consumo y el incremento poblacional implican un deterioro del medio ambiente. Respecto al año 2017, hay 2.254.560 nuevos habitantes en el país, los que demandan cada día por alimentos, por bienes de consumo, por expansión urbana, por segunda vivienda, lo que se traduce en un mayor uso de productos extraídos de la naturaleza, más residuos domésticos, más viajes, más uso de parques, áreas protegidas y espacios de recreación. Estas demandas se ven reflejadas en la problemática de los residuos sólidos a nivel nacional. De acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2021), entre el año 2015 y 2019, la generación de residuos sólidos en el país aumentó en un 8%, pasando de 18,3 a 19,7 millones de

[3] Las proyecciones del INE utilizan como base los datos del Censo de Población y Vivienda realizado el año 2017.

toneladas. Adicionalmente, del total de residuos sólidos domiciliarios generados el año 2019, solo el 0,9% fue enviado a algún tipo de valorización, lo que se traduce en una necesidad de mejorar la capacidad y perfeccionar los métodos para revalorizar los residuos en el país (MMA, 2021).

Junto al factor poblacional, la pobreza sigue constituyendo unos de los principales desafíos para tener una mayor sustentabilidad ambiental, esto se debe a que la necesidad de mayores recursos por parte de aquellas personas que viven en una situación de pobreza, puede aumentar la aceptación de la degradación y destrucción del medio ambiente como medio para alcanzar el desarrollo, aspecto que se visibiliza en comunidades que aceptan la instalación de plantas industriales que si bien les otorgan empleos, implican una degradación significativa del medio ambiente (Sánchez, 2019). En resumidas cuentas, el medioambiente puede incidir en la acción de tres tipos de problemas que crean o agravan la pobreza (Sánchez, 2019):

a. Reducción y/o agotamiento de la cantidad de los recursos naturales, los cuales permiten a las comunidades, hogares y personas de un territorio satisfacer sus necesidades básicas (ingresos económicos, alimentación, energía).

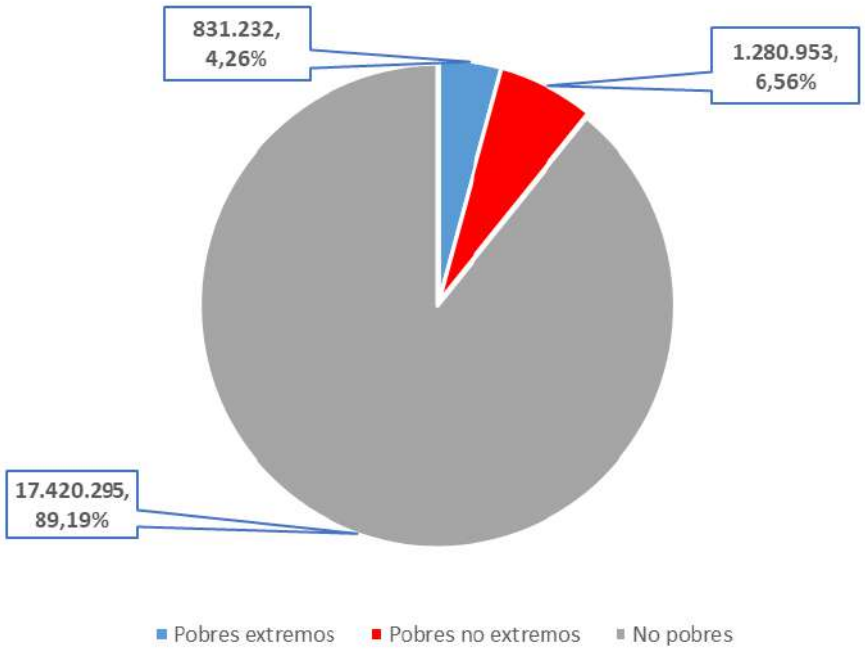
b. Impacto en la calidad de los recursos naturales, específicamente en el aire, el agua, el suelo, o cualquier otro elemento de la naturaleza que sea fundamental para la vida humana, lo que impacta en la salud de las personas y en sus medios de vida.

c. Desastres socionaturales, que a menudo modifican significativamente el funcionamiento normal de la sociedad.

Es por estas razones que la erradicación de la pobreza continúa siendo en Chile uno de los principales problemas a abordar en la agenda pública gubernamental.

Tal como se aprecia en la **Figura 9**, en Chile hay 2.112.185 personas categorizadas como pobres, las que equivalen al 10,81% de la población nacional. Entre las personas categorizadas como pobres, hay 1.280.953 habitantes (6,56% de la población nacional) que se les considera como “pobres no extremos”, mientras que son 831.232 las personas que se encuentran en situación de pobreza extrema (4,26% de la población nacional) (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

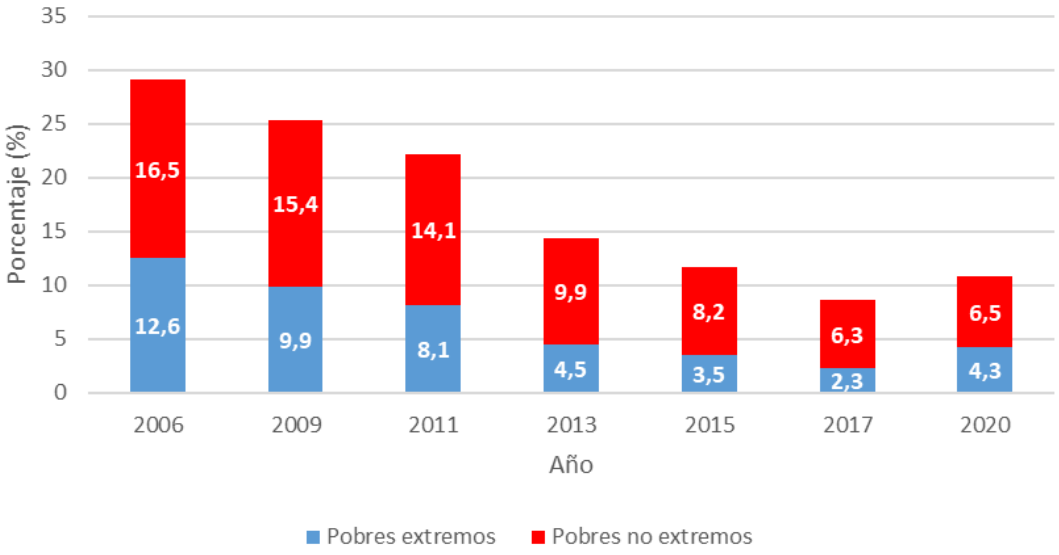
Figura 9. Distribución de personas según situación de pobreza por ingresos, año 2020.



Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021.

Entre los años 2006 y 2017, el porcentaje de personas en situación de pobreza pasó de un 29,1% a un 8,6%, sin embargo, este indicador vuelve aumentar al año 2020, alcanzando un 10,8%, tal como se mencionó en el párrafo precedente (**Ver Figura 10**). El aumento en la pobreza del país luego de más de una década de disminución, se asocia a los impactos generados por la crisis sanitaria de la COVID-19, la que obligó a las personas a realizar un prolongado confinamiento y a cerrar y/o suspender la realización de actividades comerciales como medidas para resguardar la salud de la población (INE, 2021).

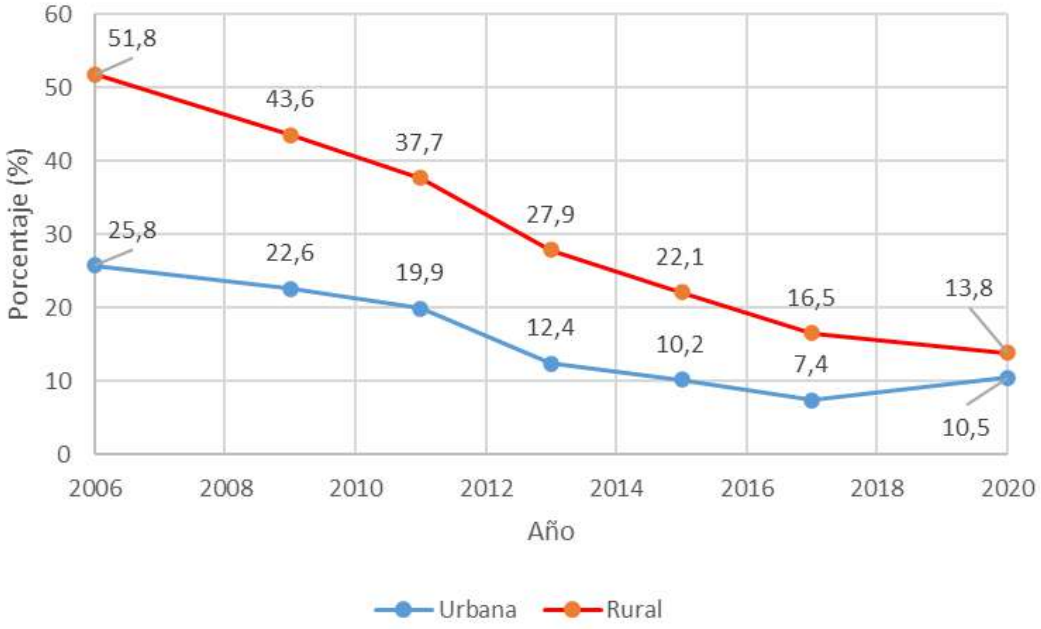
Figura 10. Personas en situación de pobreza y pobreza extrema por ingresos (2006-2020).



Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021.

Por otra parte, existen diferencias en la cantidad de personas en situación de pobreza según si se pertenece a una zona rural o urbana. Como se observa en la **Figura 11**, la pobreza en la zona rural es superior a la existente en la zona urbana a lo largo de todo el periodo 2006-2020, sin embargo, se constata que la diferencia entre una zona y otra se ha reducido de forma continua, al punto de que al año 2020, la pobreza en la zona rural es solo un 3,2% mayor a la existente en la zona urbana. También, es importante resaltar que entre el año 2017 y 2020, la pobreza en la zona rural disminuyó, mientras que en la zona urbana aumentó.

Figura 11. Porcentaje de personas en situación de pobreza para la zona urbana y rural, periodo 2006-2020.

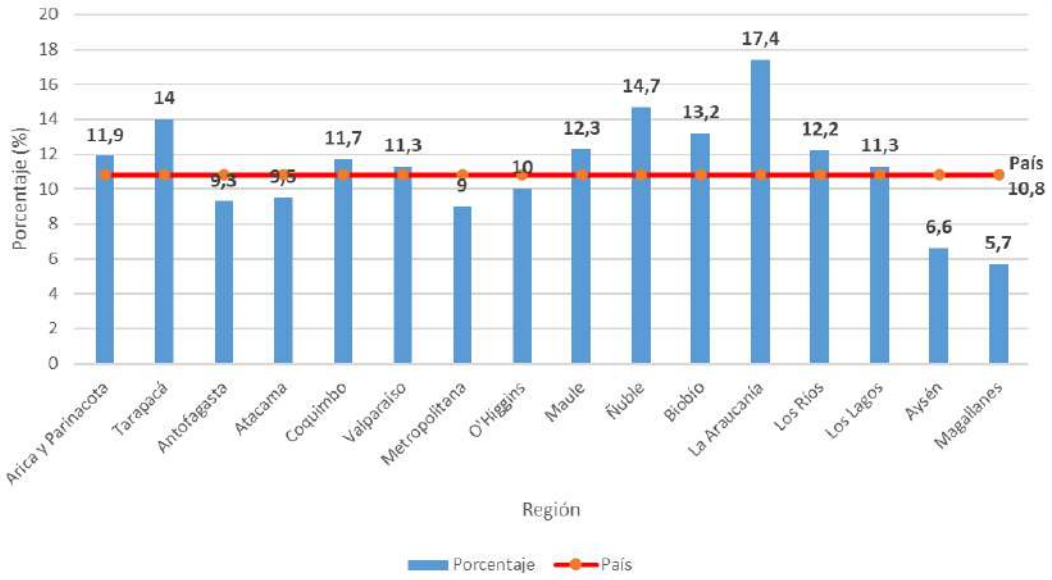


Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021.

A lo largo del país, también existen diferencias en el nivel de pobreza según la región del país (**Ver Figura 12**). De las 16 regiones que forman parte del país, hay 10 que se encuentran por sobre el promedio nacional de pobreza de un 10,8%. Las regiones que poseen el mayor porcentaje de pobreza continúan siendo La Araucanía y Ñuble (17,4% y 14,7% respectivamente), destacando que ambas regiones poseen un elevado porcentaje de población rural, mientras que las regiones con menos pobreza siguen siendo Aysén y Magallanes (6,6 y 5,7%).

Respecto a la región de La Araucanía, es importante resaltar que no solo es la región con mayor porcentaje de población en situación de pobreza a nivel nacional, sino que, también es la región con la mayor cantidad de personas que se identifican como parte de un pueblo indígena (principalmente del pueblo mapuche) (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

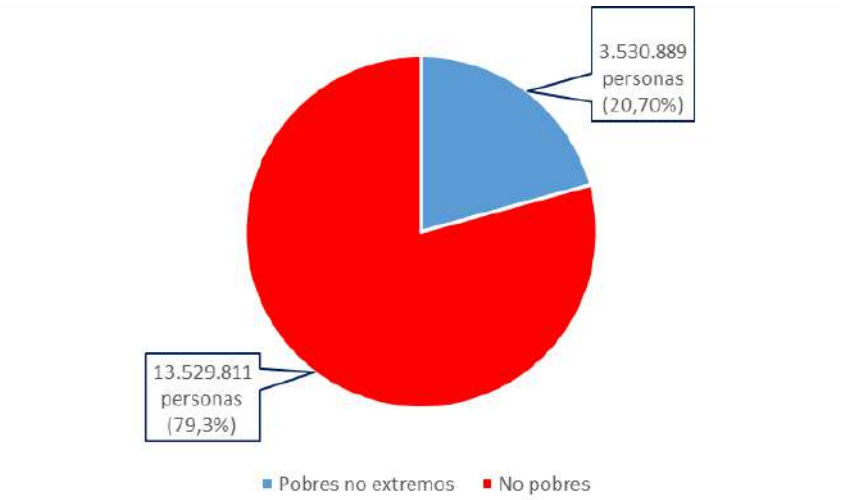
Figura 12. Personas en situación de pobreza por Región, año 2020.



Fuente: Elaboración propia, con base en el Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021.

Al momento de comparar el indicador de pobreza por ingresos con el índice de pobreza multidimensional, se observan diferencias considerables. A modo de ejemplo, al año 2017, el porcentaje de personas en situación de pobreza por ingresos era de un 8,6% cifra que aumenta a un 20,7% si se considera la pobreza multidimensional (**Ver Figura 13**).

Figura 13. Personas en situación de pobreza multidimensional, año 2017.



Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2017.

Es importante resaltar que la cifra de pobreza multidimensional, no fue posible actualizarla al año en curso, debido a que la última Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN), se efectuó en un contexto de pandemia por

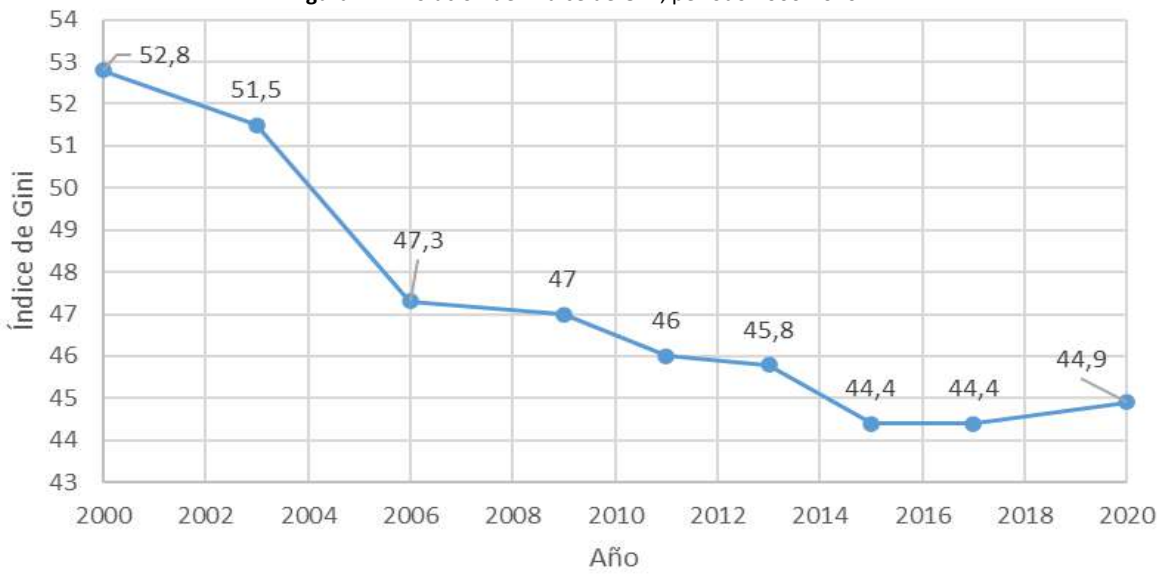
COVID-19, lo que implicó ajustes metodológicos que impidieron obtener la medida sintética de pobreza multidimensional (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

Un ejemplo concreto de la relación entre pobreza y contaminación ambiental en el país, se encuentra al comparar el índice de pobreza multidimensional y los niveles de contaminación atmosférica. De acuerdo con Huneeus et *al*. (2020), las comunas que poseen una mayor pobreza multidimensional se encuentran expuestas a 4,7 ug/m^3 más de material particulado que aquellas que cuentan con menores niveles de pobreza multidimensional.

Para el resguardo del medio ambiente, también, es importante tener en consideración como el entorno se puede ver afectado a partir de las desigualdades sociales. Tal como expone Sánchez (2019), una mayor desigualdad puede conducir a acciones irresponsables por parte de los actores públicos y aquellos privilegiados, lo que se traduce en deterioros medioambientales y potenciales crisis que impactan en el bienestar de comunidades, hogares y personas en una condición de pobreza y vulnerabilidad.

Según el Banco Mundial (2022g), entre el año 2000 y 2015 se produjo una reducción continua del Índice de Gini, pasando de 52,8 a 44,4, donde este último valor se mantendría hasta el año 2017. Sin embargo, el Índice de Gini volvió a registrar un leve aumento para el año 2020 (**Ver Figura 14**), al alcanzar el valor de 44,9, lo que, en efectos prácticos, significa que después de más de una década ha vuelto a crecer la desigualdad en el país.

Figura 14. Evolución del Índice de Gini, periodo 2000-2020.

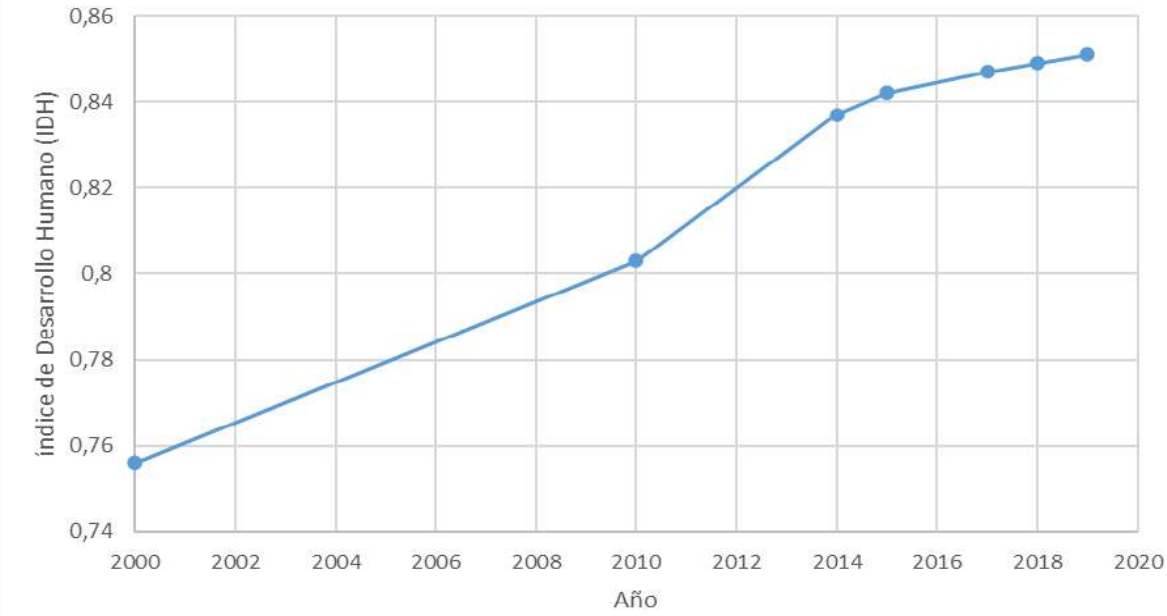


Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial, 2022.

Pese a que en las últimas décadas se ha producido una disminución de la desigualdad, Chile es el segundo país más desigual de los treinta y ocho miembros de la OCDE y el decimonoveno país más desigual del planeta (OCDE, 2022; Banco Mundial, 2022g).

Contradictoriamente, Chile posee un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de un 0,851, que le confiere el puesto número 43 del mundo entre los países con mayor desarrollo humano (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020). Tal como se visualiza en la **Figura 15**, entre el año 2000 y 2019 se ha producido un aumento en el Índice de Desarrollo Humano del país, pasando de 0,756 a 0,851.

Figura 15. Evolución del Índice de Desarrollo Humano, periodo 2000-2019.



Fuente: Elaboración propia en base a PNUD, 2020.

Desde el año 2020, el PNUD ha incluido en sus mediciones el Índice de Desarrollo Humano ajustado por las presiones planetarias (IDHP), el cual corresponde al "valor del IDH ajustado según el nivel de emisiones de dióxido de carbono y la huella material per cápita, con el fin de tener en cuenta las presiones humanas excesivas sobre el planeta". Al contemplar las presiones planetarias, Chile ve disminuido su IDH de 0,851 a 0,774 (reducción de 9% en comparación al IDH tradicional), no obstante, al realizar este ajuste el país aumenta su clasificación internacional en 14 posiciones (desde el puesto 43 al 29), pasando a estar entre los 30 países con mejor nivel de desarrollo.

En suma, dentro de las políticas gubernamentales para la erradicación de la pobreza, el principal desafío sigue siendo la distribución del ingreso y el fortalecimiento de un capital social que permita la participación de la sociedad desde los quintiles más grandes a los menores. Uno de los caminos más valorados para este desarrollo social de la población es la inclusión vinculante de la comunidad y el empoderamiento de la misma en los Gobiernos Locales.

3.4. EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, se reconoce como el principal desafío ambiental o macro presión del siglo XXI. Según, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), Chile es un país altamente vulnerable al Cambio Climático, ya que cuenta con: 1) zonas costeras bajas, 2) áreas áridas y semiáridas, y de bosques, 3) zonas propensas a los desastres naturales, 4) áreas expuestas a la sequía y a la desertificación, 5) zonas de alta contaminación atmosférica urbana, 6) ecosistemas montañosos como la cordillera de la Costa y de los Andes.

De acuerdo con el **Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) el cambio climático en Chile implicará,** a lo menos (2021): 1) reducción de las precipitaciones (líquidas y sólidas), 2) disminución de los caudales, 3) aumento de la demanda evaporativa, 4) sequía recurrente y prolongada, 5) caudales máximos que superarán los registros históricos (mayor riesgo de inundaciones), 6) mayor ocurrencia y severidad de incendios forestales, 7) disminución de la humedad del suelo, y fuera del rango de valores observados y reconstruidos en el último milenio, 8) disminución en la extensión y duración de la capa de nieve estacional, 9) aumento de la isoterma 0°C, 10) aumento de las temperaturas, 11) proceso de aridificación con una magnitud mayor a la observada en el último milenio, 12) cambios en la trayectoria de las tormentas, y 13) tendencia al enfriamiento de la costa chilena.

En las siguientes secciones se abordarán los principales fenómenos en Chile atribuibles al cambio climático, pronósticos del cambio climático basado en modelos, se detallarán los centros de estudios que abordan este fenómeno y se presentarán las principales acciones que tiene el Estado en esta área.

3.4.1. Fenómenos en Chile atribuibles al cambio climático

3.4.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas

Para las últimas décadas, las temperaturas extremas presentan anomalías que se pueden atribuir al cambio climático. Según el MMA (2022), para el periodo 1961-2020, el calentamiento o enfriamiento de un año respecto a lo normal (promedio 1961-1990) varía según la zona del país. Respecto al promedio nacional (**Ver Figura 16 y 17**), se observa una tendencia al alza, tanto de las temperaturas

máximas como mínimas, con diez años consecutivos con temperaturas sobre lo normal.

En lo que respecta a la Zona Norte Costera, compuesta por las ciudades de Arica, Iquique, Antofagasta y La Serena, se observa una marcada tendencia al alza de las temperaturas mínimas y una no tan clara tendencia a la disminución de las temperaturas mínimas, pero con enfriamiento en los últimos tres años.

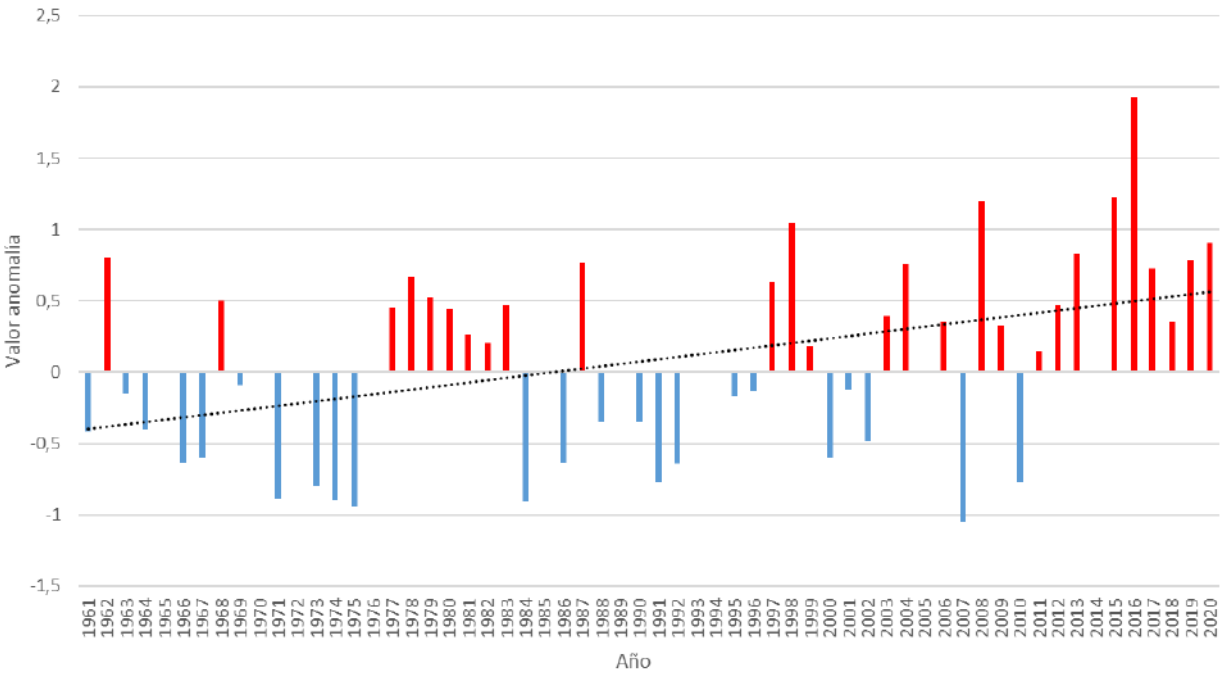
En cuanto a la Zona Central, compuesta por las ciudades de Valparaíso, Santiago, Curicó, Chillán y Concepción, se presenta una tendencia al alza de las temperaturas mínimas y máximas, con un calentamiento en los últimos diez años (2011-2020).

En la Zona Insular (Archipiélago Juan Fernández y Rapa Nui), no se observan patrones muy claros, la temperatura mínima de esta zona presenta una tendencia general al calentamiento y la máxima una tendencia al enfriamiento, no obstante, ambos casos presentan un enfriamiento para el año 2020.

La Zona Sur, que incluye las ciudades de Temuco, Osorno, Valdivia y Puerto Montt presenta una leve tendencia al calentamiento en las temperaturas mínimas y una marcada tendencia al calentamiento respecto a las temperaturas máximas. Según la Dirección Meteorológica de Chile (2022), en el año 2021 se produjo un récord de temperaturas máximas desde Futaleufú hasta la región de Magallanes, las que fueron 3° C mayor respecto a lo normal (periodo 1991-2020).

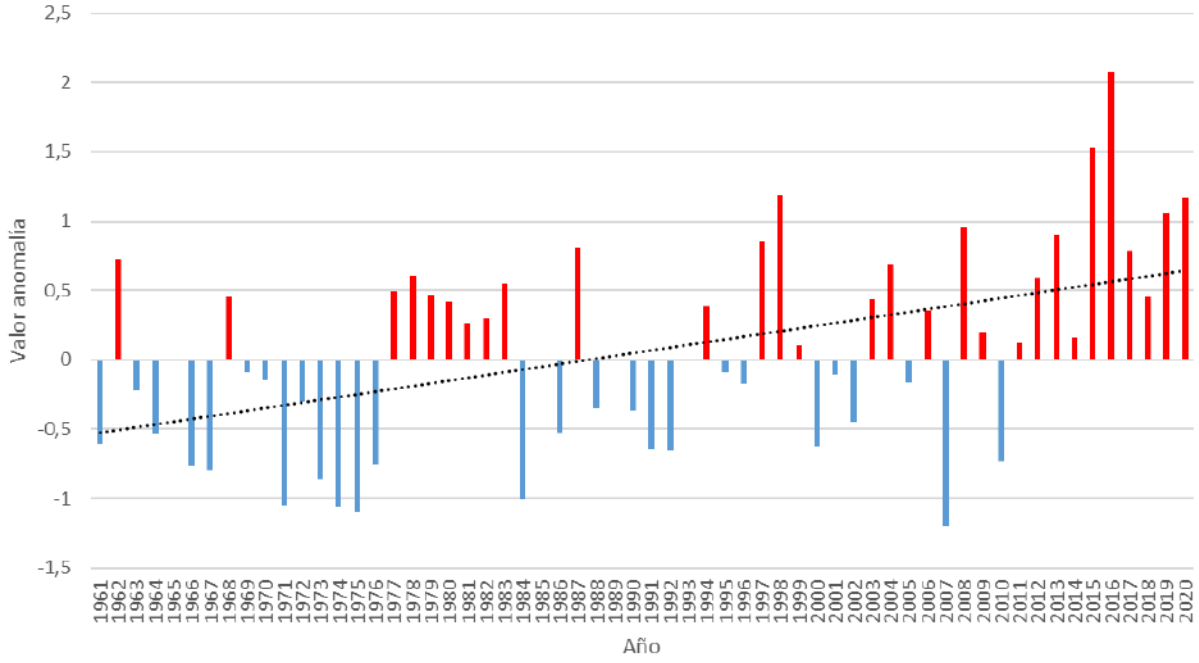
En la Zona Austral (Coyhaique, Balmaceda y Punta Arenas), al igual que en la Zona Sur, se presenta una leve tendencia al calentamiento en las temperaturas mínimas, sin embargo, se observa una marcada tendencia al alza de las temperaturas máximas, que han tenido anomalías positivas de forma consecutiva en los últimos diez años.

Figura 16. Anomalía de la T° mínima. Promedio nacional, periodo 1961-2020.



Fuente: Elaboración propia en base a MMA, 2021.

Figura 17. Anomalía de la T° Máxima, Promedio Nacional, período 1961-2020.



Fuente: Elaboración propia en base a MMA, 2021.

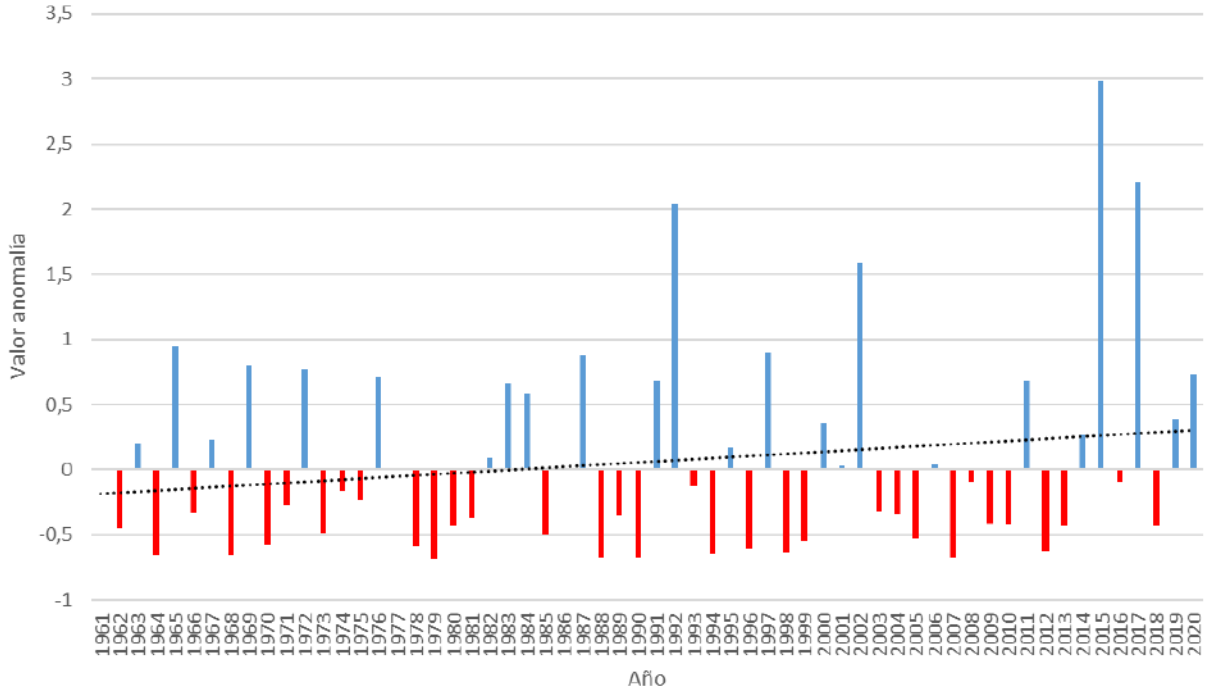
Nota: Las anomalías se calculan tomando como referencia el período 1961-90, considerado normal, expresado en unidades estandarizadas, para hacerlas comparables las distintas regiones. Para ello se dividen por la desviación estándar del mismo período. Las zonas son, Norte: Arica, Iquique, Antofagasta y La Serena; Centro: Valparaíso, Santiago, Curicó, Chillán y Concepción; Insular: Archipiélago

Juan Fernández y Rapa Nui; Sur: Temuco, Osorno, Valdivia y Puerto Montt; Austral: Coyhaique, Balmaceda y Punta Arenas.

3.4.1.2. Anomalías en las precipitaciones

Las anomalías[4] de las precipitaciones (desviaciones respecto al promedio de precipitaciones para el periodo 1961-2020) difieren entre las diferentes zonas del país. En el caso de la Zona Norte Costera (**Ver Figura 18**), se observa una leve tendencia al alza, siendo importante destacar que los años 2015 y 2017 se registraron las mayores precipitaciones del periodo 1961-2020 (MMA, 2021).

Figura 18. Anomalía de las precipitaciones, Zona Norte Costera, período 1961-2020.

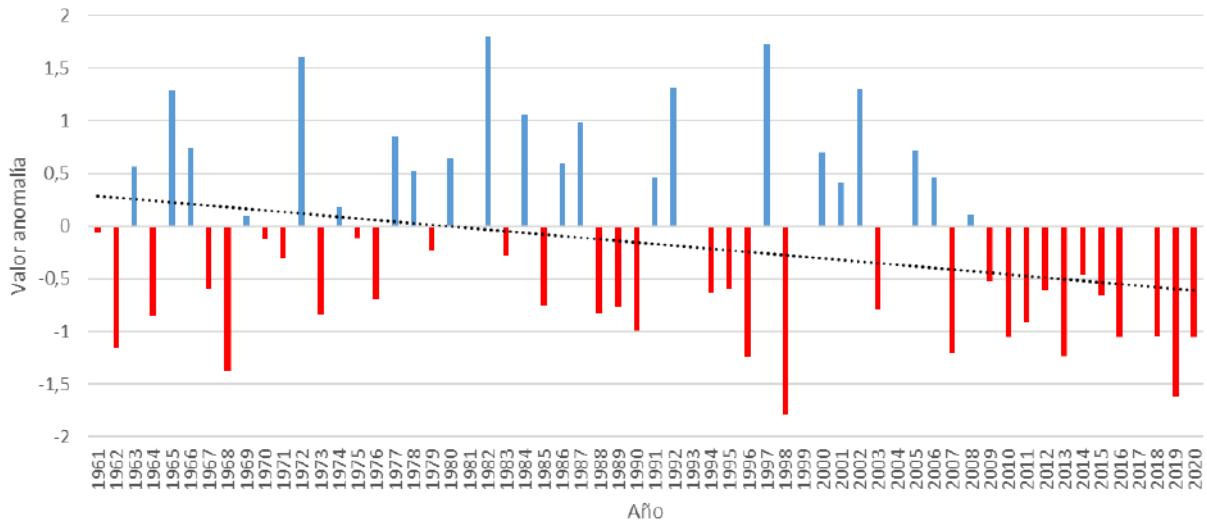


Fuente: Elaboración propia en base a MMA, 2021.

En lo que respecta a la Zona Centro (**Ver Figura 19**), se observa una tendencia a la disminución de las precipitaciones, siendo el año 2008 el último en registrar un año más lluvioso de lo normal. Es decir, desde el año 2009 en adelante solo se han registrado valores anuales de precipitaciones bajo lo normal (MMA, 2021).

Figura 19. Anomalía de las precipitaciones, Zona Centro, período 1961-2020.

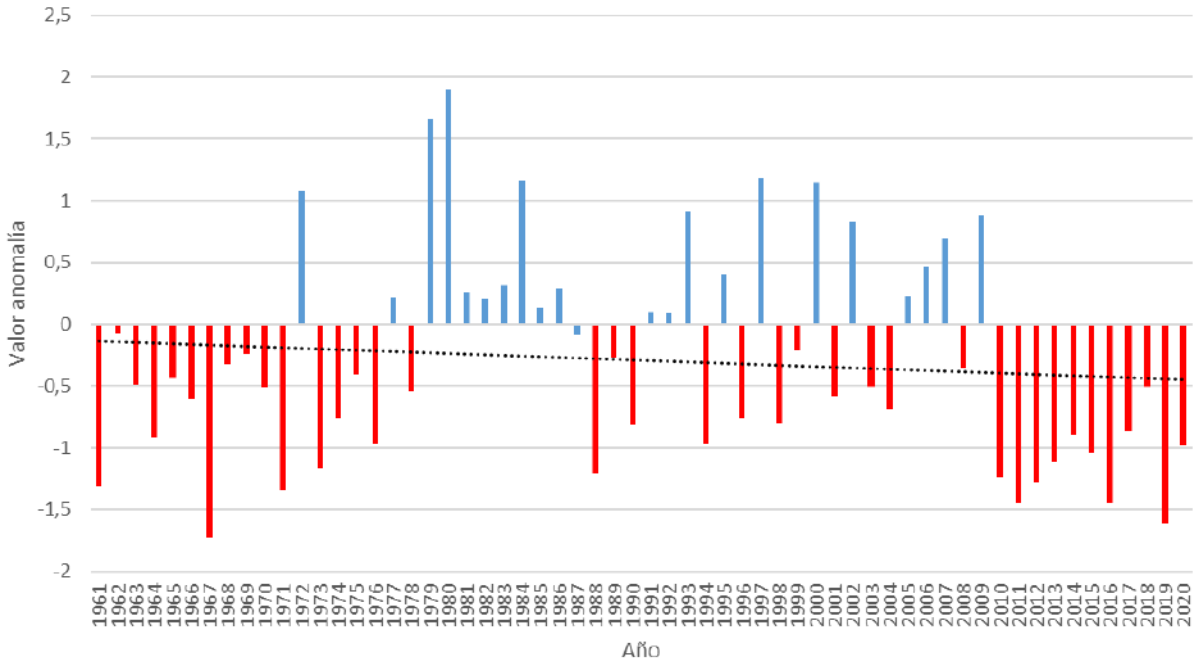
[4] Las anomalías se calculan tomando como referencia el período 1961-90, considerado normal, expresado en unidades estandarizadas, para hacerlas comparables a las distintas regiones. En los gráficos, las barras celestes representan años más lluviosos de lo normal, y las barras rojas años más secos de lo normal.



Fuente: Elaboración propia en base MMA, 2021.

Al igual que en la Zona Centro, en la Zona Insular (Archipiélago Juan Fernández y Rapa Nui), se observa (**Figura 20**) una tendencia a la disminución de las precipitaciones, siendo el año 2009 el último en registrar un monto de precipitaciones sobre lo normal (MMA, 2022).

Figura 20. Anomalía de las precipitaciones, Zona Insular, periodo 1961-2010.

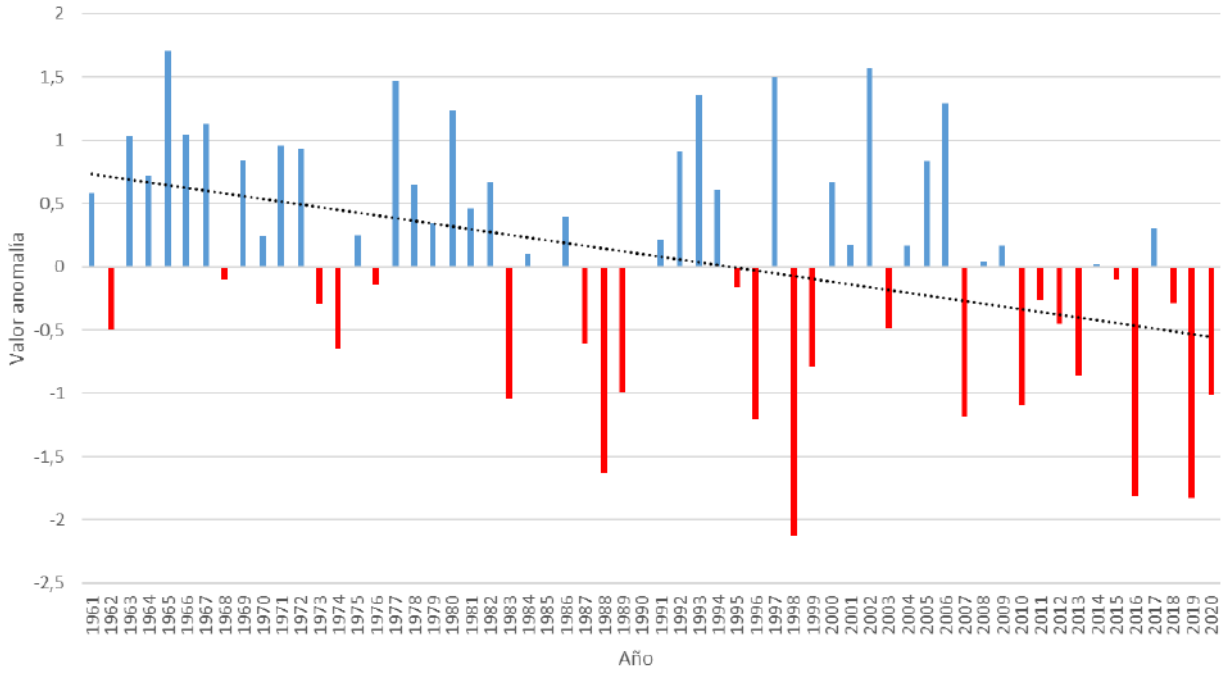


Fuente: Elaboración propia en base a MMA, 2021.

Respecto a la Zona Sur (**Ver Figura 21**), se observa una marcada tendencia a la disminución de las precipitaciones, aunque a diferencia de la Zona Insular y

Centro, en la última década hubo un año en el que se registraron precipitaciones sobre lo normal, correspondiente al año 2016.

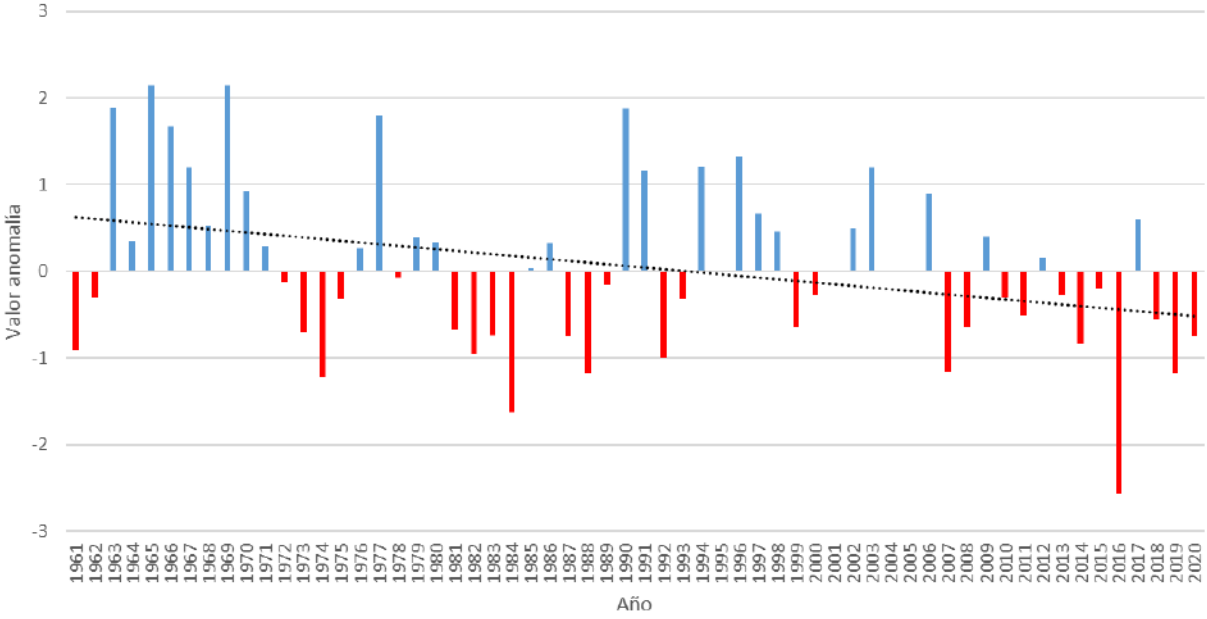
Figura 21. Anomalía de las precipitaciones, Zona Sur, periodo 1961-2020.



Fuente: Elaboración propia en base MMA, 2021.

En cuanto a la Zona Austral (**Ver Figura 22**), se observa una tendencia a la disminución de las precipitaciones no tan definida como en la zona Centro, Insular y Sur. En la última década (2011-2020), hubo dos años (2012 y 2017) con montos de precipitaciones sobre lo normal, mientras que los ocho restantes (2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019, 2020) el monto fue inferior a la media.

Figura 22. Anomalía de las precipitaciones, Zona Austral, periodo 1961-2020.



Fuente: Elaboración propia en base a MMA, 2021.

En síntesis, en cuatro de las cinco zonas del país analizadas (Zona Centro, Sur, Austral e Insular) se observa una tendencia a la disminución de las precipitaciones, a excepción de la Zona Norte Costera, en la que se visualiza una tendencia al alza.

3.4.1.3. Cambios en los regímenes de precipitaciones: Megasequía

El sexto reporte del IPCC reafirma lo expuesto en el 5to en cuanto a la situación vivida por California (Estados Unidos de América) y la zona centro sur de Chile, las cuales continúan experimentando notorias tendencias de disminución de precipitaciones (Castellanos *et al*., 2022). Situación de megasequía[5] que experimenta nuestro país desde el año 2010, tras el cual se han observado años secos consecutivamente, resultando en un decrecimiento de los niveles de agua en embalses, aguas subterráneas y capas de nieve (Garreaud *et al*., 2019).

Naturalmente, el fenómeno del Niño - Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) es el detonante de periodos de sequía alrededor del mundo (Vicente-Serrano *et al*., 2011), para el caso de Chile, este fenómeno contribuye a la variabilidad interanual de las precipitaciones, repercutiendo a su vez en los nevazones presentes en la Cordillera de los Andes (Saavedra, 2020).

[5] Se entiende como "megasequía" a una sequía cuya extensión temporal y territorial son extraordinarias en el registro histórico.

Particularmente, este fenómeno natural se caracteriza por alternar entre una fase[6] con temperaturas del océano Pacífico tropical más frías (La Niña) y otra con temperaturas más cálidas (El Niño) que el promedio de largo plazo (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, 2015).

Durante los años de la fase fría (La Niña), se producen alteraciones de la circulación atmosférica (debilitamiento de los vientos del oeste sobre Sudamérica y una intensificación del anticiclón del Pacífico), elementos que favorecen condiciones más secas que el promedio en la zona central del país. Contrariamente, durante la fase cálida (El Niño), se produce un aumento en las precipitaciones de dicha región (CR2, 2015). Sin embargo, a pesar de ello, la megasequía se ha dado en circunstancias donde las condiciones del fenómeno del Niño han sido mayormente neutrales (Garreaud *et al*., 2019).

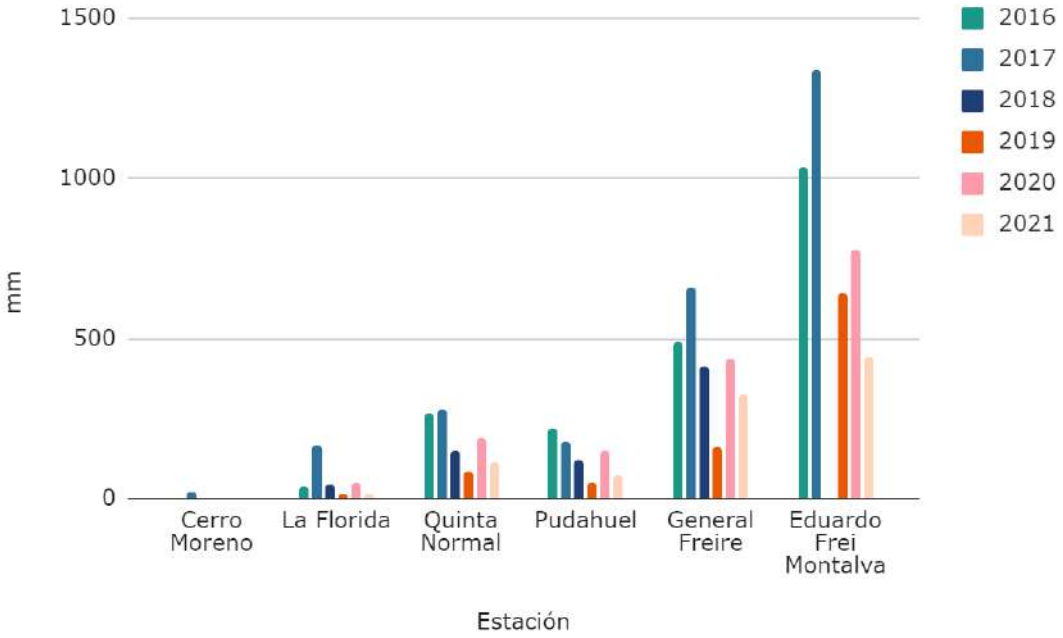
Otra oscilación climática que influye en la variabilidad climática, en menor medida que ENSO, es la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés), oscilación que afecta en mayor medida a la zona norte del país y cuyas repercusiones se pueden ver magnificadas al sincronizarse con periodos ENSO (Valdés-Pineda *et al*., 2018).

Además, del ENSO y la PDO, otro factor que agrava la sequía en el país es el agujero de ozono antártico[7]. Según Cordero *et al*. (2019), esto se debe a que el "enfriamiento estratosférico resultante del agujero de ozono sobre la Antártica favorece la fase positiva del Modo Anular del Sur (SAM) en el verano austral", fase que se vincula con un aumento de la presión atmosférica en latitudes medias y una disminución de ellas en latitudes altas, lo que produce cambios de "alcance hemisférico en la circulación atmosférica". De acuerdo con dichos autores, esta causa podría ser responsable de entre un 40 a un 80 % de la disminución de las precipitaciones observadas en el verano austral a lo largo de las últimas décadas en la zona centro-sur del país.

[6] Estas "fases" se presentan en forma cíclica, pero a intervalos de tiempo irregulares que fluctúan entre períodos de dos y diez años.

[7] Según Cordero et al. (2019) "el agujero de ozono es un fenómeno estacional de fuerte disminución en la concentración del ozono estratosférico sobre la Antártica y que ocurre, al menos, desde finales de los años setenta".

En cuanto al nivel de precipitaciones, como se puede observar en la **Figura 23 y Anexo 5**, a lo largo del país las estaciones que presentan una mayor variación negativa entre 2016 y 2021 fueron Cerro Moreno con -91%, seguida de Pudahuel con -65%, La Florida con -59%, Quinta Normal con -58%, Eduardo Frei Montalva con -57% y General Freire con -33%. Por otro lado, las estaciones que presentaron una variación histórica positiva fueron Chacalluta con un 400%, Teniente Vidal con



37%, Juan Fernández con 23% y Mataverí con 18%.

Figura 23. Precipitaciones anuales, según estación meteorológica 2016-2021.

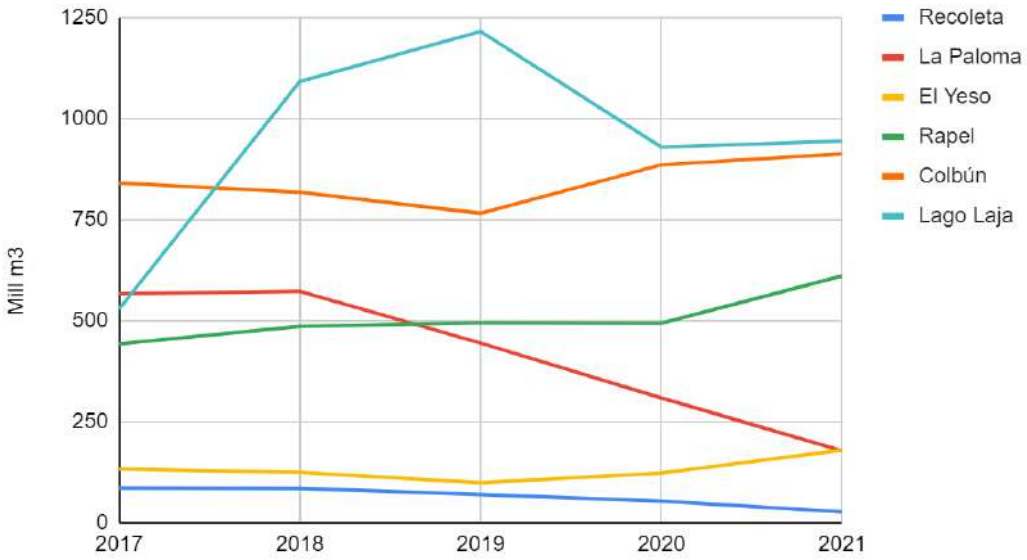
Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por INE y MeteoChile, 2022.

Se debe resaltar que la disminución de las precipitaciones en el país va asociada con un aumento de la temperatura, que es más notorio en la cordillera. A raíz de lo anterior, la nieve se tiende a derretir más temprano de lo esperado, produciéndose ríos caudalosos de forma temprana y notoriamente más secos en la época estival (Istúriz, 2018).

A grosso modo, el nivel de los embalses ha presentado una disminución tendencial en los últimos años para los meses de verano, llegando en enero de 2022 a niveles acumulados que no superan el 40% de la capacidad total, aun así, superando por un millón cuatrocientos mil metros cúbicos a la situación vivida en enero de 2021 (**Ver Anexo 6**). El embalse Peñuelas presentó déficit de un 98,6% y Aromos un 31,7%, situación crítica para la región de Valparaíso cuando ambos embalses están destinados al suministro de agua potable (Dirección General de

Aguas, 2022). En particular los embalses Recoleta y La Paloma registran disminuciones continuas. A diferencia de ellos, los embalses de Lago Laja, Colbún y El Yeso, cerraron el año 2021 con un nivel mayor al registrado en 2017 (**Ver Figura 24**).

Figura 24. Principales embalses y estado anual periodo 2017-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir del Pronóstico anual de caudales de deshielo DGA, 2021a.

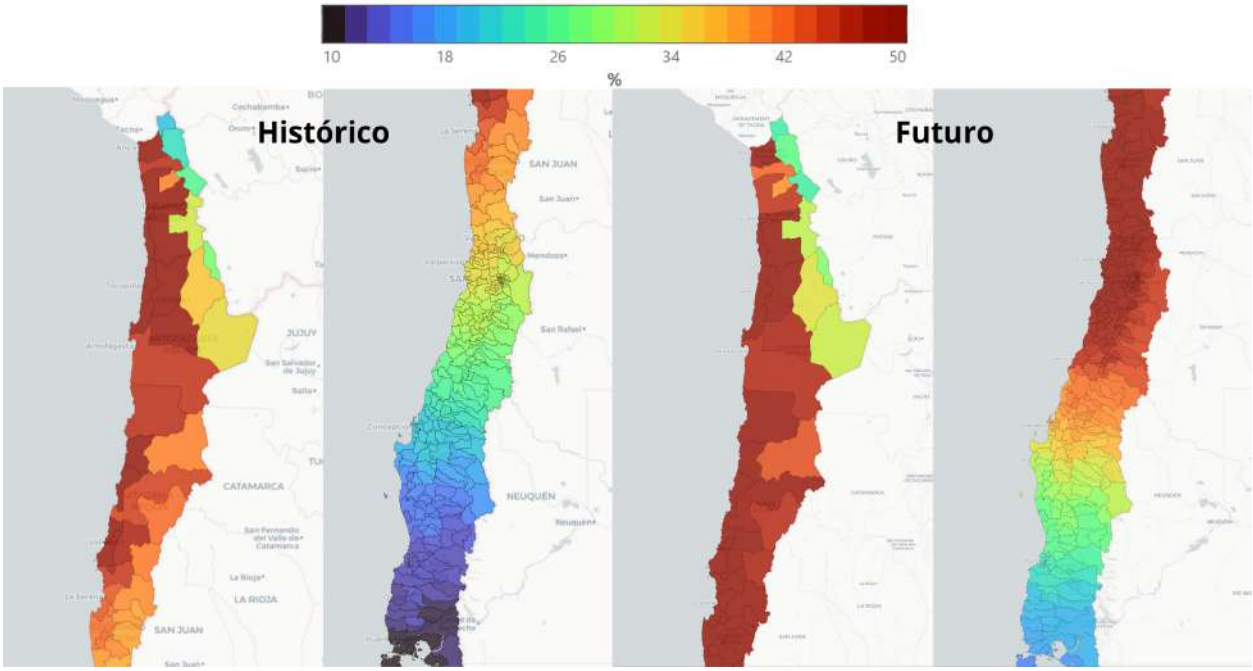
Como un tipo de medida por la situación de sequía, se presentan proyectos actualmente en construcción de nuevos embalses, el embalse Chironta en la Región de Arica y Parinacota y el embalse Las Palmas en la Región de Valparaíso, los cuales beneficiarán a más de 5.000 hectáreas (Baeza, 2022).

Diversas proyecciones climáticas respecto de la variación en las precipitaciones medias, revelan para nuestro país una disminución significativa en las precipitaciones esperadas para casi la totalidad del país, en especial para la zona centro-sur (DGA, 2022). Siendo la sequía una amenaza climática prioritaria a abordar que afecta de forma transversal en mayor o menor medida a todos los chilenos.

En particular, las proyecciones climáticas realizadas en el marco del proyecto del Atlas Climático ARClim demuestran que el riesgo asociado a sequías hidrológicas para el periodo 2025-2060 presentará un fuerte aumento en las comunas desde La Serena hasta Puerto Montt, esperándose un aumento en la frecuencia y magnitud de caudales bajos (MMA, 2020).

Como se puede observar en la **Figura 25**, en cuanto a la amenaza climática "Frecuencia de Sequía"[8], simulaciones para el período futuro (2035-2065)[9] indican que la zona centro tendrá una frecuencia de periodos de sequía de entre un 40 y 50%, mientras que en la zona centro-sur, la frecuencia será de entre un 30 y 50% para el mismo periodo, llegando la línea del 50% hasta la Región del Maule. Si se comparan estas proyecciones con registros históricos para el período 1980-2010, la zona centro resulta afectada en mayor medida por este fenómeno, pasando de frecuencias esperadas entre 20 y 30% a 40 y 50%.

Figura 25. Amenaza climática Frecuencia de Sequía periodo Histórico 1980-2010/Futuro 2035-2065.



Fuente: Atlas Climático ARClim, 2022.

Los déficits hídricos evidenciados afectan de forma transversal a todas las comunas de nuestro país, volviéndose situaciones cada vez más críticas si los efectos del cambio climático continúan avanzando. Esto lleva a una necesidad de diversificar los mecanismos de adaptación, partiendo por el desafío de mejorar la eficiencia del uso y reducir la pérdida de agua.

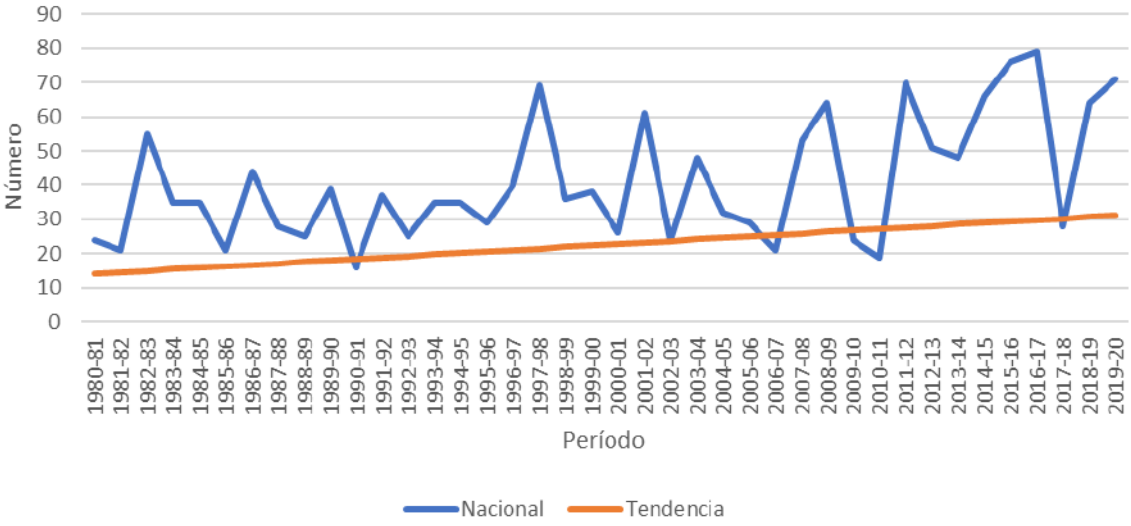
3.4.1.4. Olas de calor a nivel nacional por temporada

Para el periodo 1981-2020 (**Ver Figura 26**), a nivel agregado nacional se observa una tendencia al alza en el número de eventos de olas de calor, destacando a la

[8] De acuerdo con el MMA, se refiere a la "frecuencia de periodos en que la precipitación acumulada es menor al 75% del promedio de la precipitación acumulada en el periodo de referencia (1980 a 2010)".
[9] Bajo escenario de emisiones RCP8.5.

temporada 2016-2017 como aquella con una mayor cantidad de eventos de esta índole (79 eventos). En la temporada 2019-2020 se registraron 71 eventos de ola de calor en el país (MMA, 2021).

Figura 26. Olas de calor por temporada en períodos bianuales, 1981-2020.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

Nota: La Ola de Calor se calcula sobre la base de 20 estaciones de monitoreo de diferentes lugares de Chile. Según la Dirección Meteorológica de Chile, un evento de ola de calor ocurre cuando la temperatura máxima es igual o mayor al percentil 90 por 3 días consecutivos en el período comprendido entre noviembre y marzo del año posterior. El percentil 90 se calcula tomando las series de temperaturas máximas diarias en el período 1981-2010 de cada ciudad estableciéndose un umbral crítico de temperatura mensual obtenido de la media móvil de 15 días

De acuerdo con Castellano *et al*. (2022), se ha producido un aumento en el número de días en que la población se expone a olas de calor en Centroamérica y Sudamérica. En lo que respecta a Chile, en el periodo 2016-2020, la población mayor a 65 años se ha visto expuesta a 3,3 días adicionales de olas de calor, en comparación con el periodo 1986-2005.

Someterse a altas temperaturas puede producir diversos efectos en la salud, como, por ejemplo: 1) erupción o sarpullido; 2) edema; 3) pérdidas súbita y breve de la conciencia; 4) espasmos musculares dolorosos; 5) agotamiento; y 6) ataque por calor o golpe de calor (con riesgo de vida) (Ministerio de Salud, 2019).

Además, según Cifuentes *et al*. (2020), las olas de calor pueden tener efectos psicosociales, como, por ejemplo, la generación de conflictos intergrupales, producto de las reacciones violentas que pueden tener las personas al exponerse a altas temperaturas. Adicionalmente, las olas de calor producen un impacto en la productividad, en la medida que las personas reducen su actividad en un intento de controlar su exposición a las altas temperaturas (Ministerio de Salud, 2019). Es importante destacar que los efectos de las olas de calor impactan con diferente

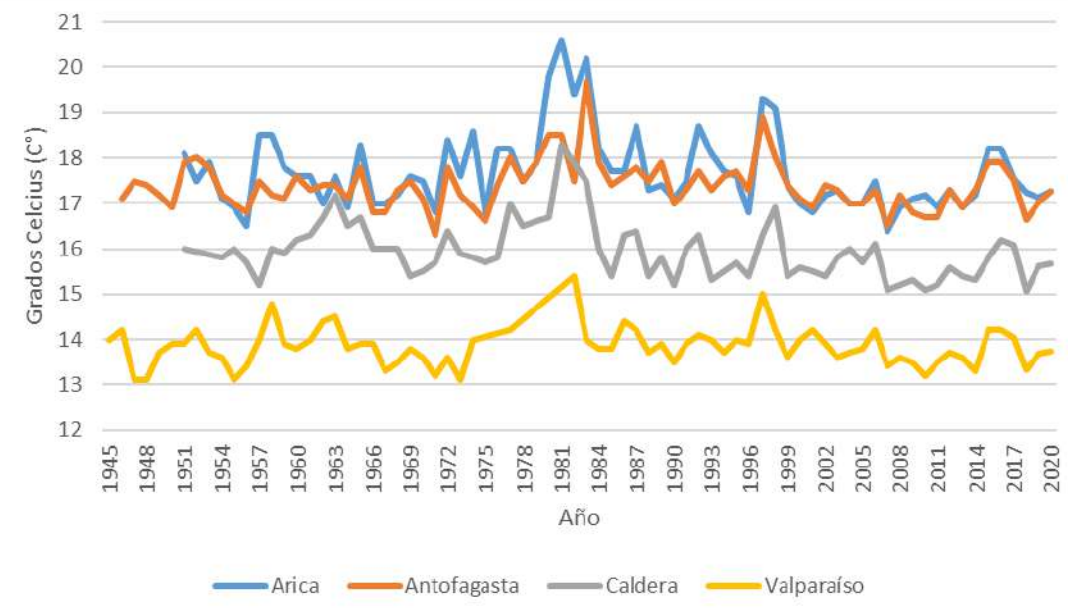
intensidad en los distintos sectores del empleo, debido a que no todos los trabajos tienen el mismo grado de actividad física y de horas de trabajo al aire libre (Torres, 2019). Específicamente, los sectores más afectados serán la agricultura y la construcción, donde para el primero se espera una pérdida del 60% de horas de trabajo para el 2030, mientras que para el segundo la pérdida esperada es del 19% (International Labour Organization, 2019).

3.4.1.5. Cambios en el mar y en el borde costero

3.4.1.5.1. Incremento de la temperatura del mar

Tal como se observa en la **Figura 27**, la temperatura superficial del mar (TSM) -en estaciones seleccionadas- promedio presenta comportamientos variables para el periodo 1945-2020. Hasta inicios de la década del 80, es posible visualizar una tendencia al aumento de la TSM. Precisamente, en cada una de las estaciones seleccionadas el *peak* de temperatura se produce a comienzos de esa década (1981 en el caso de Arica y Caldera; 1983 en el caso de Antofagasta; 1982 en el caso de Valparaíso), posteriormente, existe una tendencia a la disminución del orden de 0,1 a 0,2° C por década. Es importante resaltar que, entre los años 2018 a 2020, se observa un aumento en la TSM para cada una de las estaciones.

Figura 27. Temperatura superficial del mar en Arica, Antofagasta, Caldera y Valparaíso.



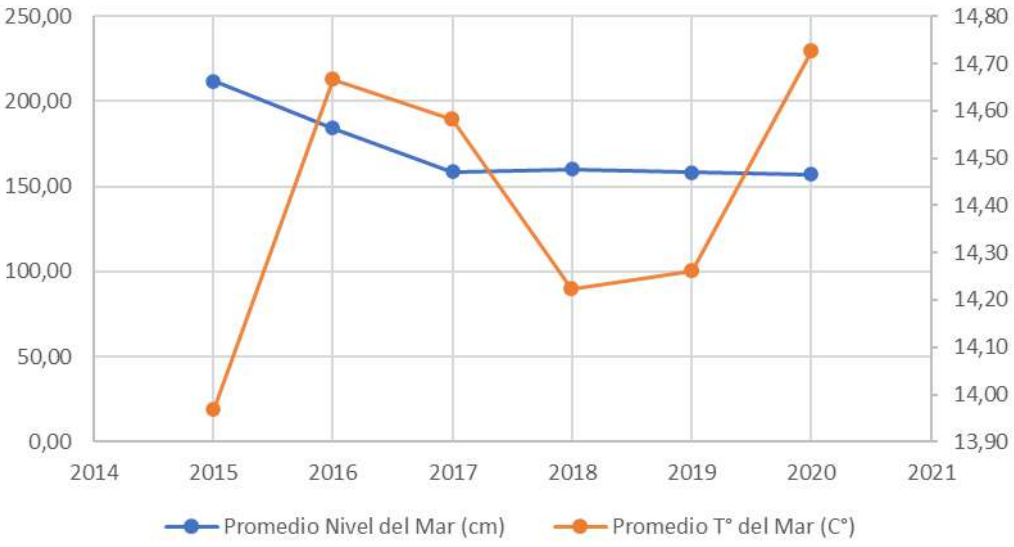
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2022.

Cada vez son más los estudios que analizan la relación entre el comportamiento del nivel del mar con el cambio climático y sus efectos. A nivel mundial mediante

tecnología satelital se ha podido estimar un aumento de la altura del mar derivado del cambio climático de 2.9 mm por año, ello debido a causas como el derretimiento de glaciares y el aumento de temperatura global y marítima (Nerem *et al*., 2018; Istúriz, 2018; Ashwanden *et al*., 2019). En particular, el aumento de la temperatura del mar produce un incremento en el volumen del agua (expansión térmica), proceso que ha sido históricamente uno de los principales contribuidores al aumento del nivel del mar (Abraham *et al*., 2013; Church *et al*., 2011).

Aun cuando se presenta una tendencia de enfriamiento en para la costa chilena (Castellanos *et al*., 2022), para el periodo 2015-2020, la temperatura promedio del mar a nivel nacional presentó valores dispares, coincidiendo años altos 2016-2017, seguidos de años bajos 2018-2019, volviendo a presentar un alza en 2020. Por otro lado, el promedio del nivel del mar decayó entre 2015 y 2017, estabilizándose cerca de los 150 cm por sobre el nivel del mar en los años siguientes (**Ver Figura 28**).

Figura 28: Promedio del nivel y temperatura promedio del mar a nivel nacional 2015-2020.



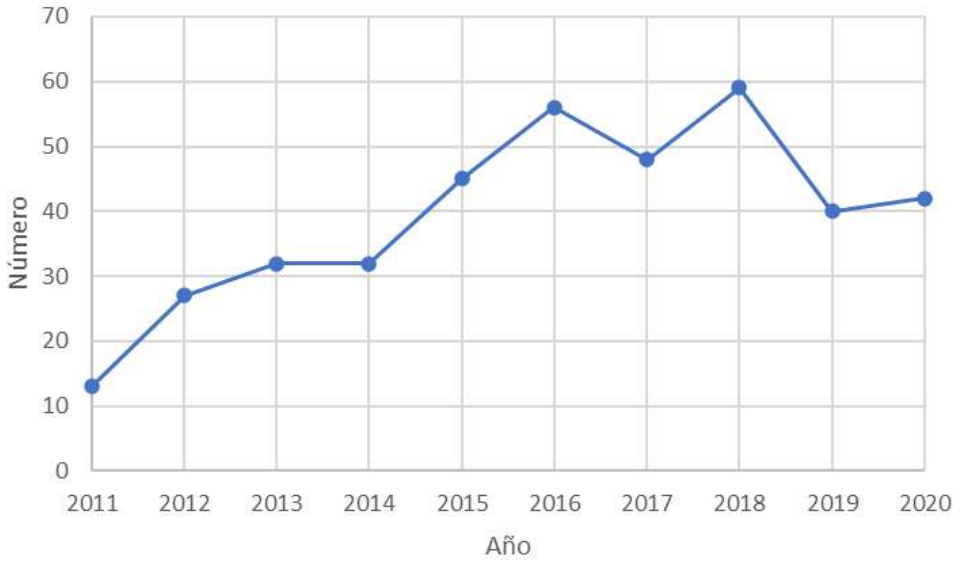
Fuente: Elaboración propia a partir de las Series cronológicas de las variables básicas ambientales dimensión agua INE, 2022.

3.4.1.5.2. Incremento de las marejadas y angostamiento de las playas

En lo que respecta al número de marejadas en el país (**Ver Figura 29**), es posible observar un incremento relevante en la última década (2011-2020), alcanzando un *peak* de 59 alertas el año 2018, casi 4,5 veces más que el año 2011, en el que solo se produjeron 13 alertas de esta índole.

Según el Ministerio del Medio Ambiente (2019), los impactos físicos asociados al cambio climático en la zona costera a partir de una combinación de marejadas y las variaciones en el nivel del mar, se pueden categorizar en: 1) inundación de las zonas bajas; 2) cambios en la dinámica y desaparición de humedales; 3) erosión de playas y acantilados; 4) efectos en la dinámica de las dunas; 5) efectos en la hidrodinámica y morfodinámica de estuarios; 6) efectos sobre la operación de puertos y caletas; 7) daños más frecuentes sobre las obras marítimas; 8) pérdida de deltas; 9) intrusión salina en acuíferos.

Figura 29. N° de alertas de marejadas en el país, 2011-2020.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

Un signo notorio del efecto de la intensificación de las marejadas es la erosión de las playas chilenas. De las diferentes localidades costeras del país, la Playa Grande de Tongoy, es aquella con el mayor riesgo de aumento del potencial erosivo, presentando altos niveles de sensibilidad y exposición, factores determinantes del riesgo (**Ver Cuadro 12 y Anexo 7**); en segundo lugar, se encuentra la playa de Hornitos con riesgo categorizado como “Muy Alto”; y en tercero la Bahía de Chañaral con riesgo “Alto”.

Cuadro 12. Riesgo de erosión de playas chilenas.

Playa	Amenaza	Exposición	Sensibilidad	Riesgo
Playa Grande, Tongoy	Baja	Muy Alta	Alta	Muy Alto
Hornitos	Alta	Baja	Muy Alta	Muy Alto
Chañaral (bahía)	Baja	Moderada	Alta	Alto
Arauco – Laraquete	Muy alto	Moderado	Moderado	Moderado
La Serena	Baja	Muy alta	Baja	Moderado
Bahía La Ligua	Moderada	Baja	Alta	Moderado
Santo Domingo a El Yali	Moderada	Exposición	Moderada	Moderado
Pichilemu (Punta de Lobos)	Alta	Muy baja	Muy Alta	Bajo
Lebu – Tirúa	Muy alta	Muy baja	Baja	Bajo
Bahía de Concón	Moderada	Baja	Moderada	Bajo

Fuente: ARClim, 2022.

La erosión de las playas implica una reducción en los servicios ecosistémicos que éstas proveen a las personas, principalmente, el referido a otorgar un espacio de recreación (Enríquez-Acevedo *et al*., 2018). Adicionalmente, se espera que la erosión de las playas posiblemente generé daños económicos en las localidades costeras, ya que una disminución en el tamaño de las playas, se vincula a una potencial reducción del número de visitantes, al existir un menor espacio que pueda ser usado por parte de las personas. A modo de ejemplo, según un estudio realizado por el Ministerio del Medio Ambiente (2019), un retroceso de 3,48 m en la playa Reñaca, podría significar una disminución de 57.529 turistas anuales, lo que se asocia con una pérdida de 211.541 dólares por año.

3.4.1.5.3. Acidificación del mar

La acidificación de los océanos resultante de la absorción de carbono emitido por los humanos, ha significado principalmente en la disminución de su pH, trayendo consecuencias negativas en los ecosistemas marinos alrededor del mundo (Cooley *et al*., 2022). Desde la era preindustrial el valor del pH ha cambiado de un 8,2 a un 8,1 y se espera siga disminuyendo en un futuro, siendo un componente responsable de la pérdida de hábitat y poblaciones, extinción de especies y cambios en las redes tróficas marinas (Cooley *et al*., 2022).

La acidificación de los océanos también puede traer beneficios para algunas especies de algas y microalgas al propiciar condiciones para su propagación, generando Floraciones Algales Nocivas (FAN), más conocidas como mareas verdes, amarillas, cafés y rojas, sobre todo cuando es sumada a un aumento de temperatura del océano y disponibilidad de nutrientes (Gao *et al*., 2021). Sin embargo, estas floraciones masivas de algas resultan perjudiciales para la actividad pesquera, siendo las costas de las regiones de Magallanes, Aysén y Los

Lagos donde se concentra la ocurrencia de eventos de marea roja en las últimas cuatro décadas, los cuales han ido aumentado en frecuencia e intensidad (Herrera-Mansilla, 2020; Anderson-Roselló & Villareal-Zan, 2020).

El riesgo que presenta la acidificación del océano para los moluscos y crustáceos de nuestro país significaría pérdidas en especial para el sector pesquero de la zona norte y sur-austral, debido a bajas en la producción de moluscos en cuanto a número y tamaño, además de la posibilidad de desaparición de especies (Cubillos *et al*., 2020).

Adicionalmente, debido a la disminución de precipitaciones esperada producto del cambio climático, y con ello una baja en la disponibilidad de agua dulce, un incremento en la salinidad y aumento de la temperatura superficial, surge un fuerte riesgo en particular para la industria salmonícola respecto a pérdidas de biomasa de salmones por eventos de FAN resultantes de aquellas condiciones (Soto *et al*., 2020).

3.4.1.6. Cambios en los glaciares

Numerosos estudios confirman el retroceso de los glaciares a lo largo de la Cordillera de los Andes en las últimas décadas (Dussaillant *et al*., 2019; Masiokas *et al*., 2020; Vargo et al., 2017; Barcaza *et al*., 2017). Proceso atribuido en gran medida a la pérdida de albedo que han experimentado, la cual trae como consecuencia un aumento en su derretimiento. Entre las causas de la pérdida de albedo se pueden encontrar, la reducción de superficie de nieve, reducción en las precipitaciones y aumento de temperatura (Shaw *et al*., 2021; Masiokas *et al*., 2020). Se ha estudiado una disminución de los días de nieve en Los Andes de al menos 15 días por año para el periodo 2000-2016 (Saavedra, 2020). Algunos estudios además proponen la influencia producida por el depósito de material particulado de origen antrópico en la superficie de los glaciares como un factor de disminución del albedo debido al oscurecimiento de la superficie (Cereceda *et al*., 2022; Lapere *et al*., 2021).

Para los glaciares ubicados en la zona central de Los Andes, se ha estudiado una disminución del albedo entre -0,024 y -0,035 por década desde 1986 (Shaw *et al*., 2021), acentuándose desde el inicio de la megasequía en 2010, periodo desde el cual los glaciares, en particular los de la zona seca de los Andes, han perdido grandes cantidades de masa (Dussaillant *et al*., 2019; Masiokas *et al*., 2020).

En mayor detalle, el volumen glacial de la cuenca del Río Maipo entre 1955 y 2016 ha disminuido en un quinto reducción que continuará durante los próximos años (Ayala *et al*., 2019). El glaciar Olivares Alfa presentó un retroceso anual de 1,78% para el periodo 1990-2017, el Beta un 1,33% y el Gama un 1,1% debido a una fuerte reducción en su albedo (Peña y Olmedo, 2019). A su vez, el glaciar Echaurren Norte presenta una tendencia negativa de pérdida de masa estudiada desde 1978 (Masiokas *et al*., 2016), la cual se acentuó desde 2010, pudiendo desaparecer en los próximos años (Farías-Barahona *et al*., 2019). Los glaciares presentes en Nevados de Chillán muestran un fuerte retroceso propiciado principalmente por el cambio climático, presentando para el periodo 2009-2019 una disminución de 2,2 km^2 (De Moraes-Balboa *et al*., 2020). También se ha comprobado el retroceso de los glaciares Marinelli y Pigafetta en la Cordillera Darwin mediante el estudio de morrenas presentes en las bahías circundantes (Izagirre *et al*., 2018). Bajo el escenario RCP8.5 se esperan reducciones de masa en los glaciares de campos de hielo sur de -1,5 m e.a. y para los campos de hielo norte de -1,9 e.a. por año (1 m^3 e.a. = 1 m e.a. distribuido uniformemente sobre 1 m^2) (Bravo *et al*., 2021). El glaciar San Rafael es otro glaciar que ha presentado un fuerte retroceso en los últimos 30 años (Mardones *et al*., 2018), esperándose una tasa de pérdida de masa entre -0,34 y -0,03 Gt al año (Collao-Barrios *et al*., 2018).

Una consecuencia directa del derretimiento de glaciares debido al aumento de temperaturas, es el aumento de riesgo por inundaciones repentinas generadas por el colapso de lagos glaciales (GLOF, por sus siglas en inglés), especialmente para Sudamérica (Adler *et al*., 2022). Eventos de este tipo se relacionan con desastres históricos de nuestro país como el aluvión en la Villa Santa Lucía en 2017, el cual fue gatillado por fuertes precipitaciones que produjeron deslizamientos los cuales presionaron las inestables condiciones de un glaciar y su lago correspondiente, derivando en su colapso y posterior flujo de agua y detritos hacia la villa (Mella *et al*., 2018).3.4.1.7. Cambios en la distribución de la biocenosis[10]

Producto del cambio climático, se están generando cambios en la distribución, patrones de migración, abundancia, interacciones y actividades estacionales de especies terrestres y marinas (Parmesan *et al*., 2022), afectando a nivel global la abundancia y biomasa de especies y con ello la estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Aquello cobra relevancia, al tener en cuenta que “la capacidad

[10] Se comprende como el conjunto de organismos, vegetales o animales, que viven y se reproducen en determinadas condiciones de un medio o biótopo. Puede dividirse en fitocenosis (que es el conjunto de especies vegetales), zoocenosis (conjunto de animales) y microbiocenosis (conjunto de microorganismos).

adaptativa de todas las especies tiene un límite frente a ambientes cambiantes" (Pecl *et al*., 2017).

También, se espera que grandes áreas protegidas se vean expuestas a nuevas condiciones climáticas (Cooley *et al*., 2022). La redistribución de especies tiene serias consecuencias tanto a nivel ecosistémico como a nivel de desarrollo económico, seguridad alimentaria y salud humana (Pecl *et al*., 2017).

Fuentes-Castillo *et al*. (2019) modelaron la distribución de biodiversidad para el *hotspot* mediterráneo de Chile bajo los escenarios RCP2.6 y RCP 8.5 para el año 2080, estudiando la riqueza de especies, riqueza genética y diversidad filogenética. Los principales resultados señalan una mayor disminución esperada para la riqueza genética y diversidad filogenética en las montañas de la zona costera sur. Un aumento de la riqueza de especies en la Cordillera de Los Andes, pero una disminución para la zona del valle central, la zona costera y la zona norte de la cordillera. En cuanto a las especies endémicas mediterráneas, el escenario RCP8.5 muestra una pérdida de un 25% para todas las formas de vida más comunes como árboles, arbustos, helechos y hierbas (Fuentes-Castillo *et al*., 2019).

En cuanto a la vegetación terrestre, el estudio de las especies a escala milenaria ha permitido descubrir que la actual distribución de especies en el desierto de Atacama, tanto perennes como herbáceas, tiene su origen en migraciones derivadas de falta de agua y temperaturas extremas, similares condiciones que se están desarrollando en la actualidad, por lo que la adaptación de las especies a las nuevas condiciones climáticas podría significar profundos cambios y desplazamientos al igual que ocurrió en el pasado (Díaz *et al*., 2019).

Para el caso de *Jubaea chilensis* (palma chilena), esta especie endémica de Chile central presenta un déficit de regeneración, bajos niveles de diversidad genética y una falta de dispersores de larga distancia. Por lo que puede aumentar su tasa de endogamia y la migración verse sobrepasada por los efectos del cambio climático (Jara-Arancio *et al*., 2022).

Modelos han permitido estimar la distribución de *Eschscholzia californica* o "dedal de oro" al 2050 para la zona mediterránea de Chile, esperándose aumente su presencia en zonas montañosas de la Región Metropolitana y las zonas semiáridas de la Región de Valparaíso, llegando a expandirse hasta la Región de la Araucanía.

Aumentando en general su presencia en mayores alturas para toda la zona, demostrando además su gran capacidad de adaptación hídrica y térmica (Pavez y Roman, 2019).

Respecto a la fauna, recientemente, se ha descubierto la expansión de la distribución del Piuchén (*Desmodus rotundus*), única especie de murciélago hematófago en Chile. Extendiéndose el límite sur desde las zonas costeras de Curaumilla en la Región de Valparaíso hasta la comuna de Navidad en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Estudios a nivel mundial han asociado cambios en la distribución de diferentes especies de murciélagos con el cambio climático, por lo que es una interrogante a estudiar en la reciente expansión del Piuchén (Iturra-Herrera *et al*., 2019; Festa *et al*., 2022).

Un estudio referido al cambio en la distribución del zorro de Darwin producto del cambio climático, proyecta que la especie se desplace y concentre en zonas coincidentes con áreas protegidas, sin embargo, los porcentajes siguen siendo bajos para los esperados escenarios futuros de reducción de poblaciones del zorro y peligro de extinción (Molina *et al*., 2018).

Además, el continuo déficit de precipitaciones y el aumento de las temperaturas se prevé afecte a diversos polinizadores de plantas, poniendo en riesgo en mayor medida a especies dependientes de polinizadores externos. Destacando los picaflores debido a su sensibilidad térmica y su conexión con flora perteneciente a la familia Mutisia, la cual es altamente dependiente del picaflor para su polinización (Powers *et al*., 2017; Arroyo *et al*., 2022). Para 2080-2100, se ha estudiado una disminución en el rango de distribución cercano al 14% del *Bombus dahlbomii* o abejorro chileno nativo, especie actualmente en peligro de extinción (Morales *et al*., 2022).

Por otro lado, las especies exóticas presentes en Chile se concentran mayormente en la zona central, extendiéndose hasta la Región de Los Lagos. No obstante, bajo los escenarios PRC 2.6 y 8.5 se espera una expansión de especies exóticas capaces de llegar hasta la Patagonia y Tierra del Fuego, poniendo en peligro numerosas especies nativas (Marquet *et al*., 2019). A su vez, los incendios forestales facilitan la expansión de algunas especies invasoras, lo cual puede tener consecuencias negativas sobre la biodiversidad al afectar la polinización de especies nativas y su reproducción (Marquet *et al*., 2019). El cambio climático también puede dificultar

el control y manejo de las especies invasoras, así como también la restauración de aquellos ecosistemas (Marquet *et al*., 2019).

En torno a los ambientes marinos, la adaptación en sistemas costeros y oceánicos se ha manifestado desde el nivel celular hasta ecosistémico, siendo el calentamiento, la falta de oxígeno y acidificación del océano forzantes de cambios en el comportamiento de animales, derivando en migraciones y disminución de hábitat (Cooley *et al*., 2022).

Para el caso de la anchoa (*Engraulis ringens*), modelaciones al año 2050 acorde a los escenarios RCP pudieron estimar un deterioro general del hábitat de las anchoas para la zona costera centro-norte de Chile, generando una respuesta negativa en cuanto a la presencia de anchoas adultas para la zona debido a procesos de redistribución, lo que afectará a su vez al mercado pesquero de anchoa (Silva *et al*., 2018). También es esperada una disminución en la abundancia de sardina, pero un aumento en la de jurel para 2065 (Liu *et al*., 2020). Adicionalmente, se prevé que la distribución de *Pelecanus thagus* se extienda más hacia el sur de la costa chilena debido al cambio de temperatura y productividad marina, lo que afectaría a su vez en un 20% la distribución de las zonas reproductivas (Cursach *et al*., 2019).

Los escenarios previstos debido al cambio climático demuestran una repercusión a nivel transversal de todos los componentes de la biocenosis. En la actualidad ya pueden evidenciarse cambios notorios a pequeña y gran escala a lo largo de todo el país, hechos que levantan la preocupación no sólo de la comunidad científica, sino que también de los sectores productivos. Se vuelve necesario reforzar los sistemas de monitoreo y continuar trabajando para mejorar la comprensión de los diversos ecosistemas que presenta Chile, para poder avanzar en materia de prevención y remediación mediante soluciones basadas en la naturaleza, de forma de avanzar en materia de adaptación frente al cambio climático y las cambiantes variables climáticas.

3.4.2. Centros de Investigación sobre el Cambio Climático

En el siguiente apartado se detallan centros de investigación nacionales que poseen dentro de sus principales áreas, líneas de investigación y/u objetivos al cambio climático.

3.4.2.1. Centro de Análisis de Políticas Públicas (Universidad de Chile)

El Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP) de la Facultad de Gobierno de la Universidad de Chile tiene por misión realizar una contribución académica a la formulación, ejecución y evaluación de políticas públicas que conduzcan a un reforzamiento de la integración social y cultural, la sustentabilidad del desarrollo y la gobernabilidad política del país.

El objetivo principal del CAPP es realizar investigación, prestar asesorías y efectuar extensión sobre los asuntos públicos relativos a las dimensiones de medio ambiente, ordenamiento territorial y cambio climático (MA-OT-CC).

Actualmente, cuenta con tres áreas de trabajo: 1) Programa de Medio Ambiente, orientado a desarrollar investigaciones, docencia y asesorías en diversas áreas relacionadas con el medio ambiente, tanto a nivel internacional como nacional, siempre teniendo como meta la elaboración de políticas públicas. En su labor destaca desde el año 1999, la realización del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile", en sus más de siete versiones; 2) Programa de Ordenamiento Territorial; que potencia las investigaciones sobre manejo de cuencas, ordenamiento y manejo de ecosistemas para contribuir a la elaboración y perfeccionamiento de políticas públicas; 3) Programa de Cambio Climático, en cuya labor, destaca la docencia del curso electivo "Desarrollo Sostenible y Cambio Climático en la Política Medioambiental Chilena" y el diploma de postítulo en "Cambio Climático y la Gestión Local".

3.4.2.2. Centro de Ciencias de Clima y Resiliencia (CR)2 (Universidad de Chile)

También conocido como (CR)2, está conformado por investigadores de la Universidad de Chile como institución patrocinante, e investigadores de la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile, entre otras, como instituciones asociadas. Tuvo como objetivo en su primera etapa, el estudio de manera interdisciplinaria del cambio climático y su impacto sobre los ecosistemas y a la sociedad chilena, trabajando en 5 líneas de investigación: biogeoquímica, dinámica del clima, dimensión humana, servicios ecosistémicos y modelación y sistemas de observación.

En el año 2018, el centro comenzó una segunda etapa de investigación, enfocada en estudios del agua y extremos, cambio de uso de suelo, ciudades resilientes, gobernanza e interfaz ciencia-política, zona costera, además de otras temáticas transversales como: incendios forestales, tormentas en la zona árida,

contaminación atmosférica y floraciones microalgales. Sus estudios se basan principalmente en el uso de diversos instrumentos, sistemas y bases de datos.

Dentro de los servicios climáticos que entrega el Centro, las simulaciones climáticas son las que más han cobrado relevancia, sobre todo en el marco de cumplimiento de los Acuerdos Internacionales de Cambio Climático. El centro ha realizado simulaciones climáticas globales, como fue el caso del proyecto Coupled Model Intercomparison Project Phase 5"- CMIP5, realizado para la preparación del quinto reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), También han realizado Simulaciones Climáticas Regionales que evalúan en un escenario futuro las condiciones más probables del sistema climático regional. Además, se han realizado simulaciones para la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), que corresponden a WRF-MIROC5, en los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5.

3.4.2.3. Centro de Agricultura y Medio Ambiente, AGRIMED (Universidad de Chile)

El Centro AGRIMED fue creado en el año 1995 con el propósito de vincular a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile con la problemática ambiental que enfrenta la agricultura del país (AGRIMED). Con este propósito ha desarrollado investigación utilizando tecnologías como Sistemas de Información Geográfica (SIG), análisis de imágenes satelitales, modelamiento numérico espacial, sistemas de visualización 2D y 3D, bases de datos ambientales, técnicas de simulación para la creación de escenarios de Cambio Climático y evaluación de impactos sobre los recursos naturales.

Este centro posee cuatro unidades de desarrollo: 1) Unidad de Geomática y Modelación Espacial, 2) Unidad de Agroclimatología y Modelación de cultivos para la Agricultura y el Medio Ambiente, 3) Unidad de Tecnologías Educativas basadas en TIC's, y 4) Unidad de Bioprocesos y Reciclaje orgánico.

Dentro de sus acciones se pueden destacar la creación de un sistema de gestión de riesgos agroclimáticos para la adaptación a nuevos escenarios climáticos, la participación en el diagnóstico de vulnerabilidad y adaptación a los extremos climáticos en las Américas (VACEA), la elaboración de un portafolio de propuestas de adaptación del sector silvoagropecuario al Cambio Climático en Chile, entre otros proyectos. Como uno de los proyectos más significativos se puede destacar el Atlas Agroclimático de Chile, impulsado por el Ministerio de Agricultura a través de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) que busca responder sobre el comportamiento climático y sus efectos en la agricultura del país.

3.4.2.4. Centro de Cambio Global (Pontificia Universidad Católica de Chile)

El Centro de Cambio Global UC fue inaugurado el año 2009, y tiene por misión "crear y transferir conocimiento interdisciplinario, identificando necesidades y generando soluciones, formar agentes de cambio y colaborar con distintos actores para contribuir al desarrollo sustentable de la sociedad".

Surgió de la alianza de cinco facultades de la Pontificia Universidad Católica de Chile: Agronomía e Ingeniería Forestal, Ciencias Biológicas, Ingeniería, Ciencias Económicas y Administrativas e Historia, Geografía y Ciencia Política.

Sus objetivos principales son: i) Generar conocimiento para fortalecer la capacidad nacional (y regional) para enfrentar el Cambio Global. ii) Establecer vínculos estrechos con los sectores público y privado para contribuir eficazmente al desarrollo sustentable del país. iii) Comunicar y difundir los resultados obtenidos, creando conciencia de las responsabilidades individuales y colectivas en la mitigación y adaptación al cambio Global.

Adicionalmente, posee tres ámbitos de acción (Centro de Cambio Global UC, 2022): 1) Desarrollo sustentable, mediante la realización de proyectos abocados en lograr una reducción de la huella de la sociedad en el planeta; 2) Vulnerabilidad, impactos y adaptación, lo que incorpora elementos de gestión del riesgo y manejo de incertidumbre climático, así como también análisis de vulnerabilidad; y 3) Gestión de los Recursos Naturales, que se fundamenta en el entendimiento cabal del estado, dinámica y de las condiciones que permiten la conservación de estos recursos.

3.4.2.5. Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (Pontificia Universidad Católica de Chile)

El Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES por sus siglas en inglés), fue instituido el año 2014 y actualmente cuenta con la misión de “realizar investigación aplicada en asuntos ambientales de creciente importancia para el desarrollo sustentable de Chile”.

Adicionalmente, se orienta a establecer y promover buenas prácticas en el sector público y privado, en pos de mejorar los estándares ambientales actuales y alcanzar las transformaciones políticas de los sistemas socio-ecológicos del país (CAPES, 2022a).

Este centro cuenta actualmente con siete líneas de investigación (CAPES, 2022b): 1) Impactos ambientales de metales y rehabilitación de suelos; 2) Aproximaciones de la bioingeniería a la protección ambiental y las tecnologías sustentables; 3) Fisiología del cambio global; 4) Dinámicas de población, cambio global y sustentabilidad socioecológica; 5) Gestión sustentable de los recursos naturales e investigación en política pública; 6) Intensificación ecológica para la agricultura sustentable; 7) Servicios ecosistémicos y comportamiento humano

Entre sus últimas publicaciones relacionadas a los temas tratados en este capítulo se encuentran las siguientes (CAPES, 2022b): 1) Coping with El Niño: phenotypic flexibility of reproductive traits in red squat lobster determines recruitment success; 2) Gaps, biases, and future directions in research on the impacts of anthropogenic land-use change on aquatic ecosystems: a topic-based bibliometric analysis; 3) Extinction risk assessment of a Patagonian ungulate using population dynamics models under climate change scenarios; 4) Climate Change and Thermoregulatory Consequences of Activity Time in Mammals; 5) Physiological diversity, biodiversity patterns and global global climate change: testing key hypotheses involving temperature and oxygen.

3.4.2.6. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile (Universidad de Concepción)

El Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile de la Universidad de Concepción fue creado el año 1990 y al día de hoy cuenta con la misión de "ser un Centro Universitario multi e interdisciplinario de ciencias Ambientales, orientado a la investigación, difusión, educación permanente y asesorías ambientales integrales para el sector público y privado contribuyendo con ello, al desarrollo sustentable de la región y el país". A su vez, cuenta con la visión de "Ser un referente de excelencia en Ciencias Ambientales, con reconocimiento nacional e internacional en investigación y asistencia técnica, para contribuir de forma innovadora a la solución de problemas de la sociedad, permitiendo de esta forma la sustentabilidad del desarrollo regional y nacional" (EULA, 2022a).

Este centro posee tres principales líneas de investigación (EULA, 2022b): 1) El estudio de procesos que ocurren en las cuencas hidrográficas, tanto en su parte aérea, terrestre y acuática, incluyendo aquellos que afectan la calidad de agua, ciclos biogeoquímicos, biodiversidad, bioindicadores de calidad ambiental y modelación, así como también los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, para apoyar la gestión sustentable de las cuencas y sus recursos naturales; 2) El análisis de los procesos que ocurren en las ciudades con un

enfoque de ecología urbana y del paisaje, la búsqueda e identificación de indicadores de calidad de vida, pobreza, desarrollo rural indígena, además de la incidencia de procesos ambientales en la demográfica. El análisis económico de la toma de decisiones ambientales, también forma parte del eje de la investigación; 3) La investigación aplicada a procesos menos contaminantes, el análisis y remediación de sitios contaminados, el diseño de bioprocesos para el tratamiento de efluentes, la modelación de la dispersión de contaminantes emitidos a la atmósfera y la relación entre medio ambiente y fuentes de generación de energía.

Actualmente realiza asesorías en diversas áreas, como por ejemplo (EULA, 2022c): a) auditorías ambientales, b) auditorías y asesorías energéticas; c) modelación atmosférica y calidad del aire; d) estrategias de producción limpia; e) proyectos de ingeniería ambiental, entre otros.

3.4.2.7. Centro de Acción Climática (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso)

Este centro se encuentra orientado a aumentar la preparación de la región de Valparaíso y del país a la actual crisis climática e impulsar el desarrollo de propuestas y soluciones integrales que fortalezcan la resiliencia climática, en colaboración con entidades públicas y privadas.

Posee tres principales objetivos (Centro de Acción Climática, 2022): 1) Promover la acción climática dentro del contenido curricular en la educación secundaria, pregrado y postgrado e impulsar la creación de instancias de capacitación para docentes; 2) Desarrollar investigación científica aplicada orientada a la generación de propuestas que apoyen el desarrollo de planes de adaptación al cambio climático a nivel regional, local y sectorial, junto a organizaciones públicas y privadas; y 3) Divulgar información sobre acción climática entre la sociedad civil y apoyar la creación de políticas públicas en colaboración con el Poder Ejecutivo y Legislativo.

Actualmente posee cuatro líneas de investigación: 1) adaptación al cambio climático; 2) mitigación al cambio climático; 3) educación para el cambio climático; 4) políticas públicas.

Por otra parte, cuentan con cuatro proyectos en la actualidad: 1) planes de adaptación al cambio climático, los que son desarrollados en conjunto con los municipios de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Concón), con el objeto de desarrollar propuestas específicas para fortalecer la resiliencia y

adaptación climática para cada una de esas comunas; 2) Aires Nuevos para la Primera Infancia, iniciativa que busca monitorear la calidad de aire a la que se exponen niños y niñas de entre 0 a 4 años en ciudades de Latinoamérica; 3) Academia Recicla la Política, iniciativa que es ejecutada a través de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) y que busca entregar apoyo técnico y académico sobre temas ambientales y de derechos humanos a la convención constituyente; y 4) Diplomado en Acción Climática, programa académico dirigido a docentes del sistema escolar, educadores y educadoras ambientales que desean desarrollar y compartir sus habilidades y conocimientos para la acción climática en sus comunidades.

3.4.2.8. Centro de Investigación para la Sustentabilidad (Universidad Andrés Bello)

Este centro de investigación, se creó el año 2010 al alero de la Facultad de Ecología y Recursos Naturales, y posee por objetivo principal "posicionar a la UNAB dentro de la investigación de excelencia en sustentabilidad, el cuidado del medio ambiente y la biodiversidad, a través de la conformación de un equipo multidisciplinario, comunicar sus resultados a la comunidad y contribuir al desarrollo de políticas públicas medioambientales"

Actualmente, posee tres líneas de investigación (Centro de Investigación para la Sustentabilidad, 2022a): 1) cambio global, que se desglosa en contaminación ambiental, ordenamiento territorial y mitigación y adaptación al cambio climático; 2) ciudades circulares, que incluye economía circular, análisis del ciclo de vida, agricultura sustentable, manejo de residuos y tratamiento de aguas, energías renovables no convencionales; 3) conservación de la biodiversidad, que incorpora las amenazas a la biodiversidad, ecología y control de especies invasoras, enfermedades emergentes.

Los investigadores de este centro, se encuentran desarrollando y/o se han adjudicado más de cuarenta proyectos desde el año 2013 en adelante, siendo algunos de ellos (Centro de Investigación para la Sustentabilidad, 2022b): 1) Assessing freshwater health in the context of global change: an approach using invasive species and molecular epidemiology; 2) Xenopus laevis and global change: an interesting combination to assess freshwater health in a drying world; Urban Mining: Recycling of electronic waste for the recovery of valuable metals.

3.4.2.9. Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales (Universidad de Valparaíso)

El Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso (CIGREN), fue creado el año 2004. Este posee por visión "consolidar un núcleo dinámico y multidisciplinario de investigadores con una capacidad creciente para abordar problemas actuales y futuros derivados del impacto de las actividades humanas y del cambio climático sobre los ecosistemas naturales".

El CIGREN posee dos principales objetivos (CIGREN, 2022a): 1) Consolidar un núcleo dinámico de investigadores con una capacidad creciente para abordar problemas actuales y futuros derivados de la expansión de la industria del cultivo de especies hidrobiológicas, creando una cultura académico-técnica multidisciplinaria; 2) Contribuir al desarrollo Regional y Nacional a través de la generación de conocimiento y tecnologías aplicadas a la conservación de los recursos naturales para un uso sustentable en ecosistemas acuáticos y terrestres.

Actualmente, este centro posee cuatro líneas de investigación (CIGREN, 2022b): 1) manejo y gestión de recursos naturales; 2) estudio del efecto y exposición de agentes químicos en los ecosistemas; 3) modelamiento y adaptabilidad al cambio climático; 4) aproximación ecológicas y biotecnologías para el estudio de la biodiversidad y la conservación.

Entre algunos de sus proyectos de investigación desarrollados se encuentra: 1) Estudio del índice de vulnerabilidad y riesgo de territorio del Área Metropolitana de Valparaíso (AMV) al Cambio Climático e identificación de las respectivas medidas de adaptación (2020); 2) The influence of the amundsen–bellingshausen and weddell low pressure centers on the recent and future climate variability of the antarctic peninsula (2020); 3) Implementación de técnicas de fitoestabilización para recuperación de suelos degradados en sectores de la Comuna de Puchuncaví (2020).

3.4.2.10. Centro de Investigación e Innovación para el Cambio Climático (CiiCC) (Universidad Santo Tomás)

También conocido como CiiCC, es un centro que tiene como misión realizar "investigación básica y aplicada a orientar y a entender los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas costeros, con énfasis en las oportunidades de innovación científica y tecnológica que ofrece nuestro capital natural para la adaptación y mitigación de sus impactos."

Posee cinco líneas de investigación, entre ellas (CiiCC, 2022a): 1) Investigar e innovar sobre el efecto del cambio climático en los océanos y su impacto económico y social en Chile; 2) Proveer asesorías a organizaciones públicas y privadas interesadas en el desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación para enfrentar el impacto del cambio climático; 3) Transferir nuevas tecnologías para la pesquería de pequeña escala, acuicultura y otros grupos de interés; 4) Apoyar la formación en ciencias; 5) Comunicar la ciencia del cambio climático y su impacto hacia todos los niveles educativos de la sociedad chilena.

Algunos de sus proyectos internos realizados en los últimos años, se han referido a (CiiCC, 2022b): 1) evaluar el efecto potencial del cambio global sobre los patrones macroecológicos y biogeográficos de las especies de aves nidificantes en Chile continental (2016-2017); 2) establecimiento de variables biotecnológicas de cultivo óptimas, de la rana grande chilena que permitan generar individuos sanos, en el menor tiempo, desde la fase larval (2011-2013). Adicionalmente, han realizado diferentes proyectos externos, siendo algunos de ellos: 1) Conservación biológica: Integrando cambio climático, parasitismo y recursos de importancia económica para una gestión sustentable (2020-2022); 2) Virtualización de las rutas turísticas, atractivos naturales y patrimoniales para la gestión del turismo en la provincia de Palena (2020-2021); 3) Integrating structure and function of ecological mechanical and mineralogical properties of marine calcifiers: Shell carbonates as source of bio-inspiration (Carbo Nat Lab) (2018-2019).

BIBLIOGRAFÍA

Abraham, J.P., Baringer, M., Bindoff, N.L., Boyer, T., Cheng, L.J., Church, J.A., Conroy, J.L., Domingues, C.M., Fasullo, J.T., Gilson, J., Goni, G., Good, S.A., Gorman, J.M., Gouretski, V., Ishii, M., Johnson, G.C., Kizu, S., Lyman, J.M., Macdonald, A.M., Minkowycz, W.J., Moffitt, S.E., Palmer, M.D., Piola, A.R., Reseghetti, F., Schuckmann, K., Trenberth, K.E., Velicogna, I., & Wills, J.K. (2013). A review of global ocean temperature observations: Implications for ocean heat content estimates and climate change. *Review of Geophysics*, 51, 450–483. doi:10.1002/rog.20022

Adler, C., Wester, P., Bhatt, I., Huggel, C., Insarov, G., Morecroft, M., Muccione, V., & Prakash, A. (2022). Cross-Chapter Paper 5: Mountains. En H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 2273-2318). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Albers, H.J., Baquedano, M., Chávez, C., Dresdner, J., & Yubini, K. (2021). Oportunidades y desafíos para la acuicultura de pequeña escala: La perspectiva de los actores en la Región de Los Lagos-Chile. *Revista internacional de agricultura y recursos naturales*, *48*(3), 259-287. doi: https://dx.doi.org/10.7764/ijanr.v48i3.2316

Anderson-Roselló, R., & Villareal-Zan, R. (2020). Economic impact of the 2016 Red Tide over the exporting sector of Chile's Tenth Region. *Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper*.

Arriagada, E., Garcés Sotomayor, A., Maillet, A., & Viveros Barrientos, K. (2022). Lived environmental citizenship through intersectional lenses: The experience of female community leaders in rural Chile. *Journal of Rural Studies, 94*, 353-365. doi:https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.07.007

Arroyo, M.T.K., Robles, V., Tamburrino, I., Martínez-Harms, J.M., Garreaud, R.D., Jara-Arancio, P., Castro, K. (2020). Extreme Drought Affects Visitation and Seed Set in a Plant Species in the Central Chilean Andes Heavily Dependent on Hummingbird Pollination. *Plants, 9*(11), 1553. doi: https://doi.org/10.3390/plants9111553

Aschwanden, A., Fahnestock, M.A., Truffer, M., Brinkerhoff, D.J., Hock, R., Khroulev, C., Mottram, R., & Khan, S.A. (2019). Contribution of the Greenland Ice Sheet to sea level over the next millenium. *Science Advances, 5*: 1-11.

Ayala, Á., Farías-Barahona, D., Huss, M., Pellicciotti, F., McPhee, J., & Farinotti, D. Glacier runoff variations since 1955 in the Maipo River basin, in the semiarid Andes of central Chile. *The Cryosphere, 14*, 2005–2027. doi: https://doi.org/10.5194/tc-14-2005-2020, 2020.

Baeza, G. (2022). *Situación de los embalses en Chile*. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33370/1/Situacion_Embalses_2022.pdf

Banco Central de Chile. (2022a). *Comercio Exterior de Bienes*. Recuperado de https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/comercio-exterior-de-bienes

Banco Central de Chile. (2022b). *Cuentas Nacionales. Producto interno bruto por clase de actividad económica, a precios corrientes, series empalmadas, referencia 2018 (miles de millones de pesos)*. Recuperado de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_P1/637801087677220267?cbFechaInicio=2017&cbFechaTermino=2022&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=

Banco Central de Chile. (2022c). *Sector Externo*. *Exportaciones de bienes (millones de dólares FOB)*. Recuperado de https://si3.bcentral.cl/siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_BDP/MN_BDP42/BP6M_EXPORT?cbFechaInicio=2017&cbFechaTermino=2022&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=

Banco Central de Chile. (2022d). *Cuentas Nacionales*. *Producto interno bruto por actividad económica, volumen a precios año anterior encadenado, series empalmadas, referencia 2018 (miles de millones de pesos encadenados).* Recuperado de https://si3.bcentral.cl/siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_P2?cbFechaInicio=2017&cbFechaTermino=2022&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=

Banco Central de Chile. (2022e). *Principales Estadísticas Macro*. Recuperado de https://si3.bcentral.cl/siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_ESTADIST_MACRO/MN_EST_MACRO_IV/PEM_ACTyDDA_IndMacA_2_2018?idSerie=F032.PIB.PP.Z.USD.2018.Z.Z.0.A

Banco Mundial. (2022a). *PIB (US$ a precios actuales)*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD

Banco Mundial. (2022b). *Crecimiento del PIB (% anual)*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2021&start=1961

Banco Mundial. (2022c). *Crecimiento del PIB (% anual) - Chile*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2021&locations=CL&start=1961&view=chart

Banco Mundial. (2022d). *Crecimiento del PIB per cápita (% anual) - Chile*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG?end=2021&locations=CL&start=1961&view=chart

Banco Mundial. (2022e). *Global Economic Prospects*. Recuperado de https://www.bancomundial.org/es/publication/global-economic-prospects

Banco Mundial. (2022f). *Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB) - Chile*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS?end=2021&locations=CL&start=2010

Banco Mundial. (2022g). *Índice de Gini - Chile*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicator/SI.POV.GINI?locations=CL

Banco Mundial. (2022h). *PIB (US$ a precios actuales) - Chile*. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?end=2021&locations=CL&start=2013

Barcaza, G., Nussbaumer, S.U., Tapia, G., Valdés, J., García, J.L., Videla, Y., Albornoz, A., & Arias, V. (2017). *Annals of Glaciology*, 58(75), 166-180.

Bravo, C., Bozkurt, D., Ross, A.N., & Quincey, D.J. (2021) Projected increases in surface melt and ice loss for the Northern and Southern Patagonian Icefields. *Scientific Report, 11*. doi: https://doi.org/10.1038/s41598-021-95725-w

Cardemil, M. (2021). *Industria Forestal en Chile*. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32419/1/N_68_21_Industria_Forestal_en_Chile.pdf

Castellanos, E., Lemos, M.F., Astigarraga, L., Chacón, N., Cuvi, N., Huggel, C., Miranda, L., Moncassim, M., Ometto, J.P., Peri, P.L., Postigo, J.C., Ramajo, L., Roco, L., & Rusticucci, M. (2022). Central and South America. En H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1689–1816). Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.

Centro de Acción Climática (2022). *El Centro de Acción Climática - PUCV*. Recuperado de https://accionclimaticapucv.com/el-centro/

Centro de Cambio Global UC. (2022). *Quiénes somos. Presentación Centro de Cambio Global UC*. Recuperado de https://cambioglobal.uc.cl/quienes-somos/sobre-el-centro

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. (2015). *Informe a la Nación. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*. Recuperado de https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf

Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. (2022a). Misión / visión. Recuperado de http://www.eula.cl/centro-eula/misionvision/

Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. (2022b). *Líneas de investigación*. Recuperado de http://www.eula.cl/investigacion/lineas-de-investigacion/

Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. (2022c). *Servicios*. Recuperado de http://www.eula.cl/servicios/

Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad. (2022a). *¿Qué es CAPES?* Recuperado de https://capes.cl/el-centro/

Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad. (2022b). *Recursos y publicaciones*. Recuperado de https://capes.cl/recursos-y-publicaciones/

Centro de Investigación para el Cambio Climático (CiiCC). (2022a). *Líneas de investigación*. Recuperado de http://www.ciicc.cl/lineas-de-investigacion/

Centro de Investigación para el Cambio Climático (CiiCC). (2022b). *Proyectos*. Recuperado de http://www.ciicc.cl/proyectos/

Centro de Investigación para la Sustentabilidad. (2022a). *Líneas de investigación*. Recuperado de https://cis.unab.cl/lineas-de-investigacion/

Centro de Investigación para la Sustentabilidad. (2022b). *Proyectos*. Recuperado de https://cis.unab.cl/investigacion/proyectos/

Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales (CIGREN). (2022a). *Nosotros*. Recuperado de https://cigren.cl/nosotros/

Centro de Investigación y Gestión de Recursos Naturales (CIGREN). (2022b). *Proyectos*. Recuperado de https://cigren.cl/proyectos/

Cereceda-Balic, F., Ruggeri, M.F., Vidal, V., Ruiz, L., Fu, J.S. (2022). Understanding the role of anthropogenic emissions in glaciers retreat in the central Andes of Chile. *Environmental Research, 214*.

Church, J.A., & White, N.J. (2011). Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century. *Surveys in Geophysics, 32*, 585–602. doi: https://doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Repercusiones en América Latina y el Caribe de la guerra en Ucrania: ¿cómo enfrentar esta nueva crisis?* Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47912/3/S2200419_es.pdf

Cordero, R., Feron, S., Llanillo, P., & Barria, K. (2019). Influencia del agujero de ozono en las precipitaciones de Sudamérica. *Boletín Antártico Chileno*, 31(1-2), 30-31.

Cifuentes, L.; Quiroga, D.; Valdes, J. & Cabrera, C., 2020. *Informe Proyecto ARClim: Salud*. Recuperado de https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/12_SALUD_B.pdf

Collao-Barrios, G., Gillet-Chaulet, F., Favier, V., Casassa, G., Berthier, E., Dussaillant, I., Mouginot, J., & Rignot, E. (2018). Ice flow modelling to constrain the surface mass balance and ice discharge of San Rafael Glacier, Northern Patagonia Icefield. *Journal of Glaciology, 64*(246), 568-582. doi:10.1017/jog.2018.46

Comisión Chilena del Cobre. (2020a). *Proyección de la producción de cobre en Chile 2020 - 2031*. Recuperado de https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Proyeccion%20de%20la%20produccion%20esperada%20de%20cobre%202020%20-%202031.pdf

Comisión Chilena del Cobre. (2020b). *Oferta y demanda de litio hacia el 2030*. Recuperado de https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030.pdf

Consejo Políticas de Infraestructura. (2019). *Megasequía impulsa desarrollo de desaladoras en Chile: ya hay 24 plantas operando y hay otros 22 proyectos en diferentes etapas de avance*. Recuperado de https://www.infraestructurapublica.cl/megasequia-impulsa-desarrollo-desaladoras-chile-ya-24-plantas-operando-otros-22-proyectos-diferentes-etapas-avance/

Cooley, S., Schoeman, D., Bopp, L., Boyd, P., Donner, S., Ghebrehiwet, D.Y., Ito, S., Kiessling, W., Martinetto, P., Ojea, E., Racault, M.F., Rost, B., & Skern-Mauritzen, M. (2022). Oceans and Coastal Ecosystems and Their Services. En H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. pp. 379–550). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Cubillos, L., Soto, D., Hernández, A., & Norambuena, R. (2020). *Informe Proyecto ARClim: Pesca Costera*. Recuperado de https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/02_PESCA_COSTERA.pdf

Cursach, J.A., Arriagada, A., Rau, J.R., Ojeda, J., Bizama, G., & Becerra, A. (2019). Predicting the potential distribution of the endemic seabird Pelecanus thagus in the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under different climate change scenarios. . *PeerJ*, 7:e7642 doi: http://doi.org/10.7717/peerj.7642

De Moraes-Balboa, M., Lara, C., Paredes, Á., & Broitman, B. (2020). Efectos del cambio climático sobre los glaciares del complejo volcánico nevados de Chillán. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis, 56*, 5-13.

Diaz, F., Latorre, C., Carrasco-Puga, G., Madera, J.M., Wilmshurst, J.M., Soto, D.C., Cole, T.L., & Gutierrez, R.A. (2019). Multiscale climate change impacts on plant diversity in the Atacama Desert. *Global Change Biology, 5*(5), 1733-1745.

Dirección de Presupuestos. (2022). *Cuarto trimestre 2021. Informe de Finanzas Públicas*. Recuperado de https://www.dipres.gob.cl/598/articles-264776_Informe_PDF.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2022). *Embalses al 40% de su capacidad*. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=825

Dirección General de Aguas (DGA). (2021a). *Pronóstico de caudales de deshielo temporada de riego 2021-2022*. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Documents/Pronostico_2021_2022.pdf

Dirección Metereológica de Chile (2022). *2021. Reporte Anual de la Evolución del Clima en Chile*. Recuperado de https://docs.google.com/document/d/1MoFi6wPtJhUwuQT3SFDaaSzN6wRXqzL6/edit#

Dussaillant, I., Berthier, E., Brun, F., Masiokas, M., Hugonnet, R., Favier, V., Rabatel, A., Pitte, P., & Ruiz, L. (2019). Two decades of glacier mass loss along the Andes. *Nature Geoscience*, 12, 802–808. doi: https://doi.org/10.1038/s41561-019-0432-5

Enriquez-Acevedo, T., Botero, C. M., Cantero-Rodelo, R., Pertuz, A., & Suarez, A. (2018). Willingness to pay for Beach Ecosystem Services: The case study of three Colombian beaches. Ocean & Coastal Management, 161, 96-104. doi: https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2018.04.025

Farías-Barahona, D., Vivero, S., Casassa, G., Schaefer, M., Burger, F., Seehaus, T., Iribarren-Anacona, P., Escobar, F., & H. Braun, M. (2019). *Remote Sensing, 11*, 1-17. doi:10.3390/rs11030260

Festa, F., Ancillotto, L., Santini, L., Pacifici, M., Rocha, R., Toshkova, N.,...Razgour, O. (2022). Bat responses to climate change: a systematic review. *Biological Reviews*. doi: 10.1111/brv.12893

Fonseca, M. (2020). *Opinión: estimaciones de los efectos del estallido social y la COVID-19 sobre el empleo y el crecimiento económico en Chile*. Recuperado de https://portal.ucm.cl/noticias/opinion-estimaciones-los-efectos-del-estallido-social-la-covid9-empleo-crecimiento-economico-chile#:~:text=En%202019%2C%20el%20estallido%20social,producto%20de%20la%20Covid%2D19

Fuentealba, A., Duran, L., & Morales, N. (2021). The impact of forest science in Chile: history, contribution, and challenges. *Canadian Journal of Forest Research*, *51*(6): 753-765. https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0471

Fuentes-Castillo, T., Scherson, R.A., Marquet, P.A., Fajardo, J., Corcorán, D., Román, M.J., & Pliscoff, P. (2019). Modelling the current and future biodiversity distribution in the Chilean Mediterranean hotspot. The role of protected areas network in a warmer future. *Diversity and Distributions, 25*(12): 1897-1909.

Fundación Rewilding Chile, Ministerio de Agricultura, Servicio Nacional de Turismo, Chile es Tuyo, Aysén Patagonia. (2022). *Pasaporte. Ruta de los Parques de la Patagonia*. Recuperado de https://pasaporte.rutadelosparques.org/

Gao, G., Zhao, X., Jiang, M., & Gao, L. (2021). Impacts of Marine Heatwaves on Algal Structure and Carbon Sequestration in Conjunction With Ocean Warming and Acidification. *Frontiers in Marine Science,* 8, 1-12. doi: 10.3389/fmars.2021.758651

Garreaud, R.D., Boisier J.P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H.H., Veloso-Aguila, D. (2019). The Central Chile Mega Drought (2010– 2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*. 1-19.

Global Carbon Project. (2022). *Global Carbon Atlas 2021*. Recuperado de http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas

Gobler, C. (2020). Climate Change and Harmful Algal Blooms: Insights and perspective. *Harmful Algae*, *91*, 1-4. doi: https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101731

Habit, E., González, J., Ortiz-Sendoval, J., Elgueta, A., Sobenes, C. 2015. Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. *Ecosistema, 24*(1): 43-51. doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-1.08

Hardin, G. (1968). The Tragedy of Commons. *Science, 162*, 1243-1248.

Hernández, C. (2019). *Revisión sistemática de trabajos académicos en Chile sobre Conflictos Socio Ambientales durante el periodo 2008-2018 como aporte en la toma de decisiones en la gestión y planificación ambiental* (tesis de magíster). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Herrera-Mansilla, M. (2020). Controversias socioambientales al sur de Chile: el caso de la crisis de la marea roja en la Isla Grande de Chiloé. *Región y sociedad*, *32*, 1-25. doi: https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1343

Huneeus, N., Urquiza A., Gayó, E., Osses, M., Arriagada, R., Valdés, M., Álamos, N., Amigo, C., Arrieta, D., Basoa, K., Billi, M., Blanco, G., Boisier, J.P., Calvo, R., Casielles, I., Castro, M., Chahuán, J., Christie, D., Cordero, L., Correa, V., Cortés, J., Fleming, Z., Gajardo, N., Gallardo, L., Gómez, L., Insunza, X., Iriarte, P., Labraña, J., Lambert, F., Muñoz, A., Opazo, M., O'Ryan, R., Osses, A., Plass, M., Rivas, M., Salinas, S., Santander, S., Seguel, R., Smith, P., Tolvett, S (2020). *El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por MP2,5 en el centro y sur de Chile*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Recuperado de https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/09/Informe_Contaminacion_Espanol_2020.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022a). *Proyecciones de población*. Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022b). *Medio Ambiente Informe Anual 2021*. Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2021-(versi%C3%B3n-actualizada-al-06-de-abril-del-2022).pdf

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022c). *Variables básicas ambientales*. Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/economia/energia-y-

medioambiente/variables-basicas-ambientales

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2021). *Género y empleo: impacto de la crisis económica por COVID- 19*. Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/genero/documentos-de-an%C3%A1lisis/documentos/g%C3%A9nero-y-empleo-impacto-de-la-crisis-econ%C3%B3mica-por-covid19.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate Change 2021. The Physical Science Basis.

International Labour Organization. (2019). *"Working on a Warmer Planet".* Recuperado en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---

Istúriz, D. (25 de octubre de 2018). Tres consecuencias del cambio climático que ya se sienten en Chile. *La tercera*. Recuperado de https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/tres-consecuencias-del-cambio-climatico-ya-se-sienten-chile/375289/

Iturra-Herrera, L., Brito-Carrasco, B., Daigre, M., Arce, P., Arriagada-Gajewski, M. (2019). Ampliación del rango de distribución sur de *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy Saint Hilaire, 1810), Islote de Pupuya, región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile Central. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natura*l, Chile, 68(1-2), 5-12.

Izagirre, E., Darvill, C.M., Rada, C., & Aravena, J.C. (2018) Glacial geomorphology of the Marinelli and Pigafetta glaciers, Cordillera Darwin Icefield, southernmost Chile, *Journal of Maps, 14*, 269-281, doi: 10.1080/17445647.2018 .1462264

Jackson, R.B., Friedlingstein, P., Le Quéré, C., Abernethy, S., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Ciais, P., Davis, S.J., Deng, Z., Liu, Z., Korsbakken, J.I., & Pedro, G.P. (2022). Global fossil carbon emissions rebound near preCOVID-19 levels. *Environmental Research Letters, 17*(3), 1-8.

Jara-Arancio, P., Silva-Carvalho, C., Carmona-Ortiz, M., Bustamante, R.O., Schmidt, P.M., Da Silva, S.C.,...Fleury, M. (2022). Genetic Diversity and Population Structure of Jubaea chilensis, an Endemic and Monotype Gender from Chile Based on SNP Markers. *Plants, 11*(15), 1-14.

Lapere, R., Mailler, S., Menut, L., & Huneeus, N. Pathways for wintertime deposition of anthropogenic light-absorbing particles on the Central Andes cryosphere. *Environmental Pollution, 272*. doi: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115901.

Ley N° 19.300. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 09 de marzo de 1994.

Ley N° 21.455. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de junio de 2022.

Liu, S., Liu, Y., Alabia, I.D., Tian, Y., Ye, Z., Yu, H.,...Cheng, J. (2020). Impact of Climate Change on Wintering Ground of Japanese Anchovy (Engraulis japonicus) Using Marine Geospatial Statistics. *Frontiers in Marine Science*, 31.

Naciones Unidas (NU). (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

Nerem, R.S., Beckley, B.D., Fasullo, J.F., Hamlington, B.D., Masters, D., & Mitchum, G.T. (2018). Climate-change–driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 115*(9), 2022-2025.

Nicolo, G., Alonso, G., Barkin, D., Brailovsky, A., Brzovic, F., Carrizosa, J., . . . Villamil, J. (2020). *La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). ISBN: 9789211220438

Nunez, C., & National Geographic Staff. (2022). *Sea level rise, explained*. Recuperado de https://www.nationalgeographic.com/environment/article/sea-level-rise-1#:~:text=Average%20sea%20levels%20have%20swelled,by%20a%20foot%20by%202050

Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, *91*(3), 149-155. doi: 10.1016/j.ciresp.2011.07.009

Mardones F., Aguayo, M., Smith, E., & Ruiz, P. (2018). Retroceso glacial reciente en el Campo de Hielo Norte, región de Aysén, Chile: relación con variaciones climáticas. *Revista de geografía Norte Grande*, (69), 121-147. doi: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022018000100121

Marquet P. A., Altamirano, A., Arroyo, M.T.K., Fernández, M., Gelcich, S., Górski, K.,...Smith-Ramírez, C. (2019). *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones*. Santiago, Chile: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Marquet, P.A., Gaxiola, A., Áviña-Thieme, M., Pica-Téllez, A., Vicuña, S., Alaniz, A., Etcheverry, G., González, D., Jara, V. & Menares, L. (2022). *Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47883/S2100898_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Masiokas, M.H., Rabatel, A., Rivera, A., Ruiz, L., Pitte, P., Ceballos, J.L., Barcaza, G., Soruco, A., Bown, F., Berthier, E., Dussaillant, I., & MacDonell, S. (2020). A Review of the Current State and Recent Changes of the Andean Cryosphere. *Frontiers in Earth Science, 8*:99. doi: 10.3389/feart.2020.00099

Masiokas, M.H., Christie, D.A., Le Quesne, C., Pitte, P., Ruiz, L., VIllalba, R., Luckman, B.H., Berthier, E., Nussbaumer, S.U., González-Reyes, Á., McPhee, J., & Barcaza, G. (2016). Reconstructing the annual mass balance of the Echaurren Norte glacier (Central Andes, 33.5◦ S) using local and regional hydroclimatic data, *The Cryosphere, 10*, 927–940.

Mella, M., Duhart, P., Garrido, N., Vergés, A., Fernández, J., Sepúlveda, V., Quiroz, D., Hermosilla, G., & Moreno, H. Flujo de lodo turbulento por desagüe explosivo (outburst) de lago proglacial asociado a un deslizamiento en el marco del cambio climático: Desastre en Villa Santa Lucía, Andes del Sur, Chile. *XV Congreso Geológico Chileno "Geociencias hacia la Comunidad"*. Universidad de Concepción, Nov 2018, Concepción, Chile.

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2021). Resumen de resultados: Pobreza por Ingresos y Distribución de Ingresos. Recuperado de http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2020/Resumen_de_resultados_de_Pobreza_por_Ingresos_y_Distribucion_de_Ingresos.pdf

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2021). I*nforme de Resultados: aproximación PIB turístico de Chile. Periodo 2013-2019*. Recuperado de http://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/Informe-de-resultados-PIB-tur%C3%ADstico-2013-2019-1.pdf

Ministerio de Relaciones Exteriores. (2020). *Mares de Chile. Visión 2040*. Recuperado de https://biblioteca.digital.gob.cl/bitstream/handle/123456789/3940/60_Mares%20de%20Chile.%20Visi%C3%B3n%202040.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Salud. (2019). *Olas de calor*. Recuperado de https://samucoquimbo.cl/Cambio%20Climatico/28%20y%2029%20agosto/7)%20Olas%20de%20Calor.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2021). Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021. Recuperado de https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/REMA2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2020a). *Atlas de riesgos climáticos. Sequías hidrológicas*. Recuperado de https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/sequias_hidrologicas/

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2020b). *Atlas de riesgos climáticos. Erosión de playas*. Recuperado de https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/playas/

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2019). *Determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile*. Recuperado de https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/2019-09-23-Informe-V01-CCCostas-Amenazas-Rev1.pdf

Molina, C., Castillo, A. & Samaniego, H. (2018). Evaluación del nicho ambiental de Lycalopex fulvipes (zorro de Darwin) y la incidencia del cambio climático sobre su distribución geográfica. *Gayana (Concepción), 82*(1), 65-78. doi: https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382018000100065

Morales, C.L., Montalva, J., Arbetman, M.P., Aizen, M.A., Martins, A.C., & Paiva, D. (2022). Does climate change influence the current and future projected distribution of an endangered species? The case of the southernmost bumblebee in the world. Journal of *Insect Conservation, 26*, 257–269. doi: https://doi.org/10.1007/s10841-022-00384-5

Müller-Using, S., Bahamóndez V, C., Sagardía Parga, R., Vergara, G., & Reyes, R. (2021). Bosques nativos de Chile: estado, presiones e importancia en una época de cambios. INFOR. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30461

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2017). *Agricultura Chilena: Reflexiones y desafíos al 2030*. Recuperado de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf_2030-1.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2020). *Versión Resumida. El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Recuperado de https://www.fao.org/3/ca9231es/ca9231es.pdf

Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD). (1993). *OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment*. París, Francia.

Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD). (2022).

Income inequality (indicator). Recuperado de 10.1787/459aa7f1-en

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons The Evolution of Institutions for Collective Action.* Cambridge: Press Sindicate of the University of Cambridge. ISBN: 0-521-40599-8

Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. *88*(4), 924-935.

Pandia, E. (2016). Modelo presión, estado, respuesta (p-e-r), para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua caso: cuenca del río Puyango Tumbes. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas. 19*(37), 39-46.

Parmesan, C., Morecroft, M.D., Trisurat, Y., Adrian, R., Zakaria, G., Arneth, A., Gao, Q., Gonzalez, P., Harris, R., Price, J., Stevens, N., Hirak, G. (2022). Terrestrial and Freshwater Ecosystems and Their Services. En H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 197-377). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Pavez M., & Molina, M. (2019). Proyección bioclimática de la Eschscholzia californica en la zona mediterránea de Chile central. *Revista Geográfica de Valparaíso*, (56), 1-12.

Pecl, G.T., Araújo, M.B., Bell, J.D., Blanchard, J., Bonebrake, T.C., Chen, I.,...Williams, S.E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science, 355*(6332).

Peña, M., & Olmedo, F. (2019). Estimación de las variaciones espacio temporales de albedo en los glaciares olivares, Chile Central. Revista *Geográfica de Chile Terra Australis, 55*, 35-44.

Poveda, R. (2020). *Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Powers, D.R., Langland, K.M., Wethington, S.M., Powers, S.D., Graham, C.H., & Tobalske, B.W. (2017). Hovering in the heat: effects of environmental temperature on heat regulation in foraging hummingbirds. *Royal Society Open Science*, 4, 1-14.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Informe sobre Desarrollo Humano 2020*. Recuperado de https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2020spinformesobredesarrollohumano2020pdf.pdf

Quinteros, B. (2021). Las actitudes de los residentes hacia el turismo. Caso de estudio: comuna de Cochamó, Chile. *Revista de Turismo e Identidad*, 2(2): 17-38.

Rivas, H. (1998). Los Impactos Ambientales en áreas Turísticas Rurales y propuestas para la Sustentabilidad. *Gestión Turística*, (3), 47-75. doi: https://doi.org/10.4206/gest.tur.1998.n3-04

Saa, R. (12 de agosto de 2022). Desalinización de agua de mar en el marco de la propuesta constitucional. *Facultad de Gobierno*. Recuperado de https://gobierno.uchile.cl/noticias/189163/desalinizacion-de-agua-de-mar-en-la-propuesta-constitucional

Saavedra, F. (2020). Conexión entre ENSO y la frecuencia de nieve en Los Andes. En R. Cordero y R. Fuenzalida (Eds.), *El Niño y Cambio Climático. Sus efectos en Chile. El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y teleconexión* (pp. 61-62).

Sánchez, B. (2019). *Medioambiente y pobreza: Construir resiliencia frente al cambio climático*. Recuperado de https://www.entreculturas.org/sites/default/files/noticias/documento_medioambiente_y_pobreza.pdf

Servicio de Impuestos Internos (SII). (2022). *Balance Operación Renta 2022*. Recuperado de https://www.sii.cl/destacados/renta/2022/14072022_balanceoperacionrenta.pdf

Shaw, T., Ulloa, G., Farías-Barahona, D., Fernandez, R., Lattus, J., & McPhee, J. (2021). Glacier albedo reduction and drought effects in the extratropical Andes, 1986–2020. *Journal of Glaciology, 67*(261), 158-169. doi:10.1017/jog.2020.102

Sierra-Beltrán, A.P., Lluch-Cota, D.B., Lluch-Cota, S.E., Cortés-Altamirano, R., Cortés-Lara, M.C., Castillo-Chávez, M., Carrillo, L., Pacas, L., Víquez, R., & García -Hansen, I. (2004). Dinámica espacio-temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. *Revista de Biología Tropical*, *52*(1), 99-107.

Silva, C., Leiva, F., & Lastra, J. (2018). Predicting the current and future suitable habitat distributions of the anchovy (Engraulis ringens) using the Maxent model in the coastal areas off central-northern Chile. *Fisheries Oceanography*, 28(2), 171-182.

Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA). (2022). *Registro público de Sanciones*. Recuperado de https://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/Resultado

Solórzano-Chamorro, J. J., Vera-Basurto, J. S., & Buñay-Cantos, J. P. (2022). Crecimiento económico y medio ambiente. *RECIAMUC, 6*(1), 203-212. doi: https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.203-212

Soto, D., León-Muñoz, J., Molinet, C., Soria-Galvarro, Y., Videla, J., Opazo, D., Díaz, P., Tapia, F., & Segura, C. (2020). *Informe Proyecto ARClim: Acuicultura*. Recuperado de https://arclim.mma.gob.cl/media/informes_consolidados/01_ACUICULTURA.pdf

Suárez, G. (2011). *Crecimiento económico vs. degradación ambiental: ¿existe una curva de Kuznets ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1970-2008* (tesis de maestría). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Quito, Ecuador.

Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales. (2021). *Informe: Perspectivas Económicas Globales y Comercio Exterior de Chile*. Recuperado de https://www.subrei.gob.cl/docs/default-source/estudios-y-documentos/otros-documentos/informe-macro-agosto-2021.pdf?sfvrsn=b4b1e23b_1

Subsecretaria de Turismo. (2022). *Visitas a Parques, Reservas, Áreas Protegidas y Monumentos Nacionales, Serie 2009 – 2021*. Recuperado de http://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/Serie-Visitas-a-SNASPE-CONAF-2009-2021.xlsx

Subsecretaria de Turismo y Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR). (2021). *Barómetro de Turismo*. Recuperado de http://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2015/10/20210129_Bar%C3%B3metro-de-Turismo-Enero-2021.pdf

Tewari, K. (2022). A Review of Climate Change Impact Studies on Harmful Algal Blooms. *Phycology*, *2,* 244-253. doi: https://doi.org/10.3390/phycology2020013

Torres, R. (2019). *Efectos del Cambio Climático sobre la Salud y el Trabajo Impacto sobre actividades laborales y su entorno*. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27839/1/Efectos_del_cambio_climatico_sobre_la_salud_y_el_trabajo.pdf

UNESCO. (2022). Informe del estado de los Océanos. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381921

Valdés-Pineda R., Cañón, J., Valdés, J.B. (2018). Multi-decadal 40- to 60-year cycles of precipitation variability in Chile (South America) and their relationship to the AMO and PDO signals. *Journal of Hydrology, 556*, 1153-1170. doi: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.031.

Vargo, L.J., Galewsky, J., Rupper, S., & Ward, D.J. (2018). Sensitivity of glaciation in the arid subtropical Andes to changes in temperature, precipitation, and solar radiation. *Global and Planetary Change*, 163, 86-96. doi: https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.02.006.

Velásquez, L., & D' Armas, M. (2013). Indicadores de desarrollo sostenible para la planificación y toma de decisiones en el municipio caroní. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, *17*(6), 19-27.

Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Gimeno, L., Nieto, R., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Beguería, S., & Azorin-Molina, C. (2011). A multiscalar global evaluation of the impact of ENSO on droughts. *Journal of Geophysical Research*. 116, 1-23. doi: 10.1029/2011JD016039.

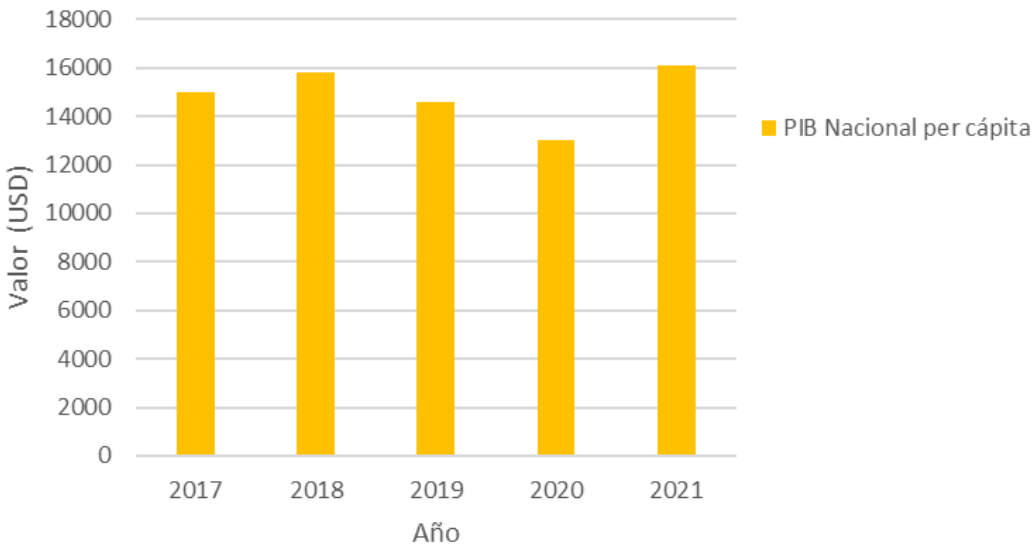
ANEXOS

ANEXO 1. PIB per cápita 2017-2021

Periodo	PIB Nacional per cápita (USD)
2017	15.010
2018	15.787
2019	14.601
2020	13.029
2021	16.099

Fuente: Banco Central de Chile, 2022e.

ANEXO 2. Evolución del PIB per cápita (2012-2021)



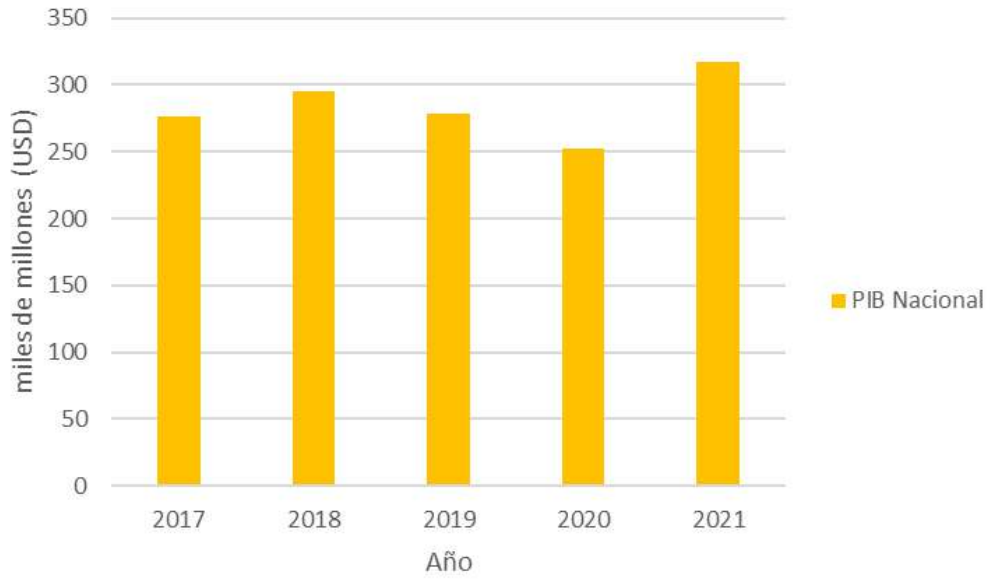
Fuente: Banco Central de Chile, 2022e.

ANEXO 3. Evolución del PIB nacional 2017-2021 (miles de US$)

Año	PIB Nacional
2017	276.364.933,7
2018	295.402.652
2019	278.584.733,1
2020	252.727.193,7
2021	317.058.508,7

Fuente: Banco Mundial, 2022h.

ANEXO 4. Evolución del PIB (miles de millones de USD), periodo 2017-2021)



Fuente: Banco Mundial, 2022h.

ANEXO 5. Precipitaciones anuales, según estación meteorológica (2016-2020)

Estación	Ubicación	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Var% 16-21
Chacalluta	Arica	0,3	3,1	0,0	6,2	7,8	1,5	400%
Diego Aracena	Iquique	0,0	0,0	0,0	4,4	2,6	0,0	0%
Cerro Moreno	Antofagasta	4,6	21,0	2,6	0,4	3,2	0,4	-91%
Mataverí	Isla de Pascua	744,3	661,8	936,4	878,4	991,6	881,4	18%
La Florida	La Serena	38,2	169,4	45,2	12,2	50,0	15,8	-59%
Punta Ángeles	Valparaíso	312,1	453,2	226,3	83,2	261,1	…	…
Jardín Botánico	Viña del Mar	…	500,9	…	…	303,4	…	…
Quinta Normal	Santiago	268,7	278,4	151,4	82,0	187,7	113,9	-58%
Pudahuel	Santiago	218,6	181,2	117,2	47,2	150,1	75,9	-65%
Juan Fernández	Juan Fernández	794,2	1102,8	1050,6	687,0	840,0	973,0	23%
General Freire	Curicó	490,2	657,8	414,0	163,4	438,0	327,2	-33%
Bernardo O'Higgins	Chillán	508,0	881,4	764,7	628,4	572,5	552,4	9%
Carriel Sur	Concepción	616,0	929,8	781,3	715,6	808,8	559,2	-9%
Manquehue	Temuco	815,8	…	10931,1	…	823,7	…	…
Pichoy	Valdivia	1271,8	1705,9	1569,6	1071,3	1400,9	949,0	-25%
Cañal Bajo	Osorno	836,6	1358,0	1316,4	865,0	1136,6	744,2	-11%
El Tepual	Puerto Montt	963,8	1784,0	1441,6	1127,2	1352,0	921,7	-4%
Teniente Vidal	Coyhaique	527,9	1326,7	932,0	783,2	1039,2	720,9	37%
Balmaceda	Coyhaique	276,3	669,2	44,3	…	416,3	…	…
Pdte. Carlos Ibáñez	Punta Arenas	221,6	286,2	352,4	334,6	300,4	242,2	9%
Eduardo Frei Montalva	Base Antártica	1035,6	1336,4	…	641,7	779,1	440, 2	-57%

Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por INE y MeteoChile, 2022.

ANEXO 6. Estado embalses al 31 de agosto de 2022

Embalse	Año Inicio	Región	Cuenca	Uso principal	Cap. Máx. (mill m^3)	2017	2018	2019	2020	2021
Recoleta	1959	IV	Limarí	Riego	100	86	85	70	54	27
La Paloma	1967	IV	Limarí	Riego	748	567	573	445	309	178
El Yeso	1967	RM	Maipo	A.P.	220	133	125	99	123	180
Rapel	1970	VI	Rapel	Generación	695	443	486	495	494	611
Colbún	1985	VII	Maule	Generación	1544	841	818	766	886	913
Lago Laja	1930	VIII	Bío Bío	Gen. Y Riego	5582	529	1092	1216	930	945

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2022.

ANEXO 7. Erosión de playas chilenas

Playa	Amenaza	Exposición	Sensibilidad	Riesgo
Playa Grande, Tongoy	0,8451	0,8919	0,5205	0,3923
Hornitos	0,8795	0,4573	0,9167	0,3687
Chañaral (bahía)	0,8187	0,5824	0,4756	0,2268
Arauco – Laraquete	0,9849	0,5737	0,3801	0,2148
La Serena	0,8365	1	0,2244	0,1877
Bahía La Ligua	0,8897	0,399	0,5154	0,1829
Santo Domingo a El Yali	0,8919	0,4229	0,416	0,1569
Pichilemu (Pta. de Lobos)	0,9139	0,1902	0,75	0,1304
Lebu – Tirúa	1	0,2875	0,434	0,1248
Bahía de Concón	0,8944	0,4154	0,3109	0,1155
Escuadrón	0,981	0,2292	0,3949	0,0888
Algarrobo	0,8919	0,1261	0,5718	0,0643
Guanaqueros	0,8427	0,315	0,2244	0,0596
Quintero	0,8934	0,1774	0,3269	0,0518
Bahía de Lebu	0,9934	0,2223	0,2346	0,0518
Bahía Huasco	0,81	0,174	0,3167	0,0446
Cartagena y El Tabo	0,89	0,1592	0,284	0,0402
Bahía de Coronel, Playa Blanca	0,9826	0,0759	0,5109	0,0381
Playa Pichidangui	0,8871	0,1649	0,2571	0,0376
Iquique (playa Brava)	0,7803	0,0882	0,4186	0,0288
Playa Amarilla (Ba. Conchalí), Los Vilos	0,8845	0,109	0,2821	0,0272
Bahía de Papudo	0,891	0,0702	0,3981	0,0249
La Herradura	0,8372	0,0649	0,4199	0,0228
Bahía de San Vicente (Talcahuano - Hualpén)	0,9756	0,11	0,209	0,0224
Caldera	0,8097	0,3284	0,0833	0,0222
Pichicuy	0,8896	0,1063	0,2122	0,0201
Los Marineros	0,8952	0,1036	0,1763	0,0164
Reñaca	0,8954	0,058	0,3096	0,0161
El Quisco	0,8912	0,0539	0,3192	0,0153
Tunquén	0,8927	0,0587	0,2744	0,0144
Iquique (playa Cavancha)	0,7803	0,0378	0,4756	0,014

Llico	0,9844	0,0581	0,1667	0,0095
Los Molles	0,8888	0,0348	0,2128	0,0066
Tubul	0,9847	0,034	0,1667	0,0056
Caleta Abarca	0,895	0,0095	0,4218	0,0036
Caleta Portales	0,8949	0,0096	0,3506	0,003
Las Cruces	0,8904	0,0117	0,2917	0,003
Las Salinas	0,8953	0,006	0,3987	0,0022
Anakena	0,8099	0,006	0,3481	0,0017
El Encanto	0,8955	0,0045	0,3333	0,0014
Las Cañitas	0,8954	0,0035	0,4167	0,0013
Las Torpederas	0,895	0,0028	0,4929	0,0013
Maitencillo	0,8917	0,0029	0,4429	0,0011
Cochoa	0,8955	0,0026	0,3333	0,0008
Miramar	0,895	0,0012	0,4878	0,0005

Fuente: ARClim, 2022.


FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: AIRE



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: AIRE

Autores:
Gustavo Orrego-Méndez (1)
Beatriz Pogorelow Morales (2)

Asistente de investigación:
Paz Iturriaga-Chávez (3)

(1) Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Investigadora asistente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(3) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 1. AIRE
Gustavo Orrego y Beatriz Pogorelow, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP
Asistente de Investigación: **Paz Iturriaga**, Universidad de Chile - Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas

---

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

1. AIRE **9**

1.1. ANTECEDENTES GENERALES *9*

1.1.1. Estaciones de monitoreo de calidad del aire 13

1.1.2. Registro de emisiones y transferencias de contaminantes 15

1.2. NORMATIVA APLICABLE *22*

1.2.1. Normas primarias de calidad del aire 22

1.2.2. Normas secundarias de calidad del aire 30

1.2.3. Proceso de revisión de normas de calidad ambiental 32

1.2.4. Estándares internacionales 34

1.3. PRINCIPALES CONTAMINANTES *40*

1.3.1. Material particulado (MP_{10} y $MP_{2.5}$) 40

1.3.2. Ozono (O_3) 63

1.3.3. Dióxido de azufre (SO_2) 66

1.3.4. Dióxido de nitrógeno (NO_2) 70

1.3.5. Monóxido de carbono (CO) 72

1.4. PLANES DE PREVENCIÓN Y/O DESCONTAMINACIÓN AMBIENTAL (PPDA) *76*

1.5. CASOS ESPECIALES *83*

1.5.1. Macrorregión Norte - Provincia de Copiapó 83

1.5.2. Macrorregión Centro - Puchuncaví Quintero 84

1.5.3. Macrorregión Sur - Temuco y Padre las casas 86

1.5.4. Macrorregión Austral - Coyhaique 88

1.6. REFLEXIONES *89*

1.6.1. Ausencia de normas primarias de calidad del aire para contaminantes nocivos para la salud 90

1.6.2. Presencia de estándares de calidad del aire que subestiman los riesgos en la salud de las personas 93

1.6.3. Reducido porcentaje de representatividad poblacional de las estaciones existentes 94

1.6.4. Deficiencias en la elaboración de Planes de Prevención y/o Descontaminación ambiental 96

1.7. BIBLIOGRAFÍA *99*

1.8. ANEXOS *113*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Pablo Ulricksen, Hugo Sandoval, Manuel Merino, Gerardo Alvarado y Eugenio Figueroa.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

1. AIRE

Autores: Gustavo Orrego [1]y Beatriz Pogorelow[1].
Asistente de Investigación: Paz Iturriaga[1].

1.1. ANTECEDENTES GENERALES

La calidad del aire se ha deteriorado a nivel mundial, encontrándose actualmente un 99% de la población mundial respirando aire con contaminantes que sobrepasan los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), aumentando rápidamente la cantidad de estudios que demuestran los efectos negativos de la contaminación del aire sobre la salud (OMS, 2022). Se ha demostrado durante los años que la exposición, tanto por corto como largos periodos de tiempo, a contaminantes en el aire aumenta el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, respiratorias y neurodegenerativas, además de ser una causa de muerte la cual se estima para 2018 fuera de 8,7 millones de muertes prematuras por material particulado fino a nivel mundial, destacando los países de China e India (So *et al*., 2021; Jo et al., 2022; Vohra *et al*., 2021).

El estudio y cuantificación de los efectos negativos de la contaminación del aire en la salud humana en particular, ha puesto una mayor presión sobre los países respecto a la regulación de los contaminantes y la necesidad de buscar su reducción para mejorar la calidad del aire y con ello la salud de las personas (Kunzli, 2002; Huneeus *et al*., 2020). A modo de guía, la OMS ha establecido límites mínimos para los contaminantes considerados seguros para la salud pública, los cuales están en constante revisión y estudio, datando la última actualización del año 2021 (OMS, 2021).

En cuanto a los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), siendo Chile uno de ellos, se han llevado a cabo estudios los cuales comparan las emisiones de distintos contaminantes del aire por parte de ellos. Liderando la lista de países más contaminantes se encuentra Estados Unidos, sobrepasando con creces los niveles de sus países pares para material particulado fino 2,5 ($MP_{2,5}$), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO_2). Sin embargo, desde el año 2007, los niveles de emisión de SO_2 por parte de Estados Unidos han disminuido considerablemente, acercándose a los niveles emitidos por Turquía o Australia

[1] Universidad de Chile - Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas

con 2.350 y 2.288 kilotoneladas respectivamente. No así la disminución que ha logrado en emisión de CO que sigue estando muy por sobre el nivel del segundo mayor emisor (**Ver Cuadros 1.1 y 1.2**).

Para el caso de Chile, en el 2017 resultó ser el 7mo mayor país emisor de $MP_{2,5}$ y el 8vo mayor emisor de SO_2 y CO respecto a los 38 países que conforman la OCDE, superando a países como Alemania, Reino Unido, España e Italia para algunos contaminantes (**Ver Cuadros 1.1, 1.2 y 1.3**). En el caso de NO_2, Chile ocupó en el 2017 el puesto 14 de los países de la OCDE, sin embargo, posee el mismo nivel de intensidad de emisión que España, país que ocupa el puesto 10 (**Ver Cuadro 1.4**).

Cuadro 1.1. Emisión $MP_{2,5}$ e intensidad de emisiones de los 10 principales países miembros emisores de la OCDE, años 2007 y 2017.

País	Emisión $MP_{2,5}$ 2007 (kilotoneladas)	Emisión $MP_{2,5}$ 2017 (kilotoneladas)	Intensidad de emisión de $MP_{2,5}$ 2007 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)	Intensidad de emisión de $MP_{2,5}$ 2017 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)
Estados Unidos	4.725	4.043	0,32	0,23
Canadá	1.550	1.674	1,15	1,05
Turquía	360	388	0,30	0,20
Italia	203	165	0,09	0,08
Francia	222	165	0,10	0,07
Polonia	158	147	0,22	0,15
Chile	**358**	**132**	**1,25**	**0,34**
Reino Unido	118	107	0,05	0,04
España	128	105	0,08	0,07
Alemania	129	99	0,04	0,03

Fuente: Elaboración propia en base Environment and Climate Change Canada, 2019.

Cuadro 1.2. Emisión SO_2 e intensidad de emisiones de los 10 principales países miembros emisores de la OCDE, años 2007 y 2017.

País	Emisión de SO_2 2007 (kilotoneladas)	Emisión de SO_2 2017 (kilotoneladas)	Intensidad de emisión de SO_2 2007 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)	Intensidad de emisión de SO_2 2017 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)
Estados Unidos	10.563	2.489	0,70	0,14
Turquía	2.523	2.350	2,09	1,19
Australia	2.445	2.288	2,76	2,01
Canadá	1.900	949	1,41	0,60
Japón	927	696	0,20	0,14
Polonia	1.174	583	1,63	0,58
Alemania	455	315	0,14	0,09
Chile	**400**	**306**	**1,39**	**0,79**
España	1.045	221	0,69	0,14
Reino Unido	632	172	0,27	0,07

Fuente: Elaboración propia en base Environment and Climate Change Canada, 2019.

Cuadro 1.3. Emisión CO e intensidad de emisiones de los 10 principales países miembros emisores de la OCDE, años 2007 y 2017.

País	Emisión de CO 2007 (kilotoneladas)	Emisión de CO 2017 (kilotoneladas)	Intensidad de emisión de CO 2007 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)	Intensidad de emisión de CO 2017 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)
Estados Unidos	68.247	45.017	4,54	2,60
Canadá	7.297	5.655	5,42	3,56
Alemania	3.540	2.828	1,10	0,78
Australia	3.383	2.815	3,82	2,47
Francia	4.491	2.690	1,91	1,06
Japón	2.954	2.656	0,64	0,55
Polonia	3.000	2.548	4,16	2,54
Chile	**4.496**	**2.460**	**15,65**	**6,38**
Italia	3.423	2.330	1,57	1,13
Reino Unido	2.748	1.550	1,18	0,60

Fuente: Elaboración propia en base Environment and Climate Change Canada, 2019.

Cuadro 1.4. Emisión NO_2 e intensidad de emisiones de los principales países miembros emisores de la OCDE, años 2007 y 2017.

País	Emisión de NO_2 2007 (kilotoneladas)	Emisión de NO_2 2017 (kilotoneladas)	Intensidad de emisión de NO_2 2007 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)	Intensidad de emisión de NO_2 2017 (toneladas por millón de dólares del PIB de EEUU)	Posición
Estados Unidos	16.335	9.668	1,09	0,56	1
Australia	2.224	2.665	2,51	2,34	2
Canadá	2.270	1.728	1,69	1,09	3
Japón	1.780	1.378	0,39	0,29	4
Alemania	1.504	1.184	0,47	0,33	5
Reino Unido	1.634	888	0,70	0,34	6
Francia	1.272	805	0,54	0,32	7
Polonia	892	803	1,24	0,80	8
Turquía	741	783	0,61	0,40	9
España	1.313	741	0,86	0,47	10
Chile	**164**	**180**	**0,88**	**0,47**	**14**

Fuente: Elaboración propia en base Environment and Climate Change Canada, 2019.

En Chile, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT) ejecutan diversas medidas, planes y programas con el fin de mejorar la calidad del aire y minimizar los eventos críticos de contaminación. Entre aquellas medidas podemos encontrar medidas de restricción vehicular durante los meses de mayo y agosto para la región Metropolitana, programas de recambio de calefactores que buscan reducir las emisiones derivadas del uso de leña residencial y los Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental (PPDA) instaurados para mantener o retornar a niveles de contaminantes que se encuentren dentro de la normativa de calidad ambiental.

Para velar por la calidad del aire en Chile, la emisión de contaminantes al aire se encuentra regulada por normas primarias las cuales determinan límites para las emisiones al aire de contaminantes como el material particulado (MP), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3) y plomo (Pb).

El sistema de alerta de calidad del aire mide principalmente los niveles de MP, obteniéndose en el año 2021 para el MP_{10} 118 episodios sobre la norma a nivel país y 87 episodios críticos, destacando Coyhaique con 20 y Santiago con 19 eventos (Departamento de Redes, Ministerio del Medio Ambiente y División de Calidad del Aire, 2021). En cuanto al número de episodios críticos de contaminación respecto al material particulado $MP_{2,5}$, para el año 2021 se reportaron un total de 666 casos a nivel nacional entre los meses de enero y septiembre, valor que engloba los casos de alerta ambiental, declaración de preemergencia y emergencia, convirtiéndose en el año con mayor número de eventos desde 2018, destacando el fuerte aumento sostenido para Talca (**Ver Cuadro 1.5**). Por otra parte, el número de episodios donde la normativa ambiental de dicho contaminante fue sobrepasada en 2021 resulta de 983 eventos (Departamento de Redes, Ministerio del Medio Ambiente y División de Calidad del Aire, 2021). Encontrándose la mayor concentración de episodios críticos en las ciudades de Osorno, Temuco, Talca, Puerto Montt, Coyhaique y Chillán, las cuales presentaron más de 50 eventos entre enero y septiembre de 2021 (**Ver Cuadro 1.5**).

Cuadro 1.5. Registro histórico de episodios críticos de $MP_{2,5}$.

Total Episodios Críticos MP2.5 Enero-Septiembre				
	2021	**2020**	**2019**	**2018**
Santiago	36	17	34	40
Rancagua	39	27	29	31
Curicó	35	15	21	39
Talca	60	42	33	49
Linares	41	45	50	61
Chillán	52	45	60	76
Los Ángeles	42	44	50	64
Concepción	21	25	22	-
Curanilahue	14	-	-	-
Temuco	63	76	67	111
Valdivia	45	59	52	80
La Unión	34	-	-	-
Osorno	65	70	60	96
Puerto Montt	58	45	43	40
Aysén	10	-	-	-
Coyhaique	51	80	88	96
Total país	666	590	609	783

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por Ministerio de Medio Ambiente (Reportes de Evolución de episodios críticos para MP2.5), 2022.

1.1.1. Estaciones de monitoreo de calidad del aire

Al año 2022, nuestro país cuenta con 219 estaciones correspondientes al Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA), las cuales reportan información sobre la medición de diversos contaminantes, entre los cuales se puede encontrar al material particulado y al dióxido de azufre como los más medidos. Siendo las regiones del Biobío y de Valparaíso las con mayor número de estaciones, a diferencia de la situación de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Magallanes, que cuentan con solo una estación reportante al SINCA (**Ver Cuadro 1.6**). Sin embargo, para junio de 2020, el registro de estaciones correspondientes a la red de monitoreo en línea era conformado por 141 estaciones, manteniendo una proporción de distribución por región similar (**Ver Cuadro 1.7**).

Cuadro 1.6. Estaciones reportantes al SINCA por región, año 2022.

Estadísticas de parámetros contaminantes SINCA 2022							
REGIÓN	**N° EST**	**$MP_{2,5}$**	**MP_{10}**	**SO_2**	**NO_2**	**CO**	**O_3**
Región de Arica y Parinacota	1	1	0	0	0	0	0
Región de Tarapacá	1	1	0	0	0	0	0
Región de Antofagasta	34	12	30	22	9	6	7
Región de Atacama	28	5	15	20	3	1	2
Región de Coquimbo	17	2	14	0	0	0	0
Región de Valparaíso	37	20	29	27	20	16	23
Región Metropolitana de Santiago	14	13	13	11	11	11	11
Región del libertador General Bernardo O'Higgins	14	4	11	10	3	6	7
Región del Maule	9	7	8	3	3	3	2
Región del Biobío	41	27	31	28	19	17	17
Región de La Araucanía	5	4	5	0	1	2	0
Región de los Ríos	7	4	6	5	5	5	4
Región de los Lagos	7	5	5	1	1	1	0
Región Aysén del General Carlos Ibañez del Campo	3	3	2	1	1	1	1
Región de Magallanes y Antártica Chilena	1	1	0	0	0	0	0
Total	**219**	**109**	**169**	**128**	**76**	**69**	**74**

Fuente: SINCA, 2022.

Cuadro 1.7. Redes de monitoreo en línea pertenecientes al SINCA para junio de 2020.

REGIÓN	**N° EST**	**$MP_{2,5}$**	**MP_{10}**	**O_3**	**SO_2**	**NO_2**	**CO**
Región de Arica y Parinacota	1	1	0	0	0	0	0
Región de Tarapacá	1	1	0	0	0	0	0
Región de Antofagasta	13	9	12	2	7	4	2
Región de Atacama	20	5	8	2	17	3	1
Región de Coquimbo	9	2	7	0	0	0	0
Región de Valparaíso	26	19	20	18	20	15	14
Región Metropolitana de Santiago	11	11	11	9	9	9	9

Región del libertador General Bernardo O'Higgins	7	4	5	2	4	0	1
Región del Maule	6	6	5	1	1	1	1
Región del Biobío	34	26	29	17	27	19	17
Región de La Araucanía	3	3	3	0	0	1	2
Región de los Ríos	3	3	2	1	1	1	1
Región de los Lagos	3	3	1	0	0	0	0
Región Aysén del General Carlos Ibañez del Campo	3	3	2	1	1	1	1
Región de Magallanes y Antártica Chilena	1	1	0	0	0	0	0
Total	**141**	**97**	**105**	**53**	**87**	**54**	**49**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos provistos por SINCA, 2022.

Aun cuando la presencia de estaciones de medición es más abundante para algunas regiones, es necesario considerar la representatividad de dichas estaciones. La representatividad de una estación viene dada por el cumplimiento de ciertas condiciones por parte de la estación que aseguran que las mediciones entregadas representan una condición general de la zona donde se ubican y no se ven alteradas por eventos particulares y aislados. Su importancia además radica en que es en estas estaciones donde se debe verificar el cumplimiento de la norma de calidad de aire (Ministerio del Medio Ambiente, s. f.).

Si se considera este factor, el número de estaciones a nivel nacional disminuye a 194, resultando en cero estaciones a nivel regional para algunos contaminantes. Disminución aún más drástica para el caso del $MP_{2,5}$ el cual pasa de 97 estaciones a 10 estaciones con representatividad a nivel nacional, las cuales a su vez se concentran en la zona centro sur del país (**Ver Cuadro 1.8**).

Cuadro 1.8. Listado de estaciones con representatividad poblacional.

Estaciones SINCA con representatividad poblacional						
REGIÓN	**$MP_{2,5}$**	**MP_{10}**	**SO_2**	**NO_2**	**CO**	**O_3**
Región de Arica y Parinacota	0	0	0	0	0	0
Región de Tarapacá	0	0	0	0	0	0
Región de Antofagasta	0	12	9	5	1	2
Región de Atacama	0	3	3	2	2	2
Región de Coquimbo	0	13	0	0	0	0
Región de Valparaíso	1	14	9	4	2	4
Región Metropolitana de Santiago	0	11	7	0	7	7
Región del libertador General Bernardo O'Higgins	1	7	5	3	4	5
Región del Maule	0	0	0	0	0	0
Región del Biobío	2	9	7	5	6	5
Región de La Araucanía	4	5	0	0	1	0
Región de los Ríos	1	1	0	0	0	0
Región de los Lagos	1	1	0	0	0	0
Región Aysén del General Carlos Ibañez del Campo	0	1	0	0	0	0
Región de Magallanes y Antártica Chilena	0	0	0	0	0	0
Total	10	77	40	19	23	25

Fuente: SINCA, 2022.

1.1.2. Registro de emisiones y transferencias de contaminantes

Otra fuente de información respecto a las emisiones de contaminantes al aire es el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), el cuál corresponde a un mecanismo ampliamente utilizado por países de la OCDE y cada país lo desarrolla de acuerdo con su contexto. Para Chile, el RETC es administrado por el MMA, en él son reportadas las emisiones de contaminantes nocivos para la salud por parte de actividades industriales o no industriales según lo estipulan las normas de emisión, planes de contaminación, resoluciones de calificación ambiental y reportes voluntarios de emisiones, además del Sistema de información de centrales termoeléctricas e Impuestos verdes. Los datos son reportados por emisiones de contaminantes tanto al aire como al agua. Respecto de las emisiones al aire, se hace distinción en cuanto a contaminantes emitidos por fuentes puntuales, fuentes difusas y transportes en ruta (MMA, 2021).

1.1.2.1. Fuentes puntuales

Las fuentes puntuales o estacionarias son aquellas que se canalizan por un ducto o chimenea y cuyas fuentes se encuentran dispuestas en un lugar físico determinado (Ministerio del Medio Ambiente, s. f.). A nivel país, las emisiones de contaminantes al aire por fuentes puntuales fueron de más de 62 millones de toneladas para el año 2020, presentando un aumento promedio por año de 2 millones desde 2018. A escala macrorregional, las emisiones se concentran de mayor a menor medida para la zona sur, norte, centro y austral, situación constante desde el año 2015 (**Ver Cuadro 1.9**).

Cuadro 1.9. Emisión de contaminantes al aire por fuentes puntuales por macrorregión (toneladas).

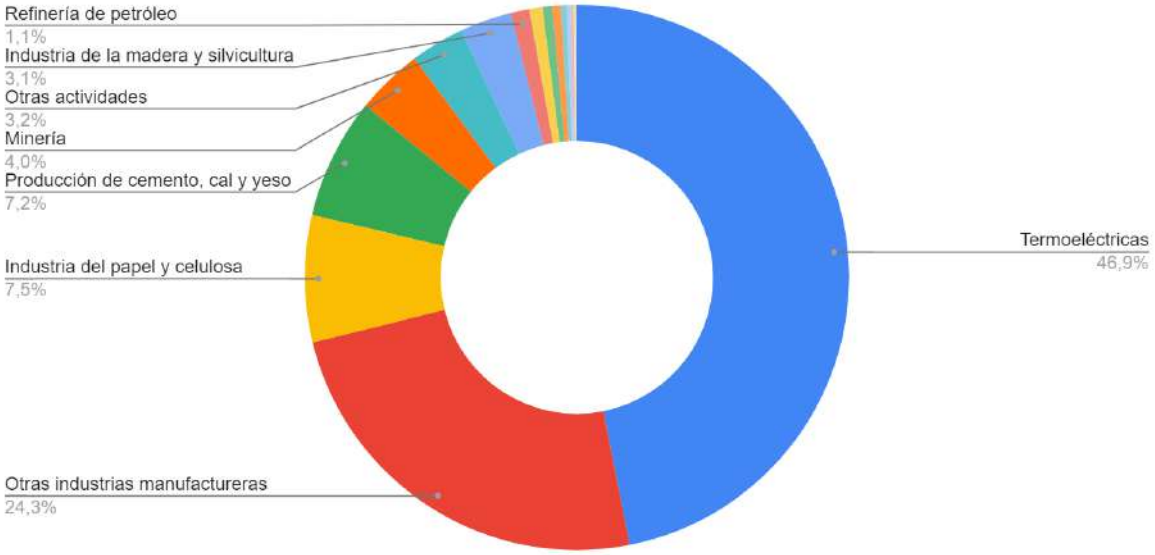
Macrorregión	2020	2018	2015
NORTE	22.154.406,27	19.708.662,86	21.082.778,94
CENTRO	14.754.001,64	12.351.318,31	11.975.138,36
SUR	23.242.816,06	25.174.713,07	12.231.956,16
AUSTRAL	2.293.486,70	832.486,18	825.227,97
Total	**62.444.710,67**	**58.067.180,42**	**46.115.101,43**

Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

De la totalidad de emisiones anuales, para el año 2020, el 46,9% de ellas por fuentes puntuales corresponden a termoeléctricas, lo que equivale a poco más de 29 millones de toneladas, seguida de las emisiones por la industria del papel y celulosa y la producción de cemento, cal y yeso con 7,5% y 7,5% respectivamente. Un 24,3% de las emisiones son agrupadas según la fuente de otras industrias manufactureras (**Ver Figura 1.1**).

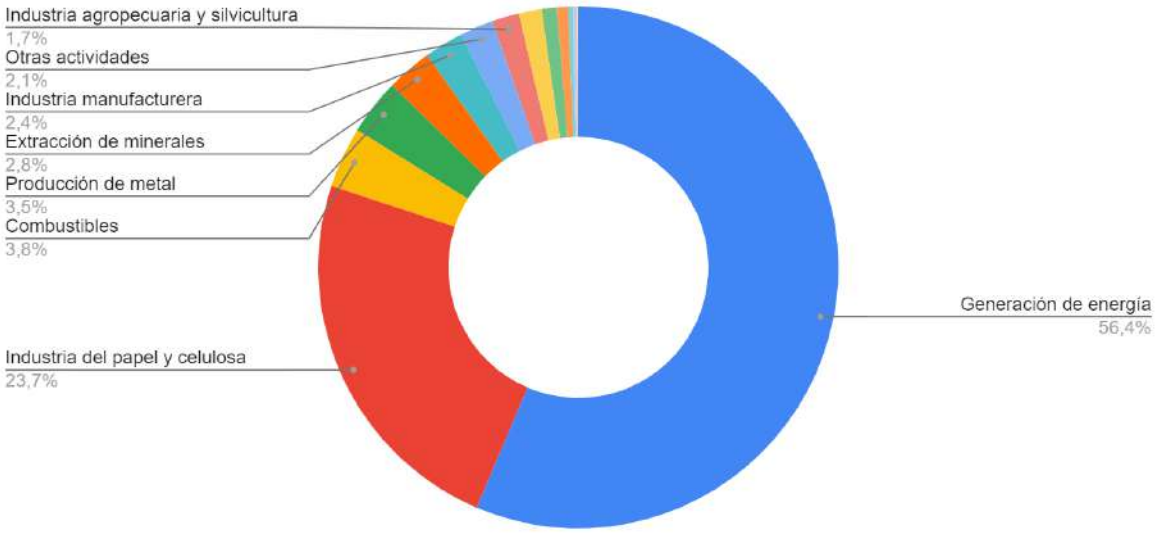
Como se puede apreciar en la **Figura 1.2 y 1.3**, respecto a los valores históricos, para el año 2015 y 2018, el RETC utilizó una categorización diferente y más general de las fuentes de emisión, por lo que su comparación directa resulta compleja, sin embargo, la mayor porción de emisiones correspondió a la generación de energía, la cual alcanzó valores de un 56,4% y 70,5% para los años 2018 y 2015 respectivamente. Ello refleja en cierta medida una disminución considerable de las emisiones de contaminantes por el sector energético de nuestro país para los últimos 5 años. Otra fuente comparable resulta la industria del papel y celulosa la cual ha mantenido su categorización, presentando valores 10,2% y 23,7% para 2015 y 2018 respectivamente, lo cual muestra una disminución de las emisiones de dicha industria en más de un 50% desde el año 2015.

Figura 1.1. Emisiones al aire de fuentes puntuales por sector año 2020.



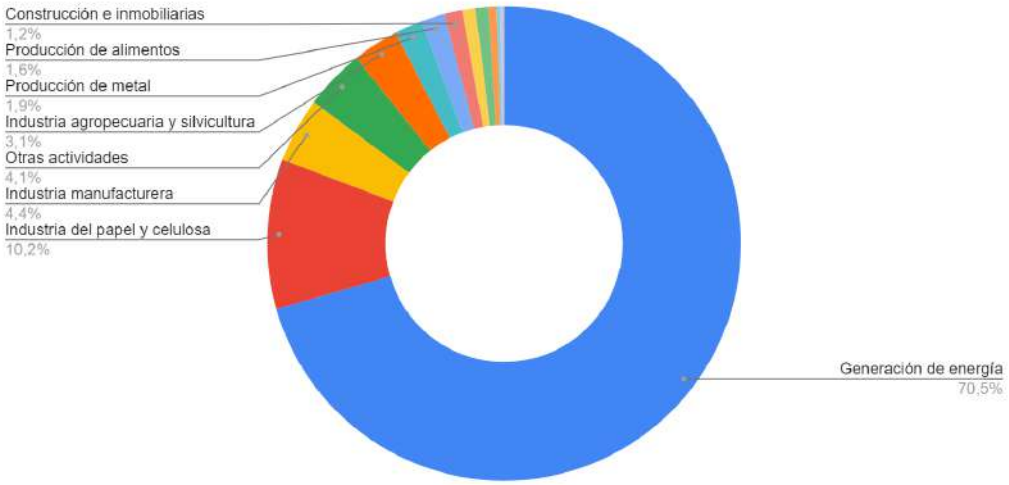
Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

Figura 1.2. Emisiones al aire de fuentes puntuales 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

Figura 1.3. Emisiones al aire de fuentes puntuales 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

De acuerdo con los tipos de contaminantes emitidos al año, desde 2018 se pueden observar disminuciones para el arsénico, benceno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, MP_{10} y tolueno. Por otro lado, las emisiones de Compuestos orgánicos volátiles (COV), dióxido de carbono, plomo, mercurio, óxidos de nitrógeno (NO_X) y $MP_{2,5}$ presentaron un aumento para el año 2020, especialmente el aumento de CO_2, el cual pasó de 45 millones a 62 millones de toneladas de contaminantes a nivel país (**Ver Cuadro 1.10**).

Cuadro 1.10. Emisión de contaminantes al aire de fuentes puntuales en toneladas por año.

Contaminante	2020	2018	2015
Amoníaco	309,08	-	-
Arsénico	261,39	1.339,53	45,76
Benceno	164,63	296,83	79,42
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	4.100,33	4.018,47	19.339,31
Dióxido de azufre	71.023,98	270.894,12	148.068,47
Dióxido de carbono	62.017.693,43	57.528.247,79	45.636.729,84
Plomo	78,54	19,97	98,19
Mercurio	4,34	1,75	11,20
Monóxido de carbono	123.553,66	126.290,81	127.940,83
Óxidos de nitrógeno (NOx)	197.086,77	82.777,36	103.569,54
PCDD-F	0,01	0,00	0,10
MP	14.928,44	13.608,06	34.348,39
MP10	8.172,05	10.621,54	21.495,67
MP2.5	7.295,01	6.925,85	11.192,55
Tolueno	39,03	81,85	32,45
Total general	**62.444.710,67**	**58.067.180,42**	**46.115.101,43**

Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

1.1.2.2. Fuentes difusas

Las fuentes difusas o no puntuales son emisoras de contaminantes que son móviles o no son canalizadas por un ducto o chimenea, siendo ejemplo de ello, los vehículos o incendios forestales (Ministerio del Medio Ambiente, s. f.). A nivel país, las emisiones de contaminantes al aire por fuentes difusas fueron de más de 16 millones de toneladas para el año 2020, presentando un importante aumento respecto de 2018 debido a la temporada de incendios forestales[2]. A escala macrorregional, las emisiones se concentran de mayor a menor medida para la zona sur, austral, centro y norte, situación constante desde el año 2015 y que iguala la distribución acorde a fuentes puntuales (**Ver Cuadro 1.11**).

[2] Para el año 2020 se emitieron aproximadamente 4,2 millones de toneladas de contaminantes producto de incendios forestales.

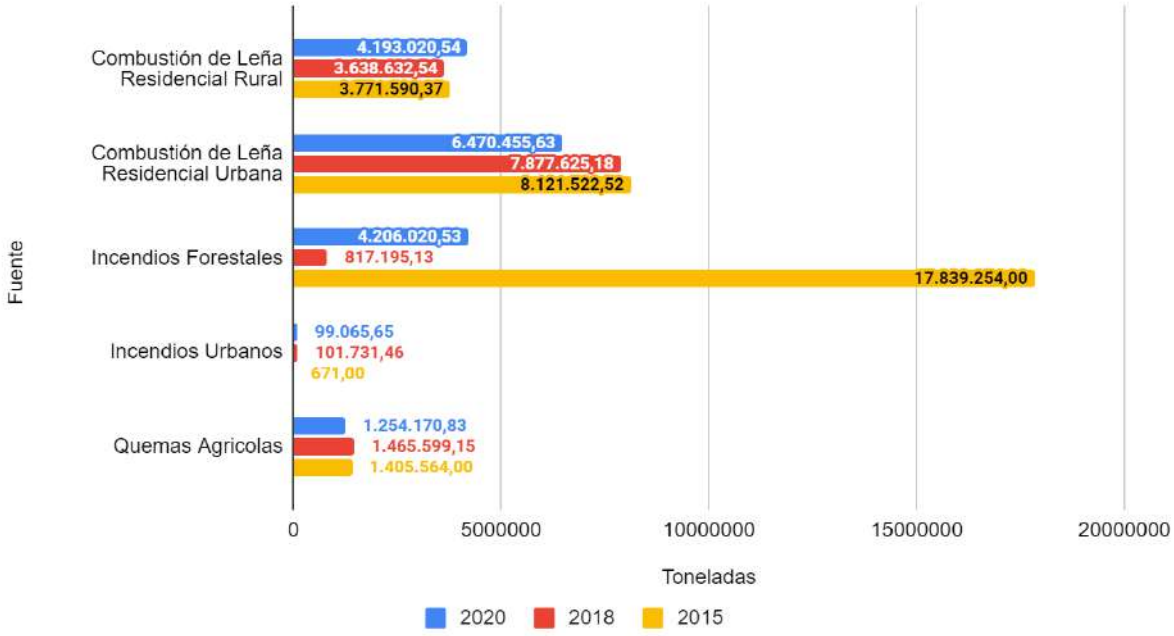
Cuadro 1.11. Emisión de contaminantes al aire por fuentes difusas por macrorregión (toneladas).

Macrorregión	2020	2018	2015
NORTE	64.232,27	63.576,83	71.112,38
CENTRO	1.696.216,89	1.385.170,65	3.039.636,80
SUR	11.648.657,14	8.563.422,23	22.986.130,25
AUSTRAL	2.813.626,89	3.888.613,76	5.041.722,46
Total	**16.222.733,19**	**13.900.783,47**	**31.138.601,88**

Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

La combustión de leña residencial urbana y rural ha disminuido levemente con respecto a los valores para el año 2015, siendo responsables ambas de la emisión de más de 10 millones de toneladas de contaminantes al año. En menor proporción se encuentran las fuentes correspondientes a quemas agrícolas e incendios urbanos. Los valores correspondientes a las emisiones debido a incendios forestales varían considerablemente respecto de la realidad vivida en la temporada de incendios forestales en los meses de verano, por lo que es un valor poco consistente (**Ver Figura 1.4**).

Figura 1.4. Emisiones de contaminantes al aire de fuentes difusas 2015-2020.



Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

En cuanto a los tipos de contaminantes emitidos y reportados al RETC para el año 2020, los efectos de los incendios forestales se denotan principalmente en las cantidades de CO_2 estimadas, las cuales sobrepasan los 4 millones de toneladas, dicho efecto también es percibido en los valores de NO_X y CO. El segundo mayor contaminante emitido por fuentes difusas pasa a ser el monóxido de carbono con

2 millones, seguido de los Compuestos Orgánicos Volátiles con aproximadamente 1 millón de toneladas (**Ver Cuadro 1.12**).

Cuadro 1.12. Emisión de contaminantes al aire de fuentes difusas por año.

Contaminante	**2020**	**2018**	**2015**
Arsénico	0,01	0,01	-
Carbono Negro	10.633,04	9.570,70	-
Compuestos Orgánicos Volátiles	995.068,40	1.044.666,35	1.457.590,23
Dióxido de azufre (SO2)	5.304,32	1.808,06	16.137,86
Dióxido de carbono (CO2)	12.533.785,55	10.472.023,38	26.514.510,82
Material particulado	158.463,16	110.591,27	8,00
Mercurio	0,01	0,01	-
Metano (CH4)	100.375,13	95.847,39	-
Monóxido de carbono (CO)	2.128.833,00	1.944.925,42	2.687.044,11
MP10	129.568,99	102.044,65	209.050,97
MP2,5	120.470,42	98.018,97	189.531,22
Nitrógeno amoniacal (o NH3)	9.845,68	1.715,66	5.620,37
NOx	29.110,25	18.586,27	59.108,31
Oxido Nitroso	1.275,23	985,33	-
Plomo	0,00	0,00	-
Total general	**16.222.733,18**	**13.900.783,47**	**31.138.601,89**

Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

Respecto a las emisiones por transportes en ruta, se obtuvieron emisiones de contaminantes para el año 2020 que alcanzaron las 11.988.872 toneladas, siendo el principal contribuidor los vehículos livianos y comerciales los cuales en conjunto aportan casi 9 millones de toneladas. En tercer lugar, encontramos los buses con un poco más de 1 millón de toneladas, seguido de los camiones y taxis. Específicamente para los buses del transporte público Transantiago, la proporción de emisión por parte de los buses eléctricos es 1:64 en relación a los buses a diesel (**Ver Cuadro 1.13**).

Cuadro 1.13. Emisiones de contaminantes al aire de transporte en ruta 2020.

Tipo de vehículo	Emisión [t]
#N/D	469.177,65
Bus	1.038.252,23
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago	341.769,80
Buses licitados urbanos eléctricos - Transantiago	5.238,30
Camion	686.323,69
Furgon	1.996,33
Moto	65.403,84
Taxi	569.535,51
Vehículo Comercial	2.933.340,81
Vehículo Liviano	5.877.834,03
Total general	**11.988.872,19**

Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

Acorde a los tipos de contaminantes emitidos por el transporte, de acuerdo a los registros de RETC podemos observar que para el año 2020 las emisiones totales han disminuido en 2 millones de toneladas desde 2018. El CO en particular ha experimentado una fuerte disminución desde 2018, no así el CO_2, el cual es el contaminante de mayor emisión. Al detalle de contaminantes se han agregado el arsénico y el plomo, datos relevantes a poder comparar en años futuros, en especial para el caso del plomo, contaminante emitido en altos niveles y del cual no se tenía registro para los años 2019 y 2018 (**Ver Cuadro 1.14**).

Cuadro 1.14. Emisiones al aire de transporte en ruta por tipo de contaminante en toneladas.

Tipo Contaminante	2020	2019	2018
Arsénico	1.651,84	-	-
Compuestos Orgánicos Volátiles	19.910,02	25.929,74	24.651,65
Dióxido de azufre (SO2)	116,78	143,98	138,04
Dióxido de carbono (CO2)	11.391.526,35	13.615.138,79	13.327.777,62
Material particulado	-	398.120,01	403.715,17
Metano (CH4)	753,23	954,79	958,35
Monóxido de carbono (CO)	101.216,33	137.022,09	145.935,37
MP10	70.729,05	81.168,91	81.090,29
MP2,5	13.851,17	15.602,17	14.434,17
Nitrógeno amoniacal (o NH3)	1.101,41	1.849,91	1.841,49
Nox	39.099,37	51.520,39	45.412,81
Óxido Nitroso	3.852,08	1.850,86	1.685,92
Plomo	345.064,55	-	-
Total general	**11.988.872,19**	**14.329.301,67**	**14.047.640,89**

Fuente: Elaboración propia con datos de RETC, 2022.

1.2. NORMATIVA APLICABLE

1.2.1. Normas primarias de calidad del aire

Según el artículo 2, letra n) de la Ley N° 19.300 "Sobre Bases Generales del Medio Ambiente" una Norma Primaria de Calidad Ambiental (NPCA) es:

> "Aquélla que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población."

En los siguientes apartados se detallarán las NPCA actualmente vigentes, entre ellas las referidas al $MP_{2,5}$, MP_{10}, SO_2, NO_2, CO, O_3 y Pb.

1.2.1.1. Material particulado respirable MP_{10}

El 04 de junio de 2022 se publicó en el Diario Oficial el Decreto N° 12, que "Establece Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Respirable MP10".

La NPCA del MP_{10} tiene por objetivo "proteger la salud de las personas de los efectos agudos y crónicos causados por la exposición al material particulado respirable MP10, presente en el aire" (Decreto N° 12, 2022).

En el **Cuadro 1.15**, se presentan los valores de la actual NPCA para MP10, tanto para concentración anual como para concentración de 24 horas.

Cuadro 1.15. Valores establecidos en la Norma Primaria de Calidad Ambiental para el Material Particulado Respirable MP10.

Contaminante (Unidad)	Norma Diaria (concentración de 24 horas)	Norma Anual	Cuerpo Legal
($\mu g/m^3N$)	130	50	D.S. N° 12/2022

Fuente: Decreto N° 12, 2022.

Es importante señalar que en el periodo 1998-2021, los valores de la NPCA para el MP10, como concentración de 24 horas correspondió a 150 $\mu g/m^3N$, viéndose actualizada el presente año a 130 $\mu g/m^3N$.

La NPCA para material particulado respirable 10 se considera sobrepasada bajo dos circunstancias:

- Concentración anual: Cuando el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier estación monitora clasificada como Estación de monitoreo con representación poblacional (EMRP) sea mayor o igual a 50 N.
- Concentración de 24 horas: Cuando en una EMRP el valor correspondiente al percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas en un año calendario, sea mayor o igual a 130 µg/m^{3}N, o bien, si antes que concluya un año calendario el número de días con mediciones sobre el valor de 130 µg/m^{3}N, sea mayor que siete.

Por otra parte, la NPCA para MP_{10} define tres niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para este contaminante (**Ver Cuadro 1.16**): 1) Alerta, 2) Preemergencia, y 3) Emergencia.

Cuadro 1.16. Niveles de emergencia por MP10.

Nivel	**Concentración de MP_{10} de 24 horas (µg/m^{3}N)**
Alerta	180-229
Preemergencia	230-329
Emergencia	330 o superior

Fuente: Decreto N° 12, 2022.

1.2.1.2. Material particulado respirable $MP_{2,5}$

Desde el 09 de mayo de 2011 que Chile cuenta con una Norma Primaria de Calidad Ambiental para el Material Particulado fino respirable ($MP_{2,5}$).

El objetivo de la NPCA del $MP_{2,5}$ es "proteger la salud de las personas de los efectos agudos y crónicos de dicho contaminante, con un nivel de riesgo aceptable" (Decreto N° 12, 2011).

De acuerdo con el Decreto N° 12 (2011), la NPCA para $MP_{2,5}$ es de 20 µg/m^3, como concentración anual y 50 µg/m^3 como concentración de 24 horas.

En el caso de este contaminante, la NPCA se considerará sobrepasada en los dos siguientes casos (Decreto N° 12, 2011):

- Concentración anual: Cuando el promedio tri-anual de las concentraciones anuales sea mayor a 20 µg/m^3, en cualquier estación calificada como EMRP.

- Concentración de 24 horas: Cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50 µg/m^3, en cualquier estación calificada como EMRP.

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para material particulado respirable $MP_{2,5}$, corresponden a aquellos en los que la concentración de 24 horas se encuentra dentro de los rangos observados en el **Cuadro 1.17**.

Cuadro 1.17. Niveles de emergencia por $MP_{2,5}$.

Nivel	Concentración de $MP_{2,5}$ de 24 horas (µg/m^3)
Alerta	80-109
Preemergencia	110-169
Emergencia	170 o superior

Fuente: Decreto N° 12, 2011.

1.2.1.3. Dióxido de azufre (SO_2)

Chile cuenta con una NPCA para el Dióxido de Azufre desde el año 2002, la cual fue actualizada el año 2018. Los valores de la actual (y antigua) NPCA para SO_2 se observan en el **Cuadro 1.18**.

Cuadro 1.18. Valores establecidos en la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Dióxido de Azufre (SO_2).

Contaminante (Unidad)	Norma horaria (concentración de 1 hora)	Norma Diaria (concentración de 24 horas)	Norma Anual	Cuerpo Legal
(ppbv)	-	96	31	D.S. N° 113/2002
	134	57	23	D.S. N° 104/2018
(µg/m^{3}N)	-	250	80	D.S. N° 113/2002
	350	150	60	D.S. N° 104/2018

Fuente: Decreto Supremo N° 113, 2022; Decreto Supremo N° 104, 2018.

La NPCA para este contaminante, se considera sobrepasada cuando ocurre al menos una de las siguientes condiciones:

- Concentración anual: 1) El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual al valor de la norma; 2) Si en un año calendario, el valor de la concentración anual, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma.
- Concentración de 24 horas: 1) El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, fuere mayor o igual al valor de la norma; 2) Si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 99

de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma.

- Concentración de 1 hora: 1) El promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, fuere mayor o igual al valor de la norma[3]; 2) Si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma[4].

Los niveles que originarán situaciones de emergencia ambiental para SO_2, expresados como concentración de 1 hora se observan en el **Cuadro 1.19** (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

Cuadro 1.19. Niveles de emergencia por SO_2.

Nivel	Concentración de 1 hora de dióxido de azufre en µg/m^{3}N	Concentración de 1 hora de dióxido de azufre en ppbv
Alerta	500-649	191-247
Preemergencia	650-949	248-362
Emergencia	950 o superior	363 o superior

Fuente: Decreto Supremo N° 104, 2018.

1.2.1.4. Dióxido de nitrógeno (NO_2)

A partir del 06 de marzo del año 2003 Chile cuenta con una Norma Primaria de Calidad del Aire para el Dióxido de Nitrógeno (NO_2).

La Norma del NO_2, tiene por objeto "proteger la salud de la población de aquellos efectos agudos y crónicos generados por la exposición a niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire" (Decreto Supremo N° 114, 2002).

Los valores establecidos en la norma primaria del NO_2, tanto para la concentración de 1 hora, como para la concentración anual se presentan en el **Cuadro 1.20**.

[3] A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.
[4] A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cuadro 1.20. Valores establecidos en la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Dióxido de Nitrógeno (NO_2).

Contaminante (Unidad)	Norma horaria (concentración de 1 hora)	Norma Anual	Cuerpo Legal
(ppbv)	213	53	D.S. N° 114/2002
($\mu g/m^3N$)	400	100	

Fuente: Decreto Supremo N° 114, 2002.

En el caso del NO_2, la norma se considera sobrepasada si se cumplen las siguientes condiciones:

- Concentración anual: 1) Cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 53 ppbv (100 $\mu g/m^3N$); 2) si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar la concentración anual para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.
- Concentración de 1 hora: 1) cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en la norma; 2) si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

En el **Cuadro 1.21**, se observan los niveles que originarán situaciones de emergencia ambiental para NO_2, expresados como concentración de 1 hora (Decreto Supremo N° 114, 2002).

Cuadro 1.21. Niveles de emergencia por NO_2.

Nivel	Concentración de 1 hora de dióxido de nitrógeno en $\mu g/m^3N$	Concentración de 1 hora de dióxido de nitrógeno en ppbv
1	1130-2259	601-1201
2	2260-2999	1202-1595
3	3000 o superior	1596 o superior

Fuente: Decreto Supremo N° 114, 2002.

1.2.1.5. Monóxido de carbono (CO)

La Norma Primaria de Calidad Ambiental para Monóxido de Carbono (CO) fue publicada en el Diario Oficial el 10 de septiembre del año 2002.

En el **Cuadro 1.22**, se presentan los valores establecidos por la NPCA para CO, tanto para la concentración de 1 hora, como para una concentración de 8 horas.

Cuadro 1.22. Valores establecidos en la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Monóxido de Carbono (CO).

Contaminante (Unidad)	Norma horaria (concentración de 1 hora)	Norma 8 horas	Cuerpo Legal
(ppmv)	26	9	D.S. N° 115/2002
(mg/m^3N)	30	10	

Fuente: Decreto Supremo N° 115, 2002.

La NPCA para este contaminante, se considera sobrepasada cuando ocurre al menos una de las siguientes condiciones:

- Concentración de 8 horas: 1) Cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG fuere mayor o igual al nivel indicado en la norma; 2) si en el primer o segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas para los períodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres períodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.
- Concentración de 1 hora: 1) cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en la norma; 2) Si en el primer o segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los períodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres períodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Tal como se aprecia en el **Cuadro 1.23**, la normativa define tres niveles que originarán situaciones de emergencia ambiental para CO, expresados como concentración de 8 horas.

Cuadro 1.23. Niveles de emergencia por CO.

Nivel	Concentración de 8 horas de monóxido de carbono en mg/m^{3}N	Concentración de 8 horas de monóxido de carbono en ppmv
1	17-33	15-19
2	34-39	30-34
3	40 o superior	35 o superior

Fuente: Decreto Supremo N° 115, 2002.

1.2.1.6. Ozono (O_3)

Chile cuenta con una Norma Primaria de Calidad Ambiental para el Ozono (O_3) desde el 06 de marzo del año 2003 (Decreto Supremo N° 112, 2002).

El objetivo de la NPCA para el O_3, es "proteger la salud de la población de aquellos efectos agudos generados por la exposición a niveles de concentración de ozono en el aire"[5] (Decreto Supremo N° 112, 2002).

En el **Cuadro 1.24**, se presentan los valores establecidos en la NPCA de O_3 para una concentración de 8 horas.

Cuadro 1.24. Valores establecidos en la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Ozono (O_3).

Contaminante (Unidad)	Norma 8 horas	Cuerpo Legal
(ppbv)	61	D.S. N° 112/2002
µg/m^{3}N	120	

Fuente: Decreto Supremo N° 112, 2002.

La NPCA del O_3 se considera sobrepasada si se cumplen las siguientes condiciones:

- Concentración de 8 horas: 1) cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en la norma de este contaminante; 2) si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas para los periodos

[5] A diferencia de las NPCA para el MP_{10}, $MP_{2,5}$, SO_2, NO_2 y CO, la norma para el O_3 no tiene por objetivo proteger la salud de la población de eventos crónicos.

faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

En el **Cuadro 1.25**, se observan los tres niveles que originarán situaciones de emergencia ambiental para O_3, expresados como concentración de 1 hora (Decreto Supremo N° 112, 2002).

Cuadro 1.25. Niveles de emergencia por O_3.

Nivel	Concentración 1 hora de ozono en µg/m^{3}N	Concentración 1 hora de ozono en ppbv
1	400-799	204-407
2	800-999	408-509
3	1000 o superior	510 o superior

Fuente: Decreto Supremo N° 112, 2002.

1.2.1.7. Plomo (Pb)

El 06 de enero de 2001 fue publicado en el Diario Oficial el Decreto N° 136 que "Establece Norma de Calidad Primaria para Plomo en el Aire", norma que se mantiene vigente hasta el día de hoy.

Esta norma tiene por objetivo "proteger la salud de la población del país y en particular la población infantil, de aquellos efectos crónicos y crónicos diferidos generados por la exposición a niveles de concentración de plomo en el aire".

El valor definido por la norma para concentración anual de este contaminante, se presenta en el **Cuadro 1.26**.

Cuadro 1.26. Valores establecidos en la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Plomo.

Contaminante (Unidad)	Norma anual (Concentración anual)	Cuerpo Legal
µg/m^{3}N	0,5	D.S. N° 136/2000

Fuente: Decreto N° 136, 2000.

En el caso del Pb, la norma se considera sobrepasada si se cumplen las siguientes condiciones:

- Concentración anual: 1) Cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de dos años sucesivos supera el nivel de la norma en cualquier estación EMPB; 2) si la concentración anual correspondiente al primer período anual contado desde la entrada en vigencia de la presente norma, es superior en más de un 100% al nivel de la norma, en cualquier estación EMPB.

Es importante resaltar que esta NSCA no define niveles que originan una situación de emergencia ambiental.

1.2.2. Normas secundarias de calidad del aire

De acuerdo con el artículo 2, letra ñ) de la Ley N° 19.300 "Sobre Bases Generales del Medio Ambiente" una Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) es:

> *"Aquélla que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza."*

A continuación, se abordarán las NSCA vigentes en el país, entre ellas las referidas al SO2 y al Material Particulado Sedimentable (MPS).

1.2.2.1. Dióxido de azufre (SO_2)

Desde el año 2009, Chile cuenta con una NSCA para Anhídrido Sulfuroso, también denominado Dióxido de Azufre (SO_2) (Decreto Supremo N° 22, 2009).

La NSCA para dióxido de azufre tiene por objetivo "la protección y conservación de los recursos naturales renovables del ámbito silvoagropecuario y de vida silvestre, de los efectos agudos y crónicos generados por la exposición a dióxido de azufre en el aire".

Los valores establecidos en la norma secundaria del SO_2, tanto para la concentración de una hora, como para la concentración de 24 horas y anual se presentan en el **Cuadro 1.27**. Es importante señalar que los valores de esta norma difieren según zonas del país[6].

[6]Para efectos de aplicación de la norma secundaria de calidad de aire para SO_2, el país se divide en zona norte y zona sur. El límite entre ambas zonas corresponde al siguiente: De Oeste a Este, desde la desembocadura del río Maipo, por su cauce, hasta el límite entre las Regiones de Valparaíso y Metropolitana. Continúa por este límite hacia el Sur hasta el límite entre las Regiones Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins. Sigue por este último hasta el punto de coordenadas geográficas: Norte: 6.247.399; Este 350.336(*), en el sector de los cerros de Chada, desde allí hasta la cota 900 m.s.n.m. en la precordillera de Los Andes, y por esta misma cota, hasta el Cerro Puntilla los Loros (1106 msnm). Luego continúa hacia el sur por la línea de altas cumbres ubicada al poniente del cajón del Río Claro de Cauquenes, desde la Carretera H-255 hasta el Cerro Pelado (2021 msnm). Desde este último punto el límite se proyecta en forma perpendicular hacia la frontera con Argentina. (*) Coordenadas: Datum WGS 84, Huso 19.

Cuadro 1.27. Valores establecidos en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Dióxido de Azufre (SO_2).

Zona	Contaminante (Unidad)	Norma horaria (concentración de 1 hora)	Norma Diaria (concentración de 24 horas)	Norma Anual	Cuerpo Legal
Norte	(ppbv)	382	140	31	D.S. N° 22/2009
	µg/m^{3}N	1.000	365	80	
Sur	(ppbv)	268	99	23	
	µg/m^{3}N	700	260	60	

Fuente: Decreto Supremo N° 22, 2009.

La NSCA para SO_2 se considera sobrepasada bajo las siguientes circunstancias:

- Concentración anual: 1) cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores de concentración anual, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual al nivel correspondiente indicado en la norma según zona del país; si en un año calendario, el valor de concentración en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual al doble del nivel indicado en la norma.
- Concentración de 24 horas: 1) cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación calificada como EMRRN, fuere mayor o igual al nivel correspondiente indicado en la norma según zona del país; 2) si en un año calendario, el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual al doble del nivel correspondiente indicado en la norma.
- Concentración de una hora: 1) cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual al nivel correspondiente indicado en la norma; 2) si en un año calendario, el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual al doble del nivel indicado en la norma

Es relevante señalar que esta NSCA no define niveles que originan una situación de emergencia ambiental.

1.2.2.2. Material Particulado Sedimentable (MPS) en la cuenca del río Huasco

Según el Decreto Exento N° 4 (1992) del Ministerio de Agricultura que "Establece Normas de Calidad del Aire para Material Particulado Sedimentable en la cuenca del río Huasco III Región", todas las fuentes emisoras de la cuenca del río Huasco en la tercera región del país que emitan una cantidad igual o superior a una tonelada diaria de material particulado al aire deben dar cumplimiento a dicho decreto. Adicionalmente, señala que también aplica a "toda fuente emisora de material particulado existente en la cuenca mencionada, cuando ésta se clasifique como zona saturada o latente, según lo dispuesto en los artículos 9° y 10° del decreto No. 185, de 1991, del Ministerio de Minería".

Los valores establecidos en esta norma secundaria tanto para la concentración media aritmética mensual como para la concentración media aritmética anual se presentan en el **Cuadro 1.28**.

Cuadro 1.28. Valores establecidos en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Sedimentable (MPS) en la cuenca del río Huasco.

Contaminante (Unidad)	Norma mensual	Norma anual	Cuerpo Legal
Material Particulado Sedimentable (mg/(m2día)	150	100	D. Exento N° 4/1992
Hierro en el material particulado sedimentable (mg/(m2día)	60[7]	30	

Fuente: Decreto Exento N° 4, 1992.

De acuerdo con el artículo 6 del Decreto Exento N° 4 (1992) corresponde a la Dirección Regional del Servicio Agrícola y Ganadero de la III Región controlar el cumplimiento del presente decreto en lo relativo a la protección de la calidad ambiental del medio agrícola.

1.2.3. Proceso de revisión de normas de calidad ambiental

De acuerdo con el artículo 32 de la Ley N° 19.300, "Toda norma de calidad ambiental será revisada por el Ministerio del Medio Ambiente a lo menos cada cuatro años (...)". Este proceso de revisión incluye diferentes etapas entre las que se encuentran: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad.

[7] La concentración media aritmética mensual es de 30 mg/m^{2}día en los meses de octubre, noviembre, y primera mitad de diciembre.

En este apartado se hace mención al estado del proceso de revisión/elaboración de las normas de calidad primarias y secundarias referentes al componente aire. De las nueve normas de calidad del aire vigentes en Chile (incluyendo primarias y secundarias) (**Ver Cuadro 1.29**), el 44,4% (cuatro) se encuentra en estado de "al día"[8], el 33,3% (tres) se encuentran "atrasadas"[9] y el 22,2% (dos) restante se encuentra en proceso de "revisión"[10].

De aquellas que se encuentran "atrasadas", la norma secundaria de MPS de la cuenca del río Huasco destaca por poseer 25 años de atraso en el comienzo de su proceso de revisión, en segundo lugar, resalta la norma primaria de Plomo que cuenta con 16 años de atraso.

Respecto, a aquellas que se encuentran en proceso de revisión, resalta que la norma primaria de NO_2 lleva 12 años en revisión y aún no existe un anteproyecto. En el caso de la norma primaria de $MP_{2,5}$ recientemente ha comenzado su proceso de revisión, después de un atraso de cinco años.

Cuadro 1.29. Situación de las normas de calidad primarias y secundarias vigentes o en estado de elaboración[11].

Norma de Calidad	Contaminante	Situación	Última actualización expediente
Primaria	$MP_{2,5}$	Revisión	En diciembre del año 2021 inició su proceso de revisión tras 5 años de retraso
	MP_{10}	Al día	-
	SO_2	Al día	.
	NO_2	Revisión	12 años en revisión, sin anteproyecto
	Plomo	Atrasada	16 años de atraso para el inicio del proceso revisión
	CO	Al día	-
	O_3	Al día	-
	Arsénico	Elaboración	A 24 meses del inicio del proceso de elaboración, aún no hay un anteproyecto.
	COV	Elaboración	Han transcurrido 29 meses del inicio del proceso de elaboración, cuenta con anteproyecto. Comenzó la etapa de consulta pública el 4 marzo de 2022. La última actualización data del 24 de abril, fecha en la que se adjunta el tercer informe de avance de un estudio de antecedentes solicitado por el MMA.
Secundaria	SO_2	Atrasada	7 años de atraso. No se ha iniciado el proceso de revisión, no hay expediente.

[8] Norma ambiental vigente, que aún no requiere ingresar a un proceso de revisión, ya que su plazo de 5 años para el inicio de su revisión aún no ha culminado.
[9] Norma Ambiental respecto de la cual el Ministerio ha incumplido con el plazo de 5 años para iniciar su revisión.
[10] Norma respecto de la cual el Ministerio inició su proceso de revisión en cumplimiento a lo establecido en el artículo 38 del Decreto Supremo N° 38, al cumplirse 5 años desde que fue decretada o desde que fue cerrado su último proceso de revisión.
[11] La revisión de la situación se realizó en octubre del año 2022.

	MP Sedimentable Huasco	Atrasada	25 años de atraso. No se ha iniciado el proceso de revisión, no hay expediente.

Fuente: Elaboración propia en base a Terram, 2022.

Por otra parte, hay dos normas primarias de calidad del aire en proceso de elaboración: 1) Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), cuyo anteproyecto ya ha sido elaborado y se encuentra en proceso de consulta pública; 2) Arsénico, cuyo anteproyecto aún no ha sido desarrollado.

1.2.4. Estándares internacionales

1.2.4.1. Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) corresponde a la autoridad directiva y coordinadora en el sistema de las Naciones Unidas. Específicamente, es la entidad responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales (Naciones Unidas, 2013).

El día 22 de septiembre del año 2021, la OMS publicó un documento denominado "WHO global air quality guidelines" el cual forma parte de una serie de publicaciones de dicha organización que tienen por finalidad "ofrecer recomendaciones cuantitativas relativas a la salud para la gestión de la calidad del aire, expresadas como concentraciones a largo o corto plazo de una serie de contaminantes atmosféricos clave." (p. 2-3).

En dicho documento, se actualizan (respecto a la publicación del año 2005) los niveles recomendados por parte de la OMS para seis contaminantes ($MP_{2,5}$, MP_{10}, O_3, NO_2, SO_2 y CO), los que es posible observar en el **Cuadro 1.30**.

Cuadro 1.30. Niveles recomendados de $MP_{2,5}$, MP_{10}, O_3, NO_2, SO_2 y CO en las guías de la OMS del año 2005 y 2021.

Contaminante (Unidad)	Tiempo promedio	Directriz OMS 2005	Directriz OMS 2021
$MP_{2,5}$ (µg/m^3)	Anual	10	5
	24 horas[12]	25	15
MP_{10}	Anual	20	15
	24 horas	50	45
O_3	Temporada alta[13]	-	60
	24 horas	100	100
NO_2	Anual	40	10
	24 horas	-	25
SO_2	24 horas	20	40
CO	24 horas	-	4

Fuente: Elaboración propia en base a Salud Sin Daño, 2021.

En resumidas cuentas, la última publicación de la OMS es mucho más restrictiva respecto a los niveles recomendados para los seis diferentes contaminantes, destacando el caso del NO_2 que se recomienda una concentración anual de 10 (µg/m^3), lo que equivale a un cuarto de lo que se recomendaba hasta el año 2005. El único contaminante cuyo nivel no es más restrictivo que el anterior, corresponde al SO_2, que en la publicación del año 2005 se recomendaba una concentración de 24 horas de 20 (µg/m^3), mientras que en el documento de 2021 el nivel recomendado es de 40 (µg/m^3).

Adicionalmente, debe destacarse que, a diferencia de la guía del año 2005, la publicación de 2021 entrega recomendaciones para el ozono en temporada alta y para el NO_2 y el CO_2 como concentración de 24 horas.

Al momento de comparar los niveles recomendados por la OMS con los niveles establecidos en la legislación vigente en Chile es posible observar importantes diferencias (**Ver Cuadro 1.31**). Por ejemplo, para la concentración anual de NO_2 la normativa chilena excede en un 900% a los niveles recomendados por parte de la OMS. Resalta también que para la concentración anual de $MP_{2,5}$ la normativa chilena sobrepasa en un 300% a lo que recomienda dicho organismo internacional. En el caso del SO_2, la norma chilena excede a lo recomendado por la OMS en un 275%. En síntesis, la normativa chilena destaca por establecer valores que exceden a lo definido por la OMS.

[12] Para cada uno de los tiempos de promediación de 24 horas señalados en esta tabla, se considera un percentil 99 (es decir, 3-4 días con valores excedentes por año).

[13] Promedio de la media máxima diaria de ocho horas de concentración de O_3 correspondiente al período de seis meses consecutivos con el promedio móvil semestral de concentración de O_3 más alto.

Cuadro 1.31. Comparación de los niveles recomendados por la OMS con los niveles permisibles según la normativa chilena para diferentes tipos de contaminantes.

Contaminante (Unidad)	Tiempo promedio	OMS 2021	Norma Chilena	Porcentaje de diferencia
$MP_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	Anual	5	20	300%
	24 horas[14]	15	50	233,3%
MP_{10} ($\mu g/m^3$)	Anual	15	50	233,3%
	24 horas	45	130	188,88%
O_3 ($\mu g/m^3$)	Temporada alta[15]	60	-	-
	8 horas	100	120	20%
NO_2 ($\mu g/m^3$)	Anual	10	100	900%
	24 horas	25	-	-
SO_2 ($\mu g/m^3$)	24 horas	40	150	275%
CO (mg/m^3)	24 horas	4	-	-

Fuente: OMS, 2022.

1.2.4.2. Unión Europea

En el **Anexo 1.1**, se presenta un resumen de los estándares de calidad del aire de la Unión Europea (UE). Es menester señalar que, de acuerdo con el derecho de la UE, un valor límite es jurídicamente vinculante desde la fecha de su entrada en vigencia, con sujeción a las excedencias permitidas en la legislación.

Por otra parte, en el **Cuadro 1.32** se entrega una comparación de los valores límites definidos por la UE con respecto a los valores establecidos en la normativa chilena. A grandes rasgos, se observa que la Unión Europea posee estándares más restrictivos que los definidos en la normativa nacional, específicamente para tres contaminantes: NO_2, MP_{10} y para SO_2, este último solo para una concentración de 24 horas. Adicionalmente, hay cuatro contaminantes en los que se comparte el valor límite ($MP_{2,5}$, O_3, CO y Pb).

Igualmente, se destaca que la UE posee normas para cinco contaminantes que no se encuentran regulados en la legislación nacional, específicamente para: Benceno, Arsénico, Cadmio, Níquel e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH).

[14] Para cada uno de los tiempos de promediación de 24 horas señalados en esta tabla, se considera un percentil 99 (es decir, 3-4 días con valores excedentes por año).
[15] Promedio de la media máxima diaria de ocho horas de concentración de O_3 correspondiente al período de seis meses consecutivos con el promedio móvil semestral de concentración de O_3 más alto.

Cuadro 1.32. Comparación de los valores límites definidos por la Unión Europea para diferentes contaminantes con respecto a los establecidos en la normativa chilena.

Contaminante (unidad)	Tiempo promedio	Concentración (Unión Europea)	Concentración (Norma Chilena)	Porcentaje de diferencia
$MP_{2,5}$ (µg/m^3)	1 año	20	20	0%
MP_{10} (µg/m^3)	24 horas	50	130	160%
	1 año	40	50	25%
O_3 (µg/m^3)	8 horas	120	120	0%
NO_2 (µg/m^3)	1 hora	200	400	100%
	1 año	40	100	150%
SO_2 (µg/m^3)	1 hora	350	350	0%
	24 horas	125	150	20%
CO (mg/m^3)	8 horas	10	10	0%
Pb (µg/m^3)	1 año	0,5	0,5	0%
Benceno (µg/m^3)	1 año	5	En elaboración	-
Arsénico (ng/m^3)	1 año	6	En elaboración	-
Cadmio (ng/m^3)	1 año	5	No posee	-
Níquel (ng/m^3)	1 año	20	No posee	-
Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos (PAH)	1 año	1 (expresado como concentración de Benzo(a)pireno)	No posee	-

Fuente: Elaboración propia en base a Torres, 2022.

1.2.4.3. América Latina y el Caribe

En el **Cuadro 1.33,** se presenta un resumen de las normas nacionales de calidad del aire para los países de América Latina y el Caribe.

En lo que respecta al $MP_{2,5}$, Puerto Rico (primer lugar), Chile (segundo lugar) y Colombia son los países que poseen una norma diaria más restrictiva. No obstante, al momento de considerar la norma anual para este contaminante, Chile es el segundo país menos restrictivo de los siete que cuentan con una regulación.

En cuanto al MP_{10}, Chile, después de Colombia y México, es el tercer país con una norma diaria más restrictiva. Es importante resaltar que todos los países considerados (sin tener en cuenta ciudades) poseen una norma anual de 50 µg/m^3 para este contaminante.

Respecto al O^3, Chile y Perú son los únicos países de la región que carecen de una norma para concentraciones de una hora de este contaminante. Colombia es el país que posee la norma horaria más restrictiva para este contaminante (120 µg/m^3). Para una concentración de ocho horas, Colombia es el país con una norma más restrictiva de la región, mientras que Chile se encuentra en un

segundo lugar, junto a Ecuador, El Salvador y Perú. Adicionalmente, es necesario resaltar que El Salvador es el único país que cuenta con una norma anual para O_3.

En relación con el dióxido de nitrógeno, también existen marcadas diferencias. Para una concentración de una hora, Jamaica destaca por ser el país con una norma más restrictiva (100 µg/m^3), en segundo lugar, se encuentra Puerto Rico (180 µg/m^3) y en tercero, Colombia (200 µg/m^3) y Perú (200 µg/m^3). Contrariamente, Chile se encuentra entre los países con una norma menos restrictiva a nivel horario para este contaminante (400 µg/m^3). En América Latina y el Caribe hay solo siete países que poseen una norma de 24 horas para NO_2, aunque Chile no forma parte de ellos. Además, se destaca que son 13 los países que poseen una norma anual para CO_2 de 100 µg/m^3, entre los cuales se incluye Chile.

Para el Monóxido de Carbono, no se observan grandes diferencias a nivel de América Latina y el Caribe. La mayor parte de los países posee una norma horaria de 40 µg/m^3. No obstante, los países con una norma más restrictiva corresponden a Chile (30 µg/m^3) y Perú (30 µg/m^3). En cuanto a una concentración de ocho horas para el CO, la mayor parte de los países ha establecido una norma de 10 µg/m^3.

En lo que concierne al SO_2, solo cuatro países poseen una norma horaria para este contaminante, siendo Chile el país que cuenta con una norma más restrictiva (350 µg/m^3). Por otra parte, sólo tres países poseen una norma para una concentración de tres horas, entre los que no se encuentra Chile. Para una concentración de 24 horas y anual de este contaminante, Chile es el país que posee la norma más restrictiva.

Cuadro 1.33. Normas nacionales de calidad del aire en América Latina y el Caribe.

Contaminante	**$MP_{2,5}$ (µg/m3)**		**MP10 (µg/m3)**		**O3 (µg/m3)**			**NO2 (µg/m3)**			**CO (µg/m3)**		**SO2 (µg/m3)**			
Tiempo promedio	24 hrs	1 año	24 hrs	1 año	1 hr	8 hrs	Anual	1 hr	24 hrs	Anual	1 hr	8 hrs	1 hr	3 hrs	24 hrs	1 año
Argentina	-	-	-	-	196	-	-	-	-	-	58	12	-	-	-	-
Buenos Aires	65	15	150	50	235	157	-	-	-	100	40	10	-	1300	365	80
Bolivia	-	-	150	50	236	-	-	400	150	-	40	10	-	-	365	80
La Paz	25	10	50	20	-	100	60	200	-	100	3	1	-	-	20	-
Brasil	-	-	150	50	160	-	-	320	-	100	40	10	-	-	365	80

Colombia	50	25	100	50	120	80	-	200	150	100	40	10	-	750	250	80
Chile	50	20	130	50	-	120	-	400	-	100	30	10	350	-	150	60
Costa Rica	-	-	150	50	160	-	-	400	-	100	40	10	-	1500	365	80
Ecuador	65	15	150	50	160	120	-	-	150	100	40	10	-	-	350	80
El Salvador	65	15	150	50	235	120	60	-	150	100	40	10	-	-	365	80
Jamaica	-	-	150	50	235	-	-	100	-	-	40	10	700	-	365	80
México	65	15	120	50	216	157	-	395	-	100	-	13	524	-	288	66
Nicaragua	.	.	150	50	235	160	-	400	-	100	40	10	-	-	365	80
Panamá	.	.	150	50	235	157	-	-	150	100	30	10	-	-	365	80
Perú	506	-	150	50	-	120	-	200	-	100	30	10	-	-	806	-
Puerto Rico	35	15	150	-	235	147	-	188	-	100	40	10	-	-	367	79
Rep. Dominicana	65	15	150	50	250	160	-	400	300	100	40	10	450	-	150	100
Venezuela	-	-	150	50	250	160	-	367	300	100	35	10	-	1300	365	80
Honduras	Sin estándares															
Belize	Sin estándares															
Haití	No hay información disponible															
Cuba	No hay información disponible															
Paraguay	Sin estándares															
Guatemala	Sin estándares															
Uruguay	Sin estándares															

Fuente: Torres, 2021**.**

En general, Chile es un país que posee normas de calidad del aire igual o más restrictivas que el resto de los países de América Latina y el Caribe, destacando especialmente en las regulaciones para el SO_2. No obstante, el país se encuentra particularmente deficiente en la norma anual de $MP_{2,5}$, pues tal como se señaló anteriormente, es el segundo país menos restrictivo de América Latina y el Caribe. Adicionalmente, Chile a diferencia de otros países de la región carece de una norma horaria y de ocho horas para el O_3.

En otras palabras, Chile aún posee un enorme desafío de contar con estándares más restrictivos que le permitan alzarse como un ejemplo en la materia a nivel de América Latina y el Caribe.

1.3. PRINCIPALES CONTAMINANTES

1.3.1. Material particulado (MP_{10} y $MP_{2.5}$)

El material particulado es una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en el aire o agua, las cuales son lo suficientemente pequeñas para no asentarse en la superficie terrestre por influencia de la gravedad. La toxicidad de las partículas en suspensión se concentra en partículas con un diámetro igual o menor a 10 µm, las cuales son emitidas al aire por actividades humanas o por fuentes naturales, pudiendo también ser resultado de la interacción entre químicos en la atmósfera. Permitiendo estas condiciones la inhalación de aquellas partículas (OMS, 2021; The National Institute of Statistics and Economic Studies, s. f; California Air Resources Board, 2021). Las partículas más finas como las $MP_{2,5}$ tienen un mayor periodo de residencia en la atmósfera, pudiendo afectar así distancias más largas, a diferencia de las más gruesas MP_{10}, las cuales presentan movilidad más reducida y más rápida sedimentación (Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

El $MP_{2,5}$ es emitido en la combustión de combustibles fósiles y resultado de la coagulación y nucleación de partículas ultrafinas en la atmósfera las cuales son llamadas también, aerosoles secundarios. Siendo las principales fuentes los vehículos a gasolina y diésel, la combustión de leña y la generación de electricidad (Ministerio del Medio Ambiente, 2011; Huneeus *et al*., 2020).

El carbono negro es una de las principales partículas de $MP_{2,5}$, la cual se produce por procesos de combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa (Huneeus *et al*., 2020).

Ambos diámetros son inhalables y potencialmente dañinos para la salud de las personas, sin embargo, las partículas iguales o menores a 2,5 µm son las que presentan el mayor riesgo para la salud, debido a que pueden alojarse con mayor profundidad en los pulmones y potencialmente pasar al torrente sanguíneo, a diferencia del MP_{10} el cual no traspasa la región toráxica (U.S. Environmental Protection Agency, 2022; NSW Health, 2020); Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

Estudios han podido demostrar una conexión entre la mortalidad y las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$, influyendo en muertes prematuras, muertes

asociadas a causas cardiovasculares, y muertes en general correspondientes a todos los grupos etarios (Bae, 2014; Minghong, Gonghua, Xing & Juying, 2020; Pascala *et al*., 2014).

Entre los efectos a corto plazo de la exposición a MP_{10} o de diámetro menor podemos encontrar la irritación de ojos, nariz y garganta (NSW Health, 2020). A largo plazo, se ha estudiado y confirmado para ambas categorías de material particulado, su conexión con una reducción en la función pulmonar, en la expectativa de vida y en el aumento de la tasa de progresión de enfermedades, además de un aumento en la mortalidad para todas sus causas, especialmente las de tipo cardiovascular, enfermedades respiratorias y cáncer de pulmón (Chen & Hoek, 2020; NSW Health, 2020).

1.3.1.1. Situación nacional[16]

1.3.1.1.1. Material particulado fino ($MP_{2,5}$)

Para el período 2017-2019, son 31[17] (62,00%) las estaciones con concentraciones superiores a la norma anual de $MP_{2,5}$, cifra que disminuyó a 29[18] (54,71%) para el periodo 2019-2021. Además, se debe destacar que a escala nacional solo hay una estación que cumple con el nivel anual recomendado por la OMS para $MP_{2,5}$ (5 $\mu g/m^3$), correspondiente a la estación Punta Arenas.

En lo que respecta a la norma diaria de $MP_{2,5}$, el año 2018 se alcanzó un máximo de 38[19] estaciones con concentraciones diarias superiores a la norma (70,3%). Para el año 2021, son 37[20] las estaciones con concentraciones diarias que exceden la norma (64,91%). Además, hay solo dos estaciones que cumplen con el nivel diario recomendado por la OMS (15 $\mu g/m^3$), correspondientes a las estaciones Punta Arenas y Cuncumen (comuna de Salamanca).

El desglose para cada una de las cuatro macrorregiones del país, se presenta en las próximas secciones.

[16] Para representar la realidad nacional y macrorregional se seleccionaron estaciones que contaran con datos validados, esto a excepción de las estaciones de Quintero y Puchuncaví, que, a pesar de poseer datos preliminares/no validados, se incluyeron en el análisis para dar cuenta de la situación en aquellas localidades.
[17] De un total de 50 estaciones que cumplían con los datos necesarios para contrastar con la norma anual en el período 2017-2019.
[18] De un total de 53 estaciones que cumplían con los datos necesarios para contrastar con la norma en el periodo 2019-2021.
[19] De un total de 54 estaciones que cumplían con los datos necesarios para contrastar con la norma diaria en el año 2018.
[20] De un total de 57 estaciones que cumplían con los datos necesarios para contrastar con la norma diaria en el año 2021.

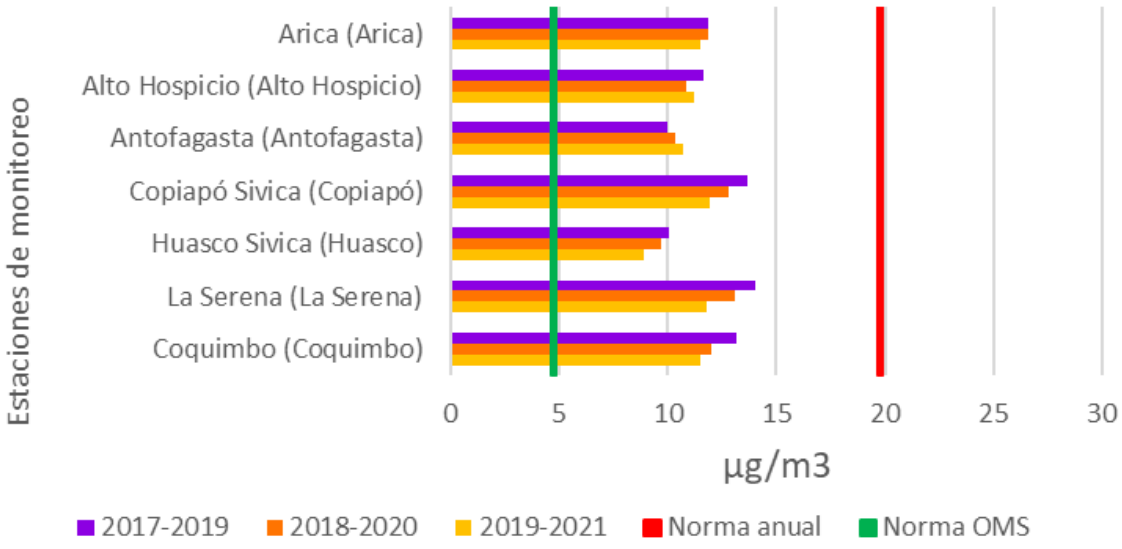
Macrorregión norte

Tal como se aprecia en la **Figura 1.5**, el **100%** (7 de 7) de las estaciones que forman parte de la macrorregión norte **cumplen** con el límite definido por la norma anual de MP2,5 (20 µg/m^3) para los tres períodos considerados (2017-2019; 2018-2020; 2019-2021). No obstante, **ninguna** de las estaciones de esta macrorregión cumple con el nivel anual recomendado por parte de la OMS para este contaminante (5 µg/m^3).

Adicionalmente, al momento de comparar los promedios trianuales de los tres períodos estudiados, es posible observar una disminución de las concentraciones de $MP_{2,5}$ en 5 de las 7 estaciones consideradas para esta macrorregión. Únicamente, en las estaciones "Antofagasta" y "Alto Hospicio" se registró un aumento de las concentraciones de $MP_{2,5}$.

El valor más alto de los tres promedios trianuales, se registra en la estación de La Serena (14,05 µg/m^3), específicamente para el período 2017-2019. Contrariamente, la menor concentración se obtuvo en la estación "Huasco" para el promedio trianual 2019-2021 (8,9 µg/m^3).

Figura 1.5. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en la macrorregión norte, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



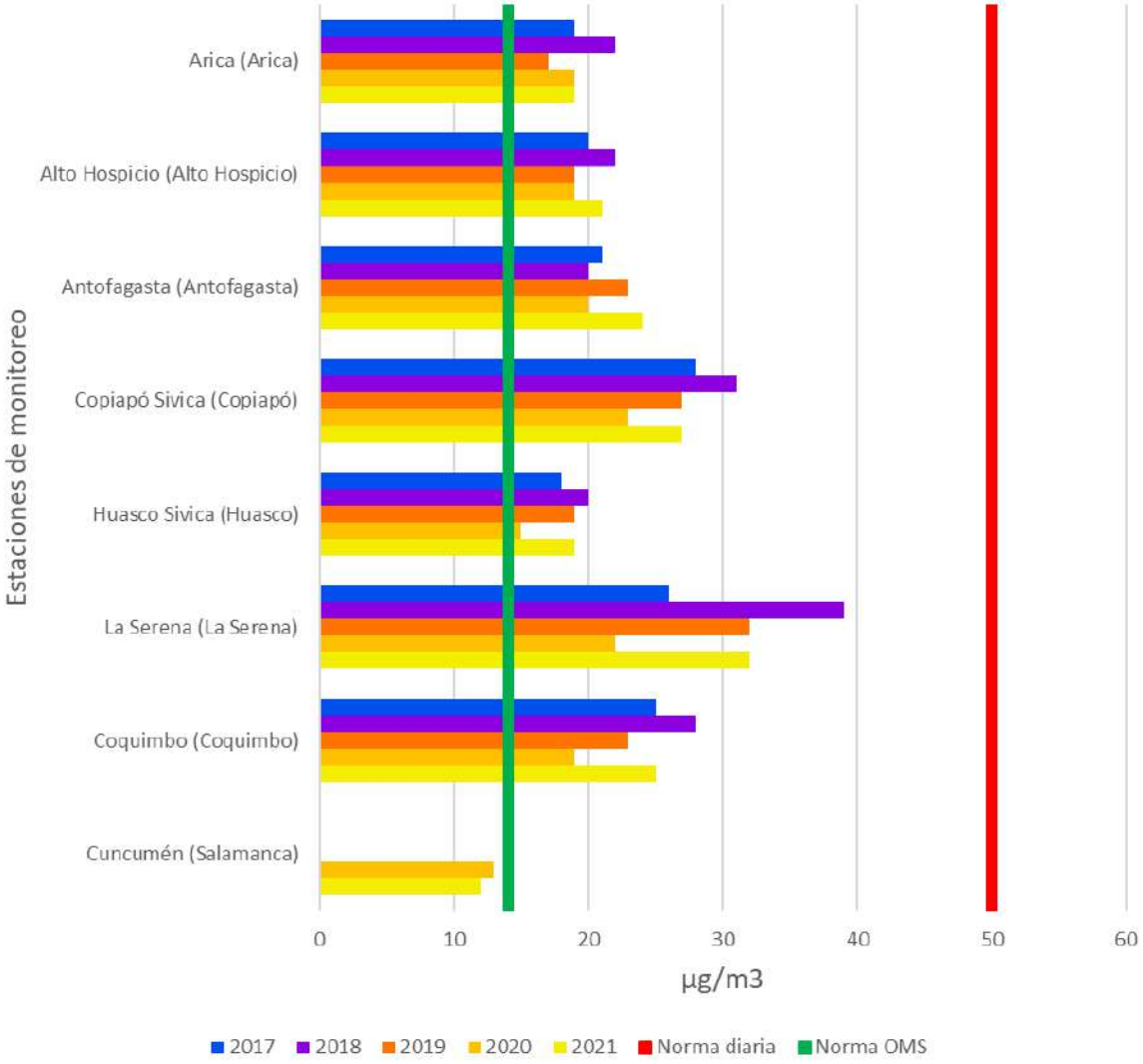
Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Para el periodo 2017-2021, **ninguna** de las estaciones de esta macrorregión presentó concentraciones superiores a la norma diaria de MP2,5 (**Ver Figura 1.6**). Sin embargo, solo la estación "Cuncumen" cumple con el nivel diario

recomendado por parte de la OMS para este contaminante (15 µg/m^3), específicamente para los años 2020 y 2021.

La mayor concentración diaria para material particulado fino del periodo 2017-2021, se observa en la estación de La Serena (39 µg/m^3), específicamente para el año 2018. Contrariamente, la menor concentración diaria de este contaminante para el periodo 2017-2021, se registra en la estación "Cuncumen" (13 µg/m^3).

Figura 1.6. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en estaciones de monitoreo de la macrorregión norte, periodo 2017-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Macrorregión centro

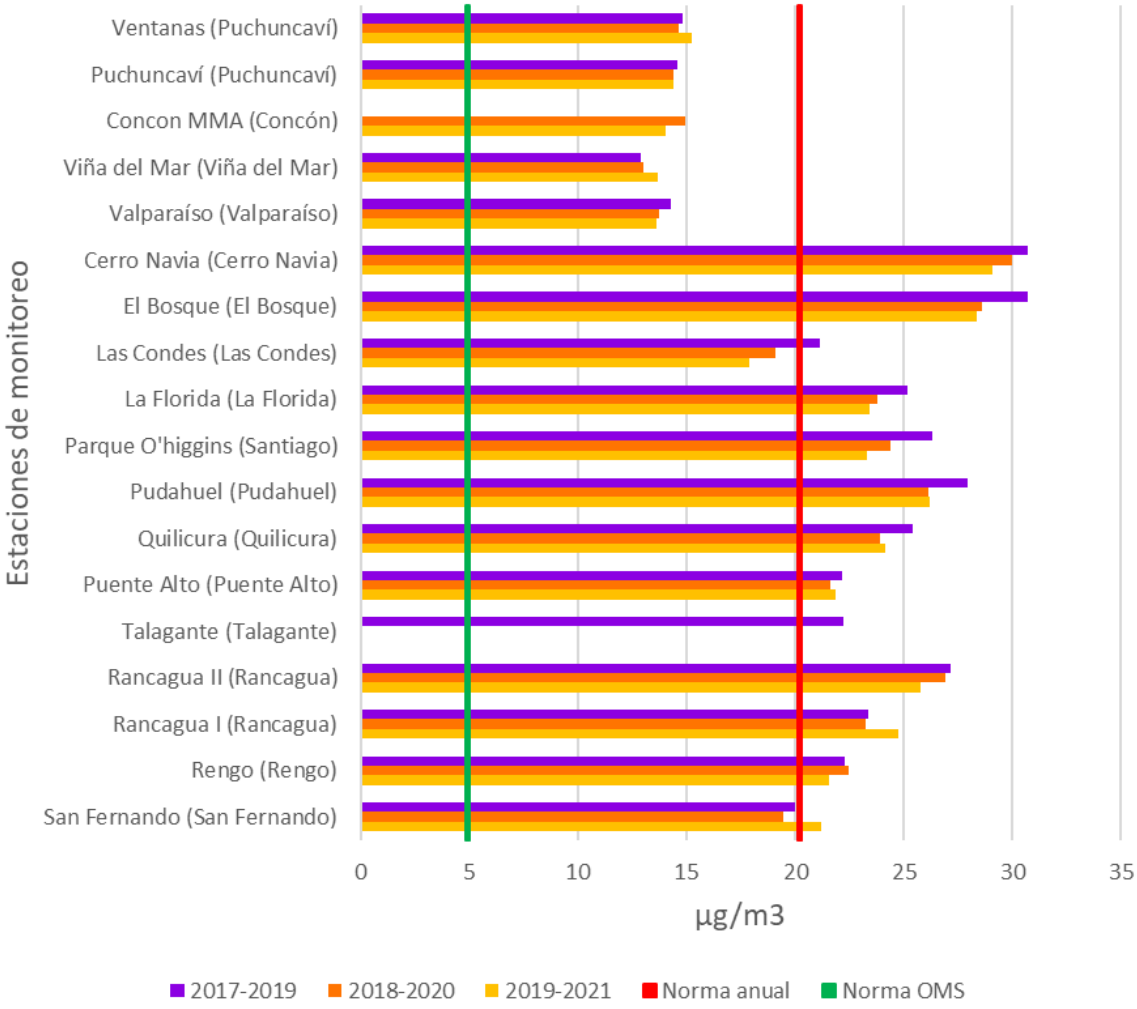
Para el período 2017-2019, 13 de las 17[21] (76,47%) estaciones de la macrorregión centro registraron concentraciones de $MP_{2,5}$ superiores al límite establecido en la norma anual para este contaminante (20 µg/m^3). En cambio, para el periodo 2018-2020, la cantidad de estaciones con concentraciones que superan la norma para $MP_{2,5}$ descendió a 10[22] (58,82%). Sin embargo, en el periodo 2019-2021, el número de estaciones con concentraciones sobre la norma aumentó a 11 (64,70%).

Es importante destacar que, para los tres períodos considerados, ninguna de las estaciones de la macrorregión centro cumple con el nivel recomendado por la OMS para las concentraciones anuales de $MP_{2,5}$ (**Ver Figura 1.7**).

El valor más alto de los tres promedios trianuales se registra en la estación El Bosque (30,7 µg/m^3), específicamente para el período 2017-2019. La menor concentración se obtuvo en la estación "Viña del Mar" para el promedio trianual 2017-2019 (12,91 µg/m^3).

[21] Para el período 2017-2019, se consideran únicamente 17 estaciones, debido a que la estación Concón MMA no posee los datos requeridos para calcular ese periodo.
[22] Para el período 2018-2020 y 2019-2021, se consideran únicamente 17 estaciones, debido a que la estación Talagante no posee los datos requeridos para calcular dichos periodos.

Figura 1.7. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en la macrorregión norte, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

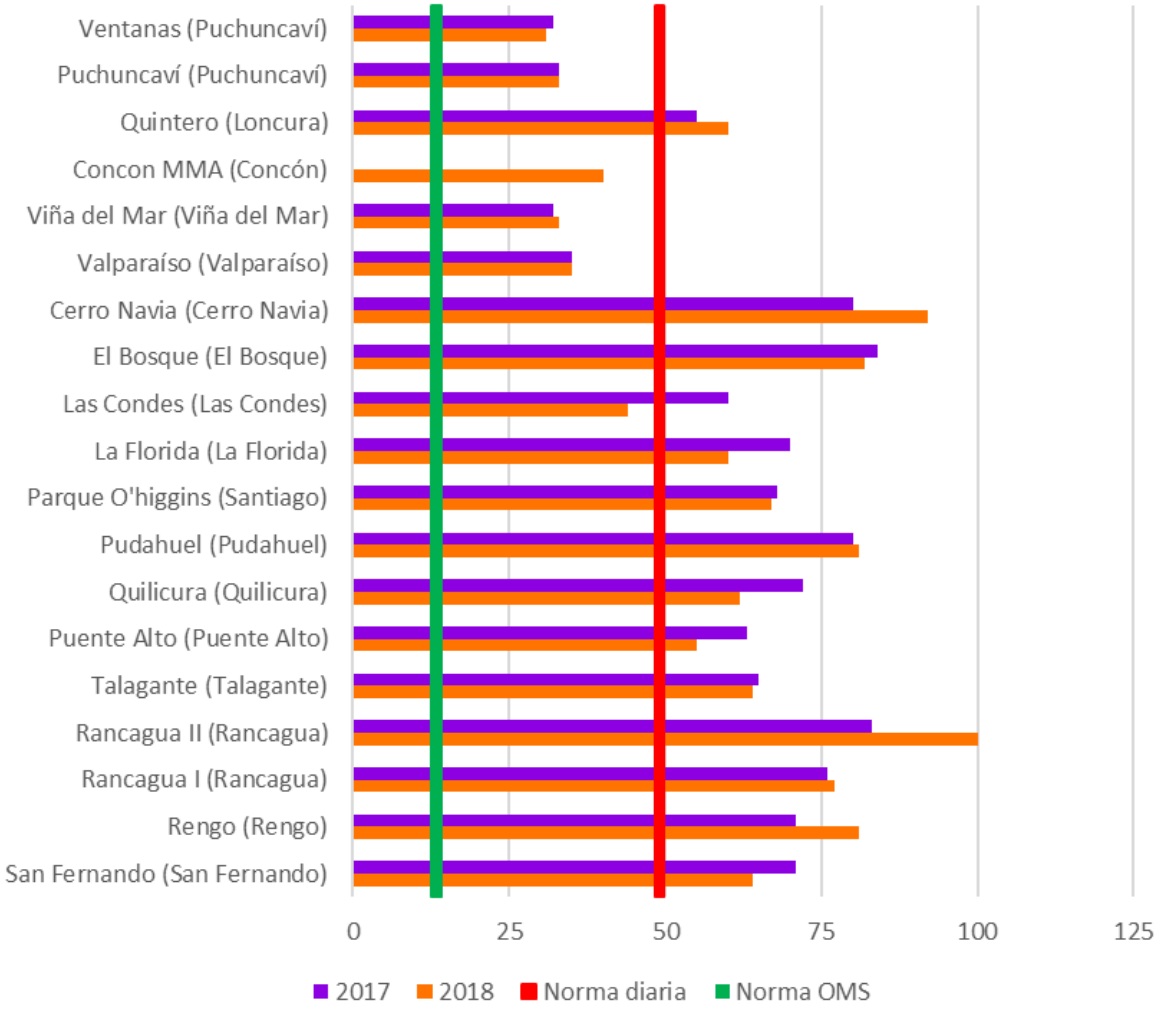
Tal como se observa en las **Figuras 1.8** y **1.9**, el año 2017 fueron 14[23] (77,77%) las estaciones que presentaron concentraciones superiores a la norma diaria de $MP_{2,5}$. En cambio, en el año 2018, estas estaciones descendieron a 13 (68,42%), las que se reducirían a 12 (63,15%) para el año 2019. El año 2020, se alcanzó un mínimo de 9[24] (50%) estaciones con concentraciones superiores a la norma diaria de $MP_{2,5}$, mientras que en el año 2021 estas estaciones ascendieron nuevamente a 12 (63,15%).

[23] Para el año 2017, se consideran únicamente 18 estaciones, debido a que la estación Concón MMA no posee los datos requeridos para calcular ese año.
[24] Para el año 2020, se consideran únicamente 18 estaciones, debido a que la estación Talagante no posee datos para ese año.

En el periodo 2017-2021, **ninguna** de las estaciones de la macrorregión centro cumple con el nivel diario recomendado por parte de la OMS para este contaminante (15 µg/m^3).

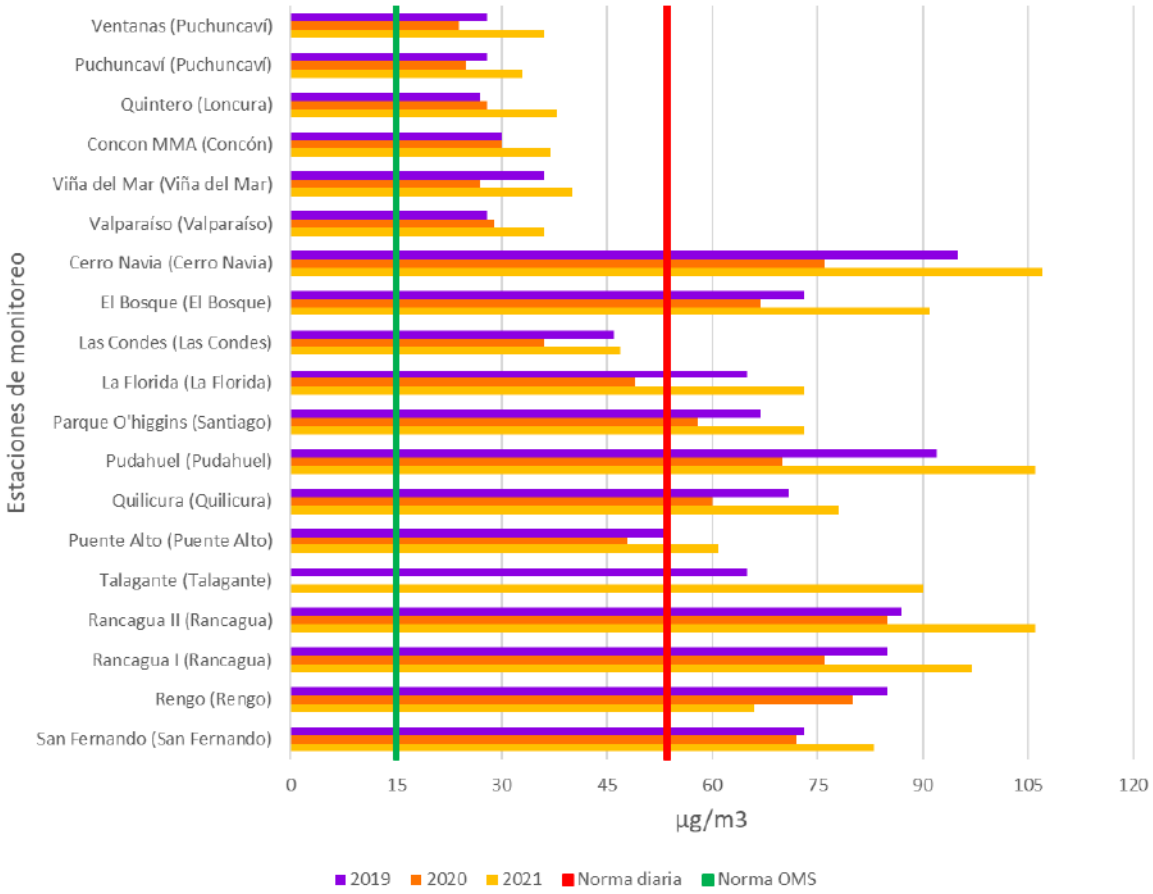
La mayor concentración diaria para material particulado fino del periodo 2017-2021, se observa en la estación Cerro Navia (107 µg/m^3), específicamente para el año 2021. La menor concentración diaria de este contaminante para el mismo periodo, se registra en la estación Ventanas de la comuna de Puchuncaví (24 µg/m^3), específicamente para el año 2020.

Figura 1.8. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en estaciones de monitoreo de la macrorregión centro, periodo 2017-2018.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Figura 1.9. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en estaciones de monitoreo de la macrorregión centro, periodo 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Macrorregión sur

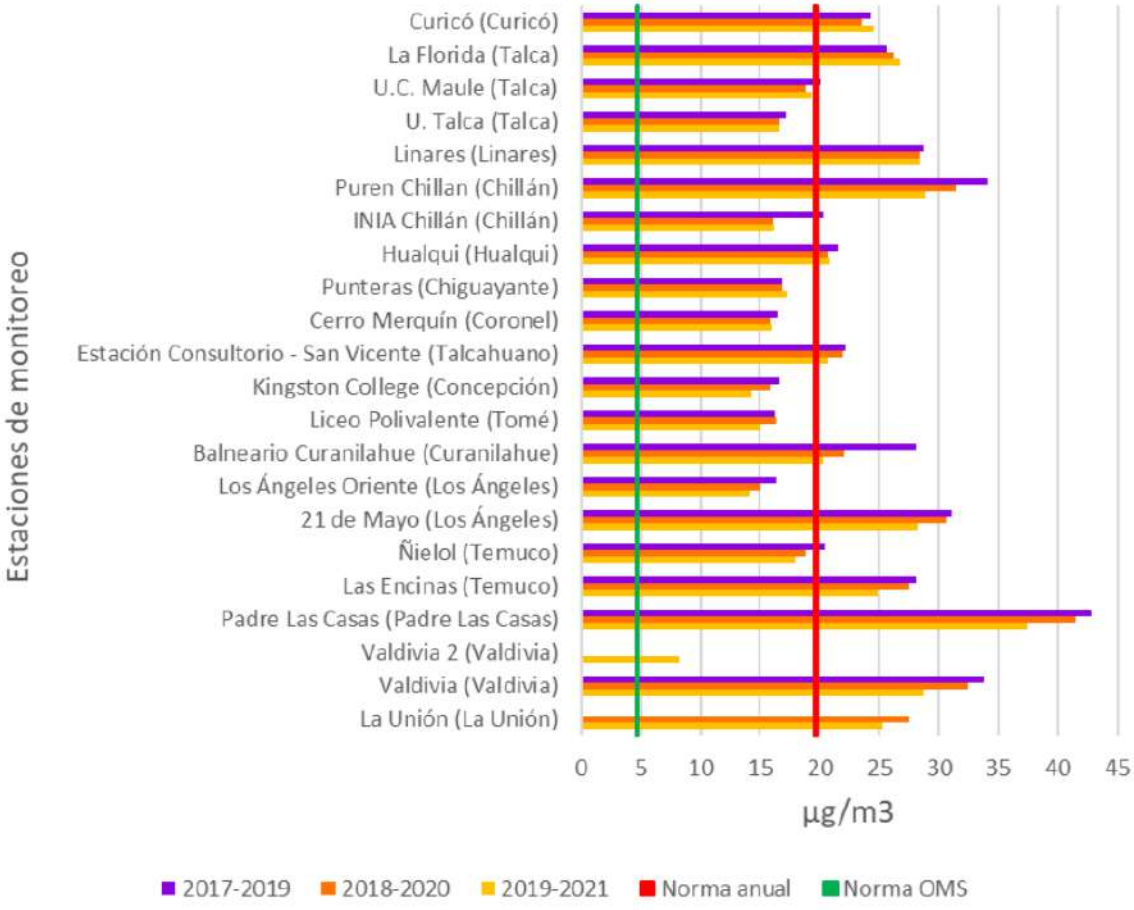
Para el período 2017-2019, 14 de las 20[25] estaciones (66,66%) de la macrorregión sur registraron concentraciones de $MP_{2,5}$ superiores al límite establecido en la norma anual para este contaminante (20 µg/m^3). En cambio, para el periodo 2018-2020, el número de estaciones con concentraciones superiores a la norma anual descendió a 12[26] (57,14%), cifra que se mantendría en el periodo 2019-2021.

Es relevante mencionar que, para los tres períodos considerados, **ninguna** de las estaciones de la macrorregión sur cumple con el nivel recomendado por la OMS para las concentraciones anuales de $MP_{2,5}$ (**Ver Figura 1.10**).

[25] Para el período 2017-2019, se consideran únicamente 20 estaciones, debido a que las estaciones "La Unión" y "Valdivia 2" no poseen datos para el año 2017.
[26] Para el período 2018-2020, se consideran únicamente 21 estaciones, debido a que la estación "Valdivia 2" no posee datos para el año 2018.

La estación Padre Las Casas II, ubicada en la comuna con nombre homónimo, es aquella que presentó las concentraciones más altas de todas las estaciones de la macrorregión sur, específicamente para el período 2017-2019 (42,81 µg/m^3). Contrariamente, la estación Valdivia 2, es aquella que presentó las menores concentraciones (8,10 µg/m^3), específicamente para el promedio trianual 2019-2021.

Figura 1.10. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en la



macrorregión sur, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.

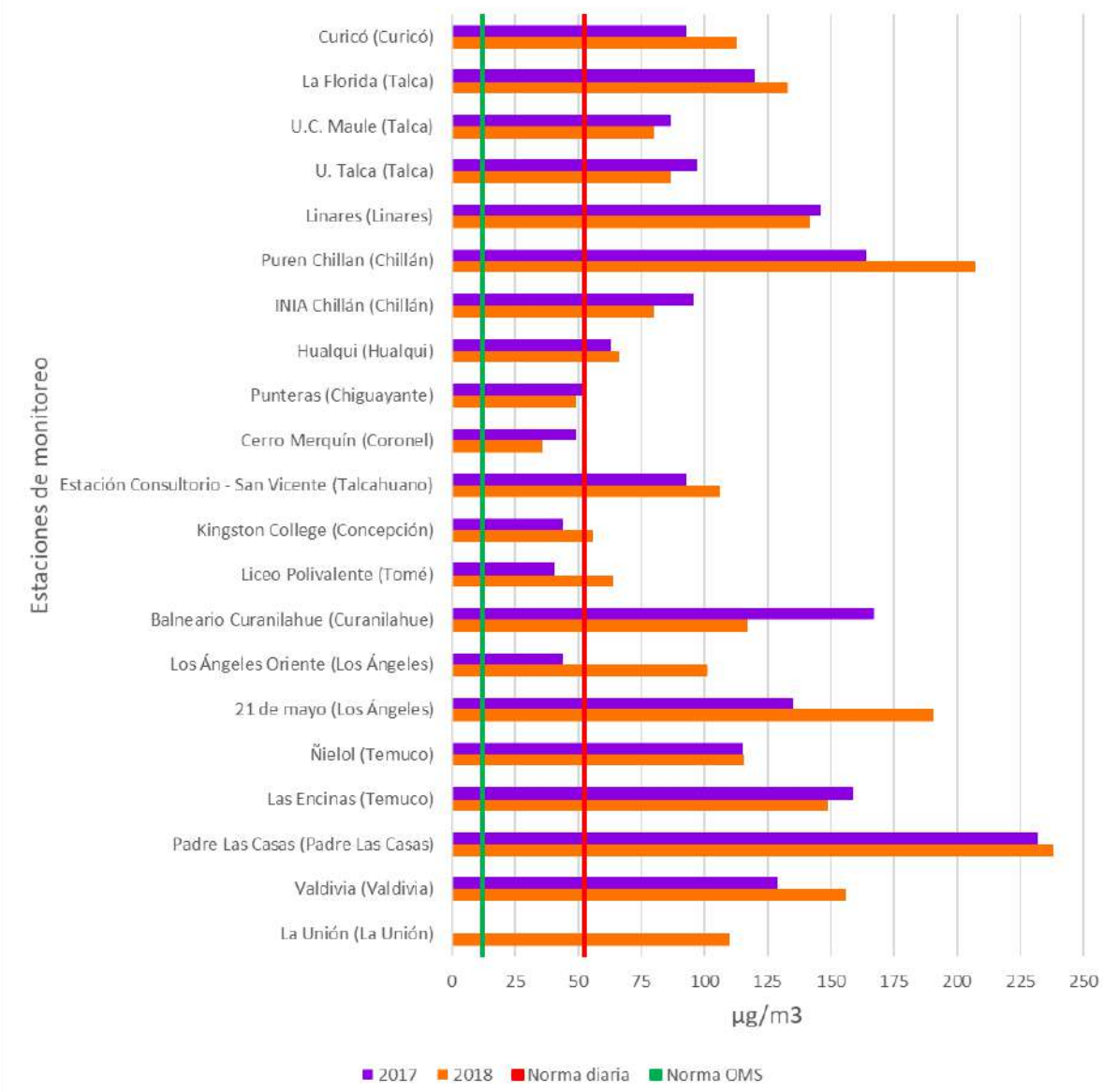
Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Tal como se puede observar en las **Figuras 1.11** y **1.12**, el año 2017 fueron 16 las estaciones (80%) que presentaron concentraciones superiores a la norma diaria de $MP_{2,5}$. Para el año 2018, estas estaciones ascendieron a 19 (90,47%), cifra que disminuyó a 17 (77,27%) para el 2019. En los últimos dos años (2020 y 2021), el número de estaciones con concentraciones superiores a la norma diaria de $MP_{2,5}$ se ha mantenido en 18 (81,81%).

En el periodo 2017-2021, **ninguna** de las estaciones de la macrorregión sur cumple con el nivel diario recomendado por parte de la OMS para este contaminante (15 µg/m^3).

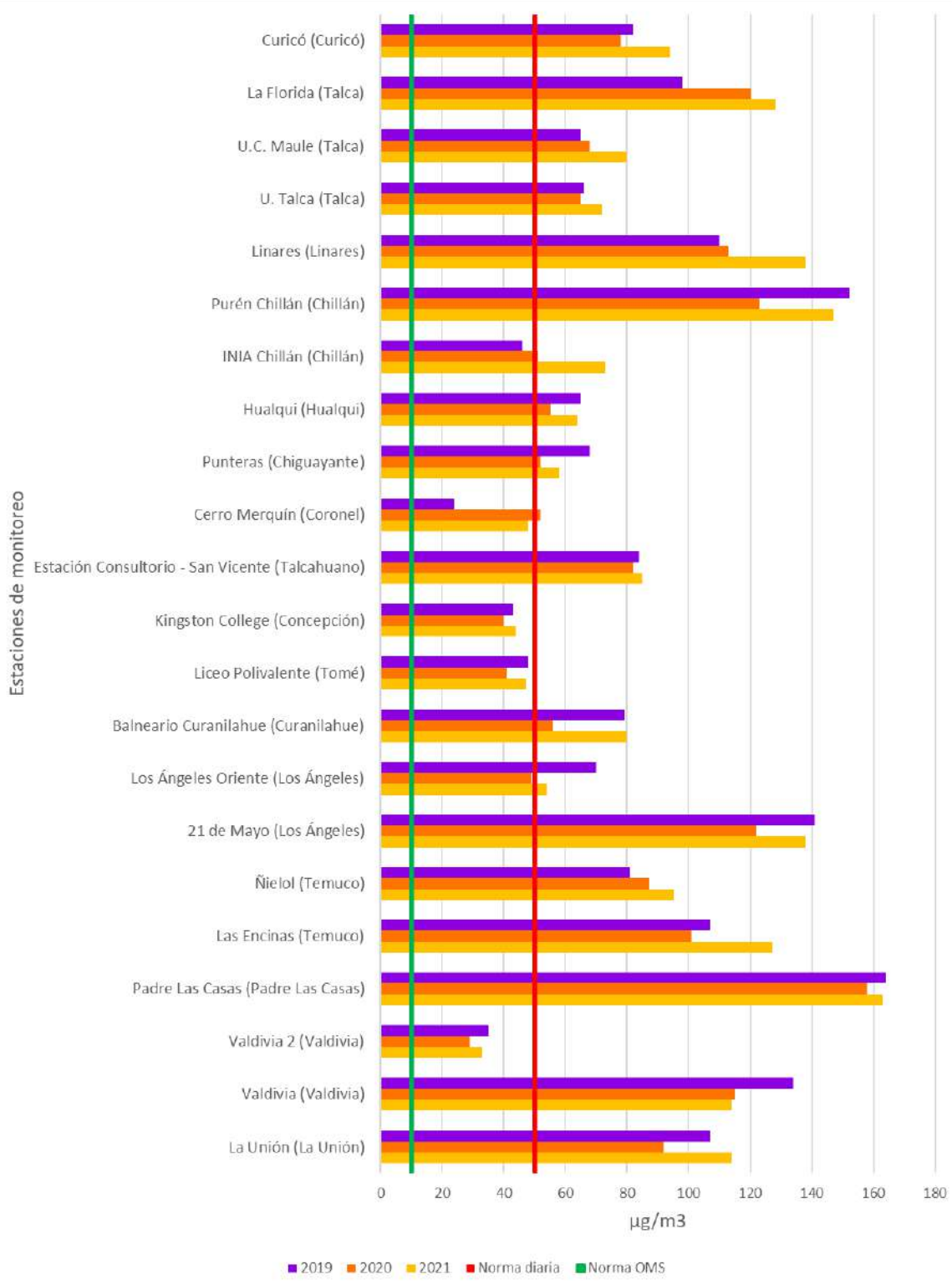
La estación Padre Las Casas II destaca por ser aquella con las concentraciones diarias de $MP_{2,5}$ en toda la macrorregión sur, misma que alcanzó un máximo de 238 µg/m^3 el año 2018. Contrariamente, la estación Cerro Merquin resalta por tener un mínimo de 24 µg/m^3 en el año 2019.

Figura 1.11. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en estaciones de monitoreo de la macrorregión centro, periodo 2017-2018.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Figura 1.12. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en estaciones de monitoreo de la macrorregión centro, periodo 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

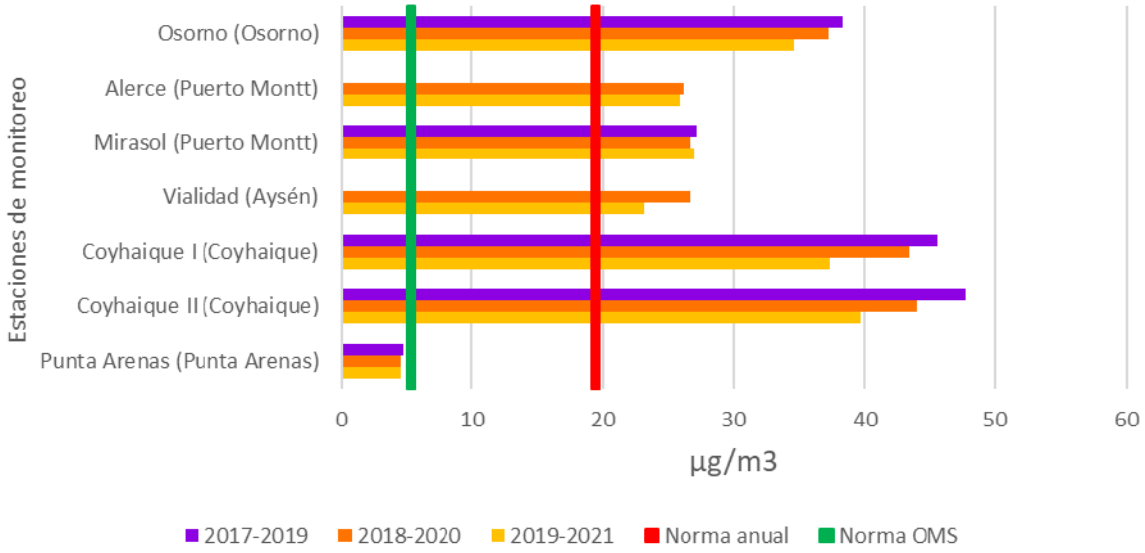
Macrorregión austral

Para los períodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021, **6** de las **7** estaciones (87,5%) presentes en la macrorregión austral tuvieron concentraciones de $MP_{2,5}$ que superaron el límite establecido en la norma anual de este contaminante (20 µg/m^3). Adicionalmente, solo la estación "Punta Arenas", ubicada en la ciudad con nombre homónimo, cumple con el nivel anual recomendado por la OMS (5 µg/m^3) para cada uno de los periodos considerados.

Al efectuar una comparación de los promedios trianuales para los tres períodos considerados (**Ver Figura 1.13**), se observa que en 5 de las 7 estaciones se ha producido una disminución de las concentraciones anuales de $MP_{2,5}$, aunque esta reducción no ha sido suficiente para cumplir con la norma anual. Solamente en las estaciones "Mirasol" y "Punta Arenas", se registró un leve aumento de las concentraciones anuales del periodo 2018-2020 con respecto a las del periodo 2019-2021.

El valor más alto de los tres promedios trianuales, se registra en la comuna de Coyhaique, específicamente en la estación Coyhaique II en el período 2017-2019 (47,8 µg/m^3), mientras que el menor valor de los tres promedios trianuales se registra en la estación Punta Arenas (4,4 µg/m^3 en el periodo 2018-2020).

Figura 1.13. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en la macrorregión austral, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.

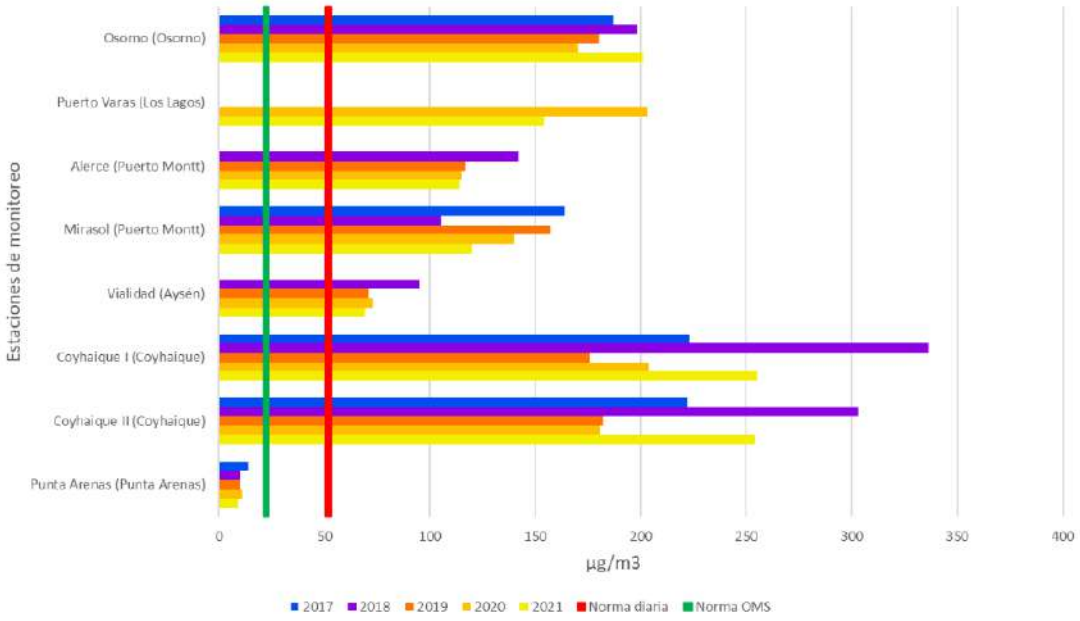


Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Por otra parte, para el periodo 2017-2021 (**Ver Figura 1.14**), sólo la estación "Punta Arenas" registró concentraciones inferiores a las establecidas en la norma diaria de $MP_{2,5}$, siendo además la única de la macrorregión austral que cumple con los niveles diarios recomendados por la OMS para este contaminante (15 µg/m^3).

Adicionalmente, la mayor concentración diaria de material particulado fino del periodo 2017-2021 en esta macrorregión, se registra en la estación de Coyhaique I (336 µg/m^3, año 2018). En cambio, la menor concentración diaria de $MP_{2,5}$ para esta macrorregión, se registra en la estación "Punta Arenas" (9 µg/m^3, año 2021).

Figura 1.14. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino ($MP_{2,5}$) en estaciones de monitoreo de la macrorregión austral, periodo 2017-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

1.3.1.1.2. Material particulado grueso (MP_{10})

Para el período 2017-2019, son 16 (37,20%) las estaciones con concentraciones superiores a la norma anual de MP_{10}, cifra que disminuyó a 14 (32,55%) para el periodo 2018-2020 y a 12 (26,08%) en el periodo 2019-2021.

Es importante resaltar que no hay ninguna estación a nivel nacional, que cumpla con el nivel anual recomendado por la OMS para este contaminante (15 µg/m^3).

En lo que respecta a la norma diaria de MP_{10}, el año 2018 se obtuvo un máximo de 17 estaciones con concentraciones diarias superiores a la norma (37,77%), cifra que disminuyó a 15 (31,25%) en 2019 y alcanzó un mínimo de 9 estaciones (19,56%) en 2020, para volver aumentar a 17 (36,17%) el año 2021.

El año 2017 dos estaciones cumplieron con el nivel diario recomendado por la OMS (45 µg/m^3), cifra que disminuyó a 1 en 2017, para luego aumentar a 3 en 2019, cantidad que se mantendría en 2020 y disminuiría a 2 en 2021.

El desglose para cada una de las cuatro macrorregiones del país, se presenta en las próximas secciones.

Macrorregión norte

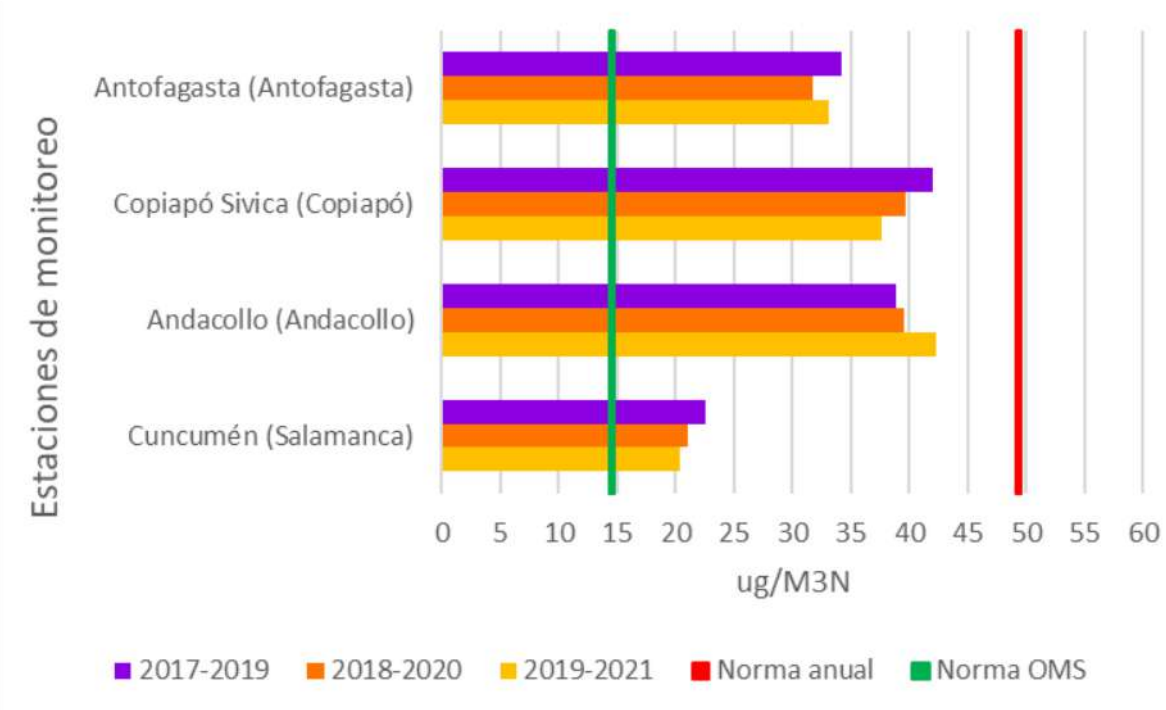
Para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021, el 100 % (4 de 4) de las estaciones de la macrorregión norte cumplen con el límite definido por la norma anual de MP10 (50 µg/m^3). Sin embargo, **ninguna** de las cuatro estaciones cumple con el nivel recomendado por la OMS (15 µg/m^3) (**Ver Figura 1.15**).

Además, al comparar los promedios trianuales de los tres periodos estudiados, se observa una disminución de las concentraciones de MP_{10} en las estaciones "Copiapo Cívida" y "Cuncumen", mientras que se observa un aumento de las concentraciones en las estaciones "Andacollo" y "Antofagasta"[27].

El valor más alto de los tres promedios trianuales, se registra en la estación Andacollo (42,24 µg/m^3), específicamente para el periodo 2019-2021. Contrariamente, la menor concentración se obtuvo en la estación "Cuncumen", específicamente para el periodo 2019-2021.

[27] En el caso de la estación Antofagasta, el aumento de las concentraciones se produce únicamente entre el promedio trianual 2018-2020 y 2019-2021.

Figura 1.15. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado grueso (MP_{10}) en la macrorregión norte, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.

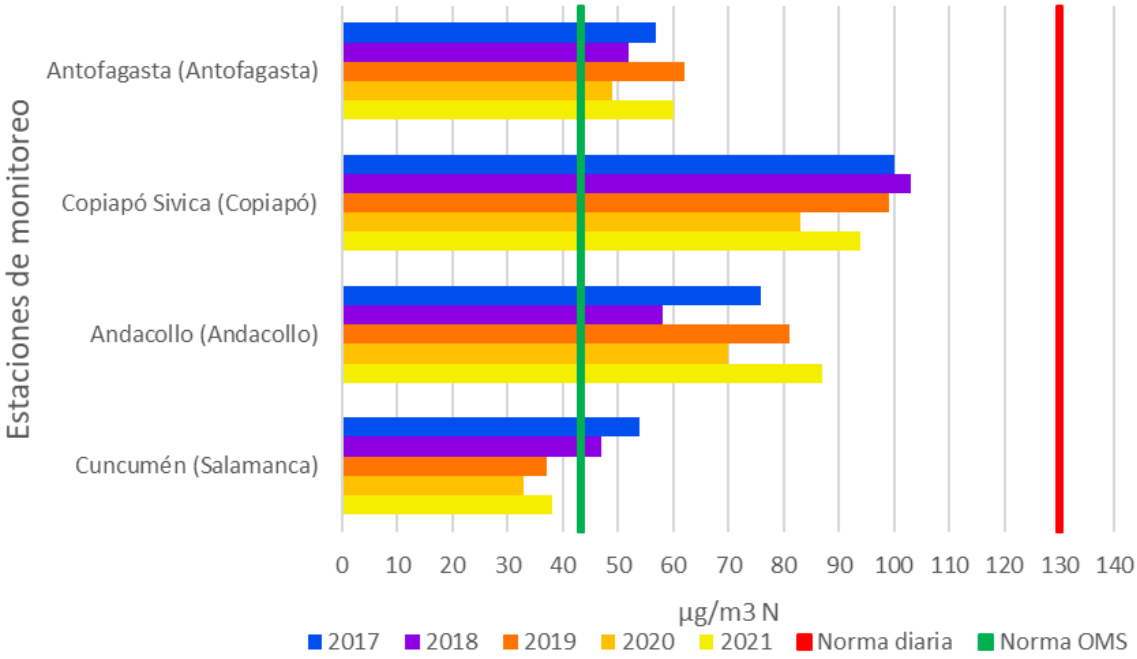


Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Como se aprecia en la **Figura 1.16**, para el periodo 2017-2021, el 100% (4 de 4) de las estaciones de la macrorregión norte cumplen con el límite definido por la norma diaria de MP_{10} (130 µg/m^3).

Sin embargo, en los años 2017 y 2018, ninguna de las estaciones cumplió con el nivel diario recomendado por la OMS para el MP10 (45 µg/m^3). En los años 2019, 2020 y 2021, únicamente la estación Cuncumen, ubicada en la comuna de Salamanca, cumplió con el parámetro de la OMS.

Figura 1.16. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP_{10}) en estaciones de monitoreo de la macrorregión norte, periodo 2017-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Macrorregión centro

Para el promedio trianual 2017-2019, 11 de las 21 (52,38%) estaciones de la macrorregión centro registraron concentraciones de MP_{10} superiores al límite establecido en la norma anual para este contaminante (50 µg/m^3), cifra que se mantendría para el promedio trianual 2018-2020. Sin embargo, para el promedio trianual 2019-2021, el número de estaciones con concentraciones sobre la norma aumentó a 12 (57,14%).

Es menester resaltar que, para los tres promedios trianuales considerados, ninguna de las estaciones de la macrorregión centro cumple con el nivel recomendado por la OMS para las concentraciones anuales de MP10 (**Ver Figura 1.17**).

El valor más alto de los tres promedios trianuales, se registra en la estación "El Bosque" (74,80 µg/m^3), específicamente para el periodo 2019-2021. La menor concentración se obtuvo en la estación "Valle Alegre" (25,63 µg/m^3), específicamente para el período 2017-2019.

Figura 1.17. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado grueso (MP_{10}) en la macrorregión centro, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



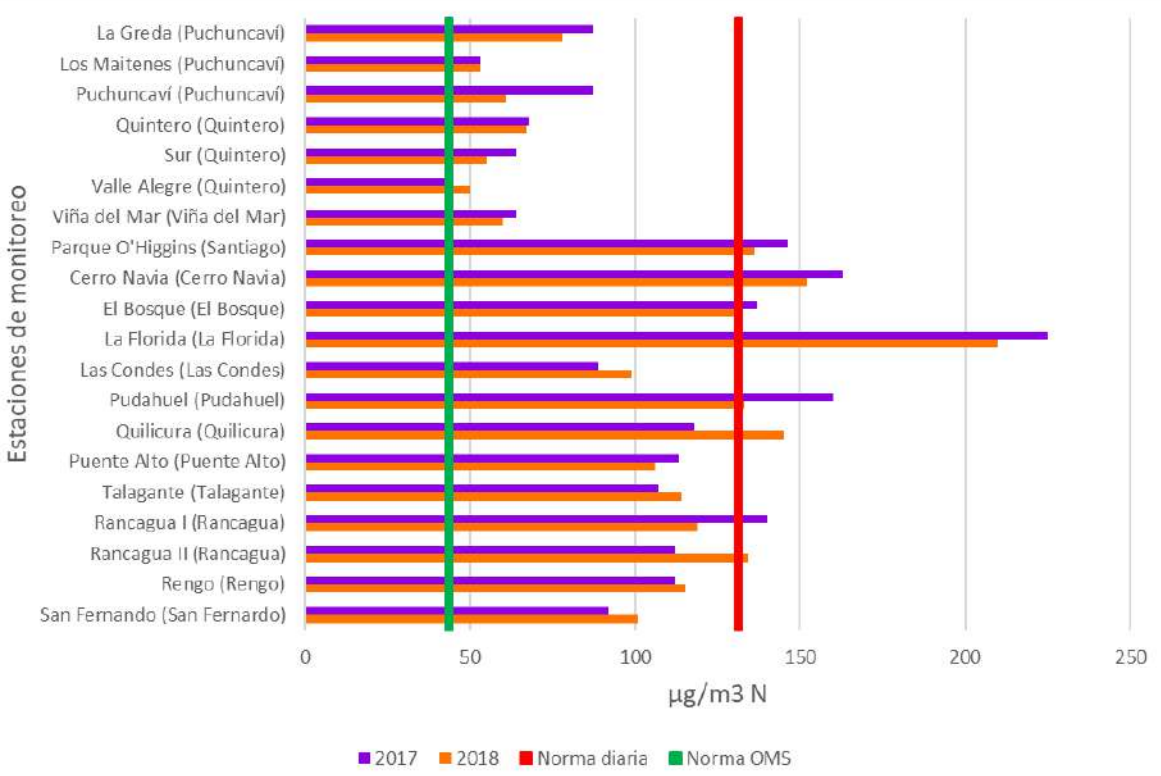
Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

En lo que respecta a la norma diaria de MP_{10}, el año 2017 fueron 6 (30,00%) las estaciones que presentaron concentraciones superiores a lo establecido, cifra que se mantendría al año siguiente (**Ver Figura 1.18**). Para el año 2019, las estaciones con concentraciones superiores a la norma aumentaron a 8 (40,00%), disminuyendo a 3 (15%) el año 2020, para volver aumentar y alcanzar un máximo de 10 (50%) en 2021 (**Ver Figura 1.19**).

En el periodo 2017-2021, solo una estación tuvo concentraciones inferiores al nivel diario recomendado por parte de la OMS, específicamente la estación "Valle Alegre" el año 2017, la cual también constituye la estación con la menor concentración para dicho año.

La mayor concentración diaria para material particulado grueso en el periodo 2017-2021, se observa en la estación La Florida (225 $\mu g/m^3$), específicamente en el año 2017.

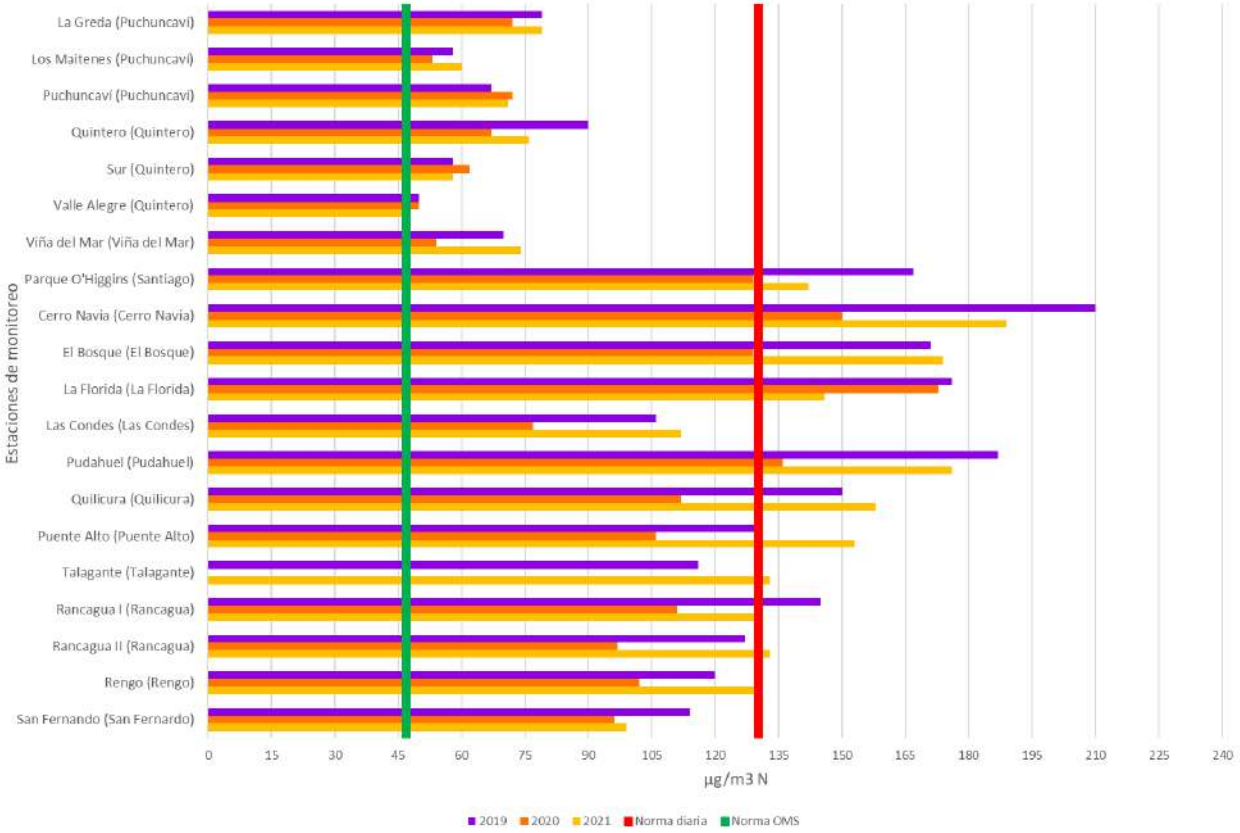
Figura 1.18. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP_{10}) en



estaciones de monitoreo de la macrorregión centro, periodo 2017-2018.

Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Figura 1.19. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP_{10}) en estaciones de monitoreo de la macrorregión centro, periodo 2019-2021.



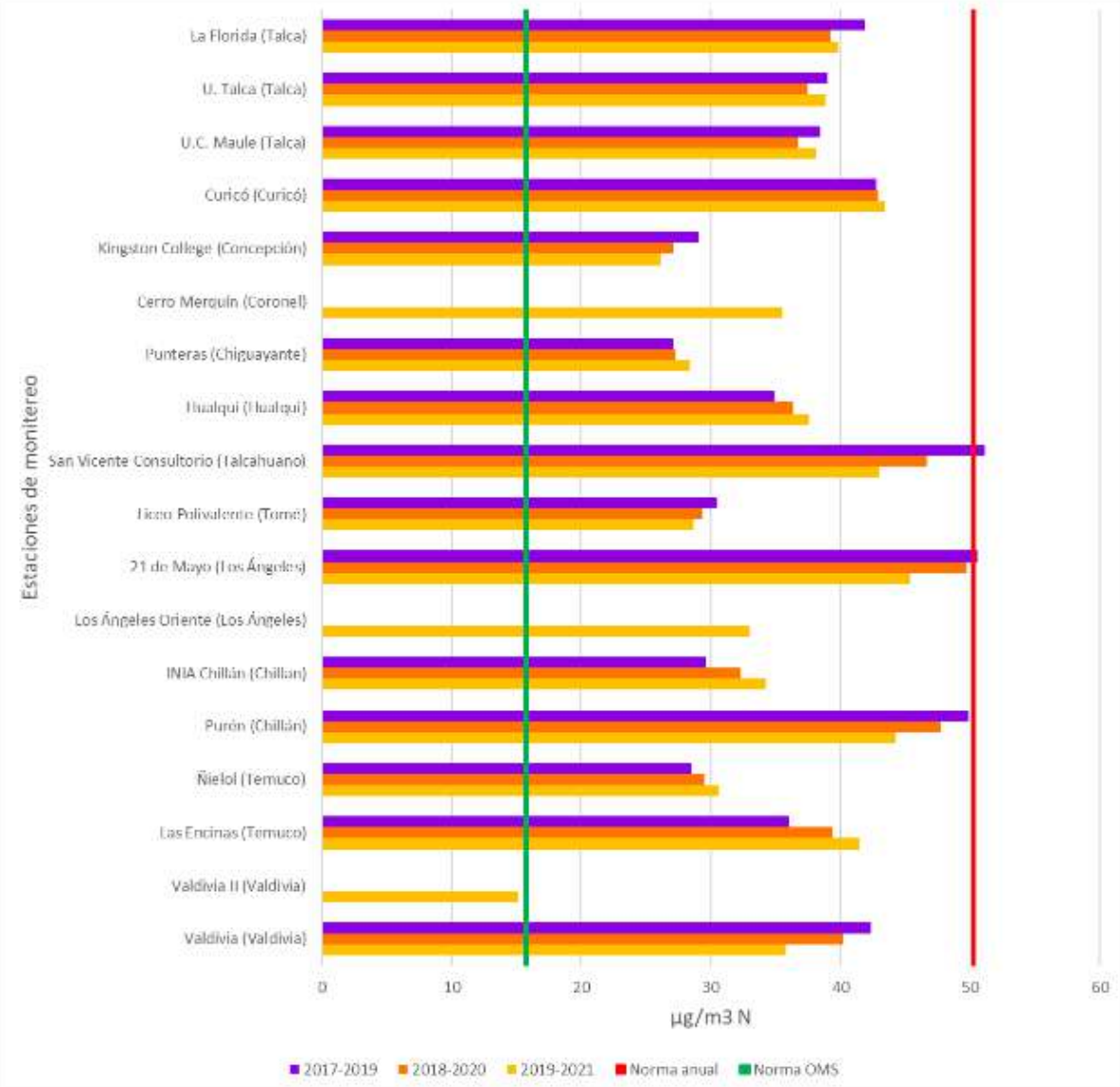
Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Macrorregión sur

Para el período 2017-2019, 2 de las 15 (13,33%) estaciones de la macrorregión sur presentaron concentraciones superiores a lo establecido en la norma anual de este contaminante (50 µg/m^3). En los dos periodos siguientes (2018-2020, 2019-2021), ninguna estación excedió la norma anual (**Ver Figura 1.20**). Sin embargo, **ninguna** de las estaciones de esta macrorregión presentó concentraciones inferiores a las recomendadas por la OMS (15 µg/m^3).

La estación Padre Las Casas II, tuvo las concentraciones más altas de la macrorregión sur, específicamente para el período 2017-2019 (51,1 µg/m^3). Contrariamente, la estación Valdivia II presentó las menores concentraciones (15,08 µg/m^3), específicamente para el promedio trianual 2019-2021.

Figura 1.20. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado grueso (MP10) en la macrorregión sur, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

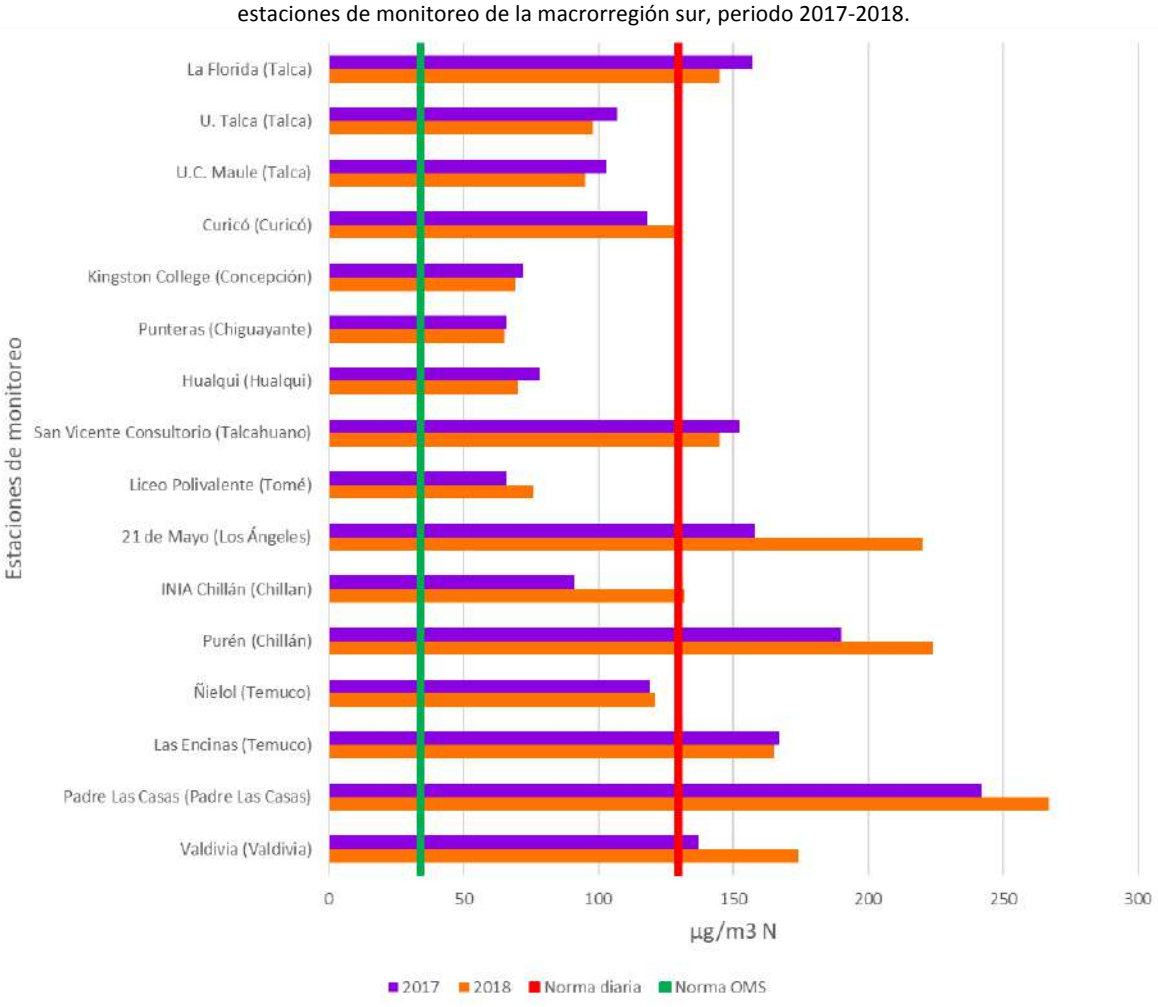
En lo que respecta a la norma diaria, el año 2017 fueron 7 (43,75%)[28] las estaciones con concentraciones superiores a lo establecido, cifra que aumentaría a 8 (50,00%) el año 2018. En 2019[29], estas estaciones disminuyeron a 4 (21,05%), alcanzando un mínimo de 3 en 2020 (16,66%). En 2021, nuevamente fueron 4 (22,22%) las estaciones con concentraciones superiores a la norma (**Ver Figura 1.21 y 1.22**).

[28] Para los años 2017 y 2018 solo 16 estaciones de la macrorregión sur contaban con los datos requeridos para contrastar con la norma diaria de MP_{10}.
[29] Para los años 2020 y 2021 solo 18 estaciones de la macrorregión sur contaban con los datos requeridos para contrastar con la norma diaria de MP_{10}.

La estación Valdivia II, es la única de la macrorregión sur con concentraciones inferiores a los niveles recomendados por la OMS (45 µg/m^3), específicamente en los años 2019 y 2020. Esta estación también corresponde a la que tuvo las menores concentraciones de los últimos tres años en la macrorregión.

Por último, la mayor concentración diaria de material particulado grueso del periodo 2017-2021 en esta macrorregión, se registra en la estación Padre Las Casas II (267 µg/m^3), específicamente en el año 2018.

Figura 1.21. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP10) en estaciones de monitoreo de la macrorregión sur, periodo 2017-2018.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Figura 1.22. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP_{10}) en estaciones de monitoreo de la macrorregión sur, periodo 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Macrorregión austral

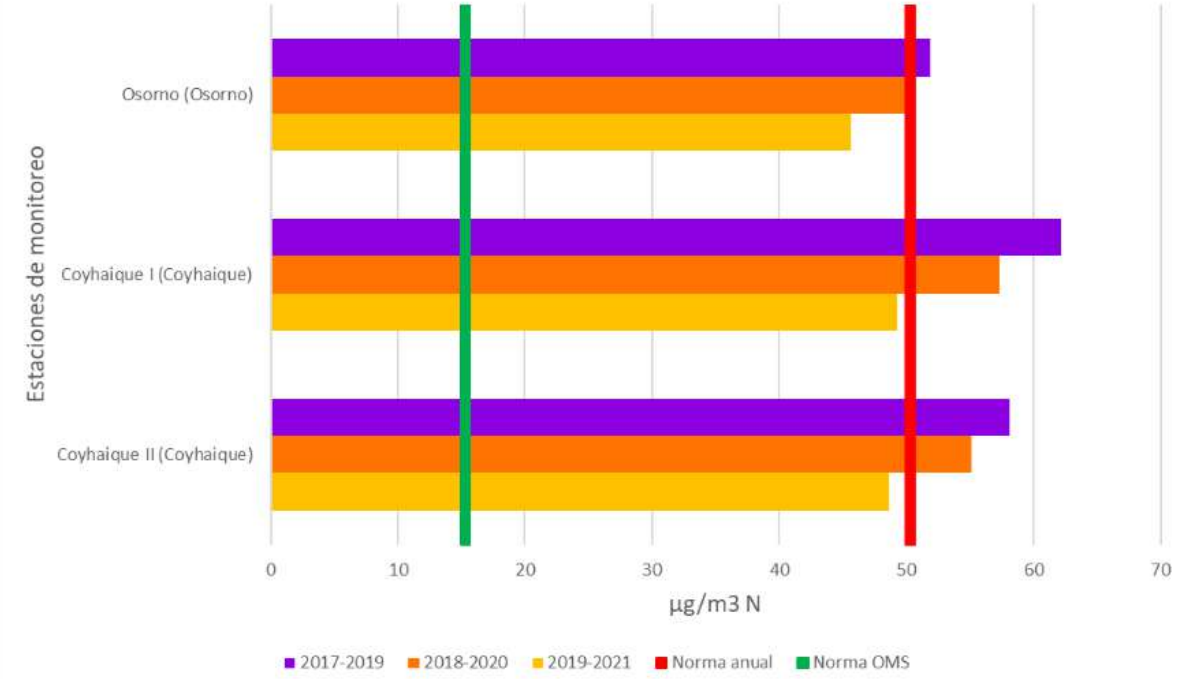
Para el promedio trianual 2017-2019 (**Ver Figura 1.23**), **2** (66,66%) de las **3** estaciones de la macrorregión austral presentaron concentraciones superiores a la norma anual de MP_{10}, cifra que se mantendría para el periodo siguiente (2018-2020). No obstante, en el periodo 2019-2021, ninguna de las estaciones de esta macrorregión presentó concentraciones superiores a la norma anual, lo que implica una reducción de la contaminación con respecto a los dos promedios trianuales anteriores.

Por otra parte, **ninguna** de las tres estaciones de la macrorregión austral cumple con los niveles recomendados por la OMS (15 µg/m^3).

El valor más alto de los tres promedios trianuales, se registra en la estación Coyhaique I, específicamente en el período 2017-2019 (62,15 µg/m^3), mientras

que el menor valor se registra en la estación Osorno (45,68) en el periodo 2019-2021.

Figura 1.23. Promedios trianuales de concentraciones de material particulado grueso (MP_{10}) en la macrorregión austral, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.

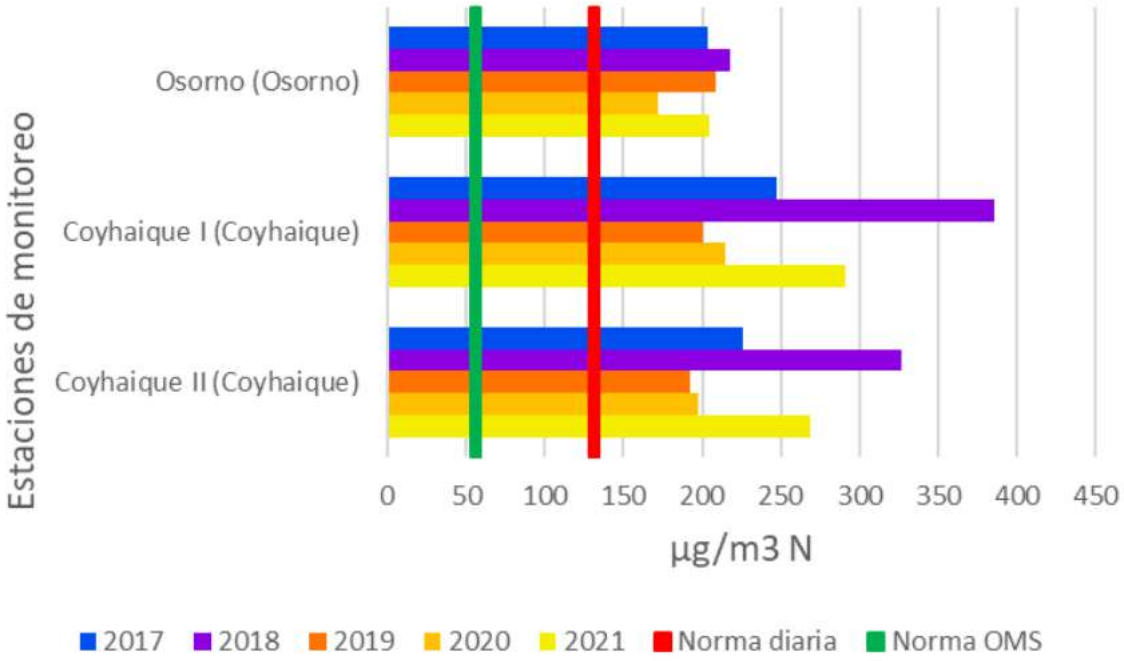


Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Cambiando de arista, para el periodo 2017-2021, las 3 (100%) estaciones de la macrorregión austral presentaron concentraciones superiores a las establecidas en la norma diaria de MP10. Adicionalmente, **ninguna** de las estaciones de esta macrorregión cumple con los niveles diarios recomendados por la OMS para este contaminante (45 µg/m^3) (**Ver Figura 1.24**).

En la macrorregión austral, la mayor concentración diaria de material particulado grueso del periodo 2017-2021 se registra en la estación Coyhaique I, alcanzando un máximo de 386 µg/m^3 el año 2018. La menor concentración diaria de MP_{10} se registra en la estación "Osorno" el año 2020 (172 µg/m^3), no obstante, continúa siendo un valor que excede en un 32,3% a la norma diaria.

Figura 1.24. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP_{10}) en estaciones de monitoreo de la macrorregión austral, periodo 2017-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

1.3.2. Ozono (O_3)

El ozono es un gas altamente reactivo que se forma naturalmente por la interacción entre el oxígeno y la luz ultravioleta. Reacción que se da principalmente en la capa atmosférica de ozono dando lugar a una disminución de los rayos ultravioleta que alcanzan la superficie de la tierra (U.S. Environmental Protection Agency, 2022b). El ozono que se encuentra a nivel de superficie y que es inhalado por los humanos es formado mediante procesos fotoquímicos que involucran a contaminantes como compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno, siendo así el ozono un contaminante secundario que repercute en la salud humana y ecosistémica (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2003; Center for Climate and Resilience Research, 2020; U.S. Environmental Protection Agency, 2022c). Estudios sugieren que niveles de ozono por debajo de 70 µg/m^3 podrían ser producto de fuentes no antropogénicas (Orellano, Reynoso, Quaranta, Bardach & Ciapponi, 2020).

La exposición a ozono puede relacionarse con efectos negativos en la salud humana, estando relacionada con mortalidad de diversas causas (Orellano, Reynoso, Quaranta, Bardach & Ciapponi, 2020), ambientes con altos niveles de O_3 pueden ser asociados a una disminución en la capacidad pulmonar,

empeoramiento de asma, afectación de los bronquios e hipoxia en el tejido (Shore, 2019; Cole & Freeman, 2009; Pei-en *et al*., 2021). Ello debido a la capacidad que tiene de penetrar profundamente los pulmones, lo cual trae mayores efectos negativos que otros contaminantes (Peden, 1997; Pei-en *et al*., 2021)

La exposición de corto plazo a ozono puede significar un aumento en la mortalidad de las personas con previas hospitalizaciones por episodios de infartos (Bero Bedada *et al*., 2016). Mientras que exposiciones de largo plazo al ozono presentan mayor relación con causas de mortalidad como enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias y problemas crónicos a los pulmones. Especialmente en niños se ha demostrado su relación con un mayor riesgo de bronquitis y rinitis alérgica (Turner *et al*., 2016; Zhou *et al*., 2021). Aquellos riesgos se ven agudizados en personas que habitan lugares de altas temperaturas y en los meses de verano (Zhou *et al*., 2021b; U.S. Environmental Protection Agency, 2018).

1.3.2.1. Situación nacional[30]

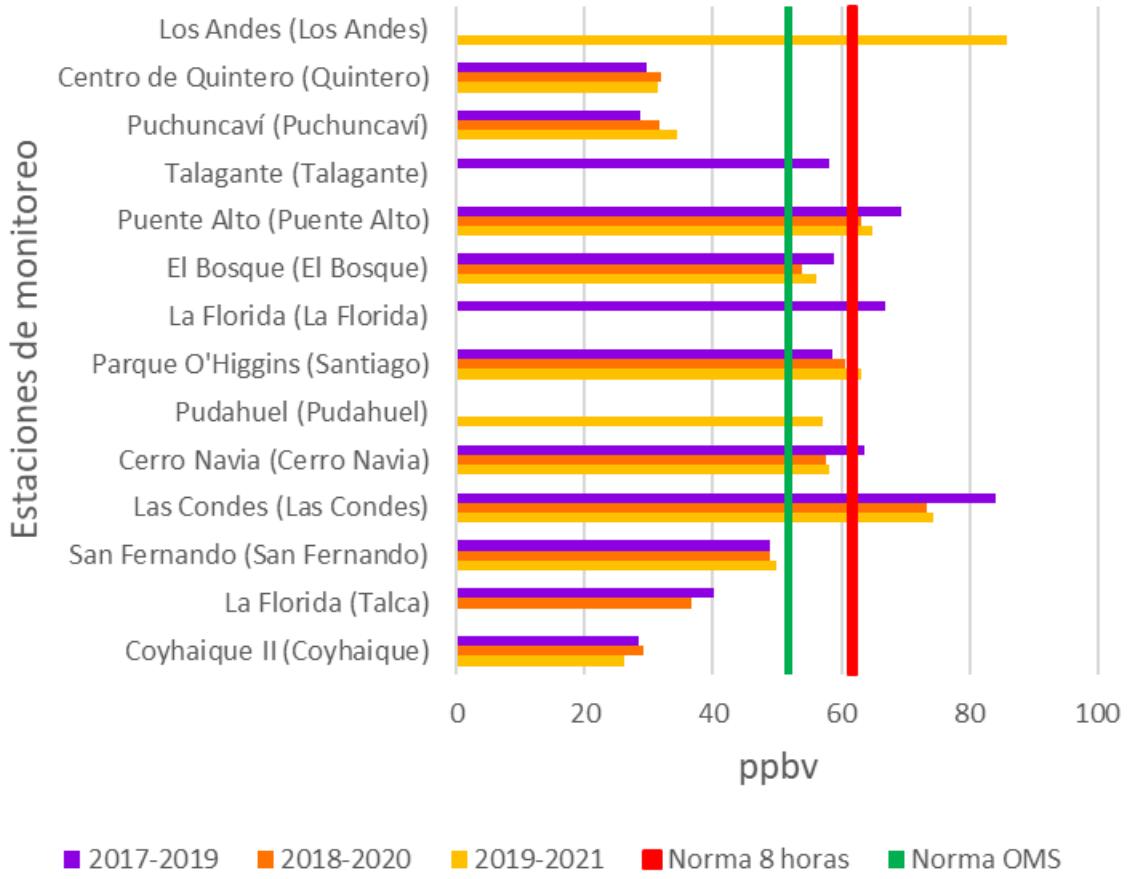
1.3.2.1.1. Norma de ocho horas

Para el promedio trianual 2017-2019 (**Ver Figura 1.25**), **4** (36,36%) de las **11** estaciones de monitoreo presentaron concentraciones superiores a la norma de ocho horas de O_3, cifra que disminuiría a **2** en el periodo siguiente (2018-2020). No obstante, en el periodo 2019-2021 la cantidad de estaciones con concentraciones que exceden la norma aumentaría nuevamente a **4** (33,33%)[31].

En lo que respecta al parámetro de la OMS para una concentración de ocho horas (50,93 ppbv), en el período 2017-2019, **7** de las **11** (63,63%) estaciones tuvieron concentraciones que excedieron dicho parámetro, cifra que se reduciría a **5** (50,00%) en el periodo 2018-2020 para luego volver a aumentar a **7** (58,33%)[32] en el periodo 2019-2021.

[30] Para representar la realidad nacional, se consideraron estaciones que contaran con la categoría de Estación de Monitoreo con Representación Poblacional por Gases (EMPRG) y/o que tuvieran datos validados, esto a excepción de las estaciones "Puchuncaví" y "Centro Quintero", que a pesar de ser una EMRPG, carece de datos validados. Además, a diferencia del MP_{10} y $MP_{2,5}$, para el O_3 no se hizo una separación por macrorregión, esto se debe a la reducida cantidad de estaciones con datos validados para este contaminante por cada una de las regiones del país.
[31] De acuerdo con el SINCA, para el periodo 2019-2021, el número de estaciones con datos validados para ozono ascendió a 12.
[32] Idem.

Figura 1.25. Percentil 99 de las concentraciones de ocho horas de ozono (O_3) en estaciones de monitoreo a nivel nacional, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Para los promedios trianuales 2017-2019 y 2018-2020, los máximos valores los obtuvo la estación Las Condes, siendo 84,04 ppbv y 73,44 ppbv respectivamente. Para el promedio trianual 2019-2021, el máximo valor lo presentó la estación Los Andes (85,93 ppbv).

Las concentraciones mínimas para los tres promedios trianuales (2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021), los obtuvo la estación Coyhaique II.

Por otra parte, al momento de comparar los valores del promedio trianual 2017-2019 con el del 2019-2021, es posible destacar que se generó una reducción en las concentraciones de ocho horas en ocho de las nueve estaciones (88,88%)[33]. La mayor reducción se produjo en la estación Puchuncaví de la comuna de nombre homónimo (-16,82%).

[33] Se hace referencia a las estaciones con datos para el período 2017-2019 y 2019-2021.

1.3.3. Dióxido de azufre (SO_2)

El dióxido de azufre es un gas tóxico de olor fuerte con gran solubilidad en agua que puede dar paso a la formación de ácidos sulfúricos (Garamendi González & Sánchez de León Robles, 2003; National Center for Biotechnology Information, 2022). La emisión de SO_2 es debida principalmente a la combustión de combustibles fósiles, para el caso de Chile en particular, las mayores fuentes son asociadas a fundiciones de cobre, termoeléctricas e industrias que utilicen petróleo y sus derivados, siendo alta su concentración en zonas industriales (Decreto N°104, 2019; Huneeus *et al*., 2020; Wang *et al*., 2021).

La exposición a SO2 puede generar efectos negativos en la salud humana, entre ellos la afectación de la capacidad respiratoria, crisis asmáticas, daños al sistema cardiovascular y mortalidad (Centro Nacional del Medio Ambiente & Universidad de Chile, 2015; Mercan, Babaoglu & Erturk, 2020). En mayor detalle, se ha estudiado la relación de la corta y larga exposición a SO_2 con el estrechamiento de las arterias, causando enfermedades al corazón potencialmente fatales especialmente en mujeres de mayor edad (Kim et al., 2021; Xu, Xiong, Jin & Tan, 2021). En el caso de hombres de edad, se puede observar una conexión de altos niveles de SO_2 con muertes súbitas para personas con problemas bronquiales (Garamendi González & Sánchez de León Robles,2003b). A nivel de medioambiente, el SO_2 y sus derivados pueden producir lluvia ácida, la cual repercute en ecosistemas sensibles, además de perjudicar las hojas y el crecimiento de las plantas (U.S. Environmental Protection Agency, 2022a).

1.3.3.1. Situación nacional[34]

1.3.3.1.1. Norma anual

Para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021 (**Ver Figura 1.26**), ninguna de las estaciones de monitoreo presentó concentraciones superiores a la norma anual de SO_2.

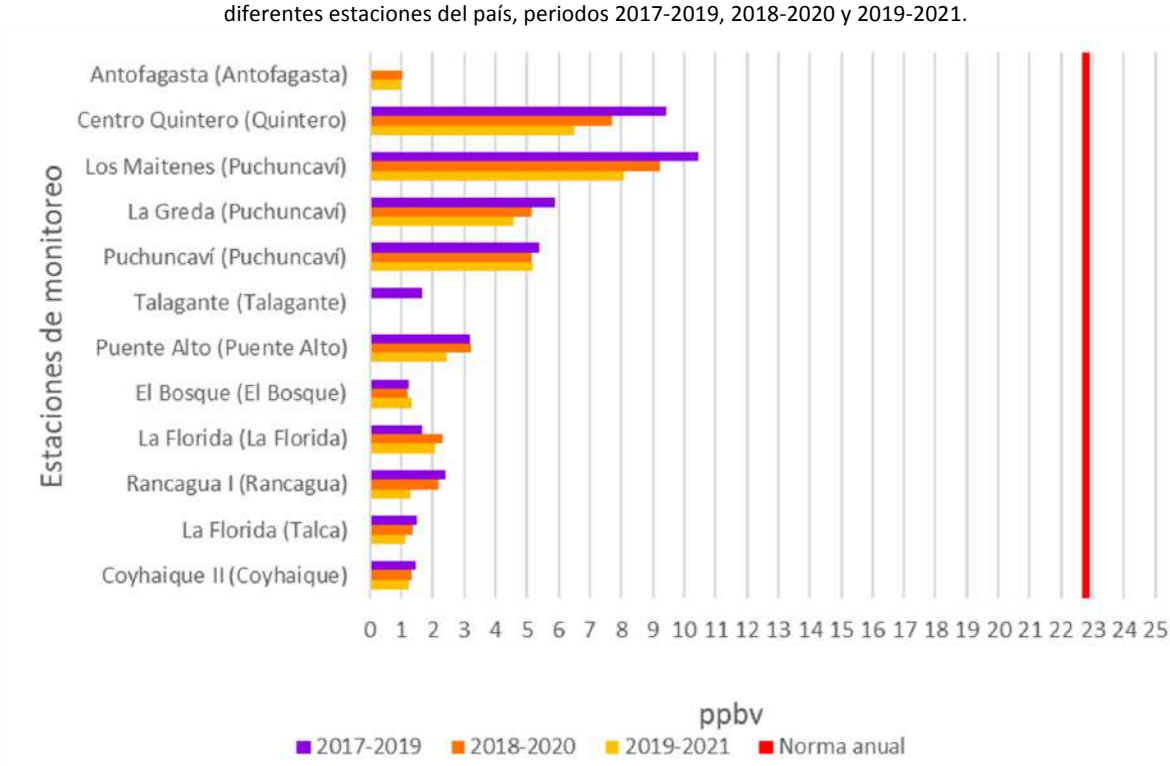
La estación Los Maitenes (comuna de Puchuncaví) registró las concentraciones máximas de SO_2 para cada uno de los periodos considerados (2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021).

[34] Para representar la realidad nacional, se consideraron estaciones que contaran con la categoría de Estación de Monitoreo con Representación Poblacional por Gases (EMRPG) y/o que tuvieran datos validados, esto a excepción de las estaciones "Puchuncaví", "La Greda", "Los Maitenes" y "Centro Quintero", que a pesar de ser EMPRG no poseían datos validados. Además, a diferencia del MP_{10} y $MP_{2,5}$, para el SO_2 no se hizo una separación por macrorregión, esto se debe a la reducida cantidad de estaciones con datos validados para este contaminante por cada una de las regiones del país.

Para el período 2017-2019, la menor concentración se registró en la estación El Bosque. En los periodos 2018-2020 y 2019-2021, la menor concentración la obtuvo la estación Antofagasta.

Adicionalmente, al comparar los promedios trianuales de los tres períodos estudiados, se observa una disminución de las concentraciones de SO_2 en cada una de las estaciones consideradas.

Figura 1.26. Promedios trianuales de concentraciones anuales de dióxido de azufre (SO_2) para diferentes estaciones del país, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

1.3.3.1.2. Norma diaria

Para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021 (**Ver Figura 1.27**), ninguna de las estaciones de monitoreo presentó concentraciones superiores a la norma diaria de SO_2. Adicionalmente, el 45,45% de las estaciones (5) tuvo concentraciones que sobrepasan los niveles recomendados por la OMS en el período 2017-2019, cifra que disminuyó a un 27,27% para el periodo 2018-2020 y a un 18,18% en el periodo 2019-2021.

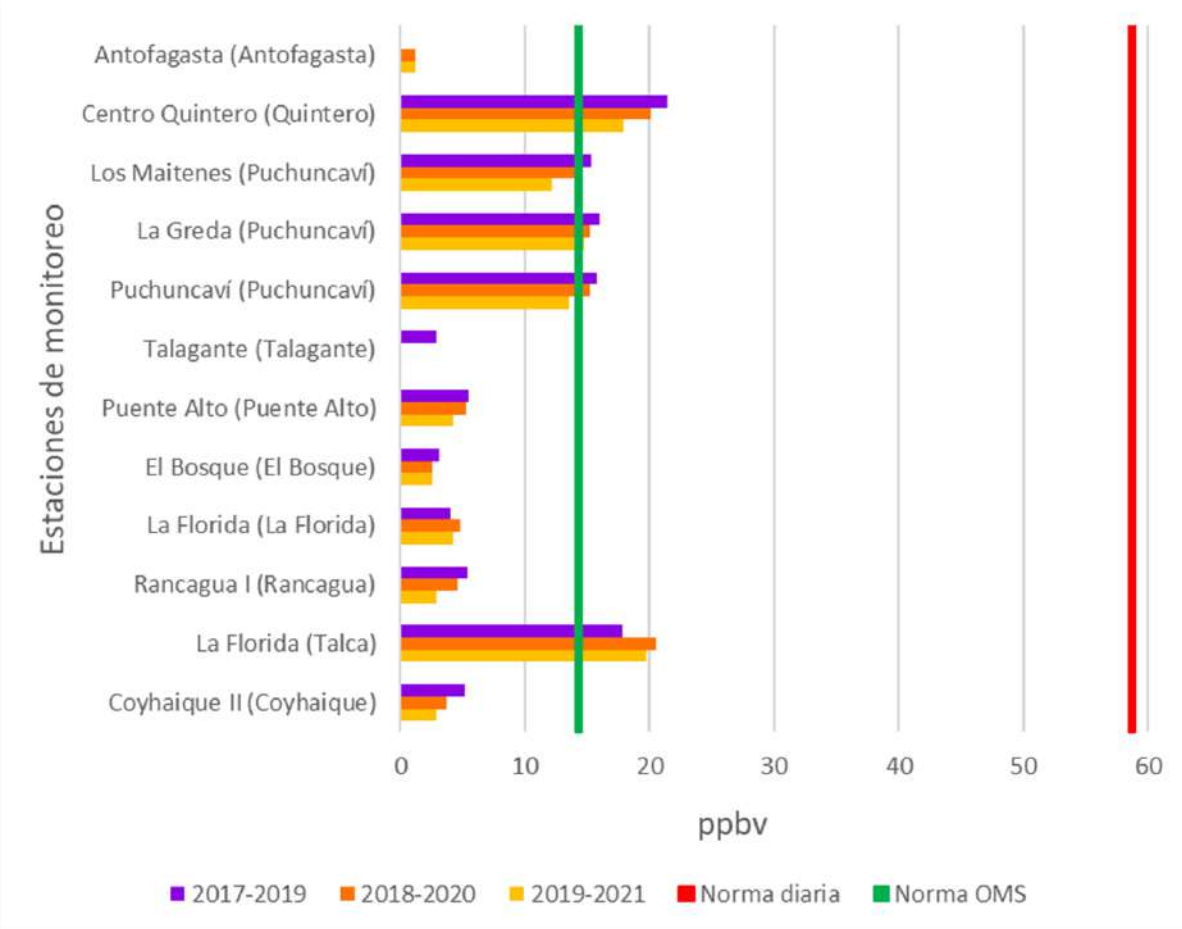
Los mayores valores a nivel nacional se registran en la estación Centro Quintero ubicada en la comuna de Quintero. En el período 2017-2019, la estación Centro Quintero alcanzó una concentración diaria de 21,48 ppbv, disminuyendo a 17,93 para el periodo 2019-2021.

Para el período 2017-2019, la concentración mínima se registró en la comuna de Talagante, mientras que para los periodos 2018-2020 y 2019-2021 la estación Antofagasta obtuvo las concentraciones diarias mínimas.

Además, al momento de comparar los valores del promedio trianual 2019-2021 con los del promedio trianual 2017-2019, es posible destacar que se generó una reducción en las concentraciones diarias de cada una de las estaciones[35]. La mayor reducción se produjo en la estación Rancagua 1 de la comuna de Rancagua (-46,17%).

[35] Se hace referencia a las estaciones con datos para el período 2017-2019 y 2019-2021.

Figura 1.27. Percentil 99 de las concentraciones diarias de dióxido de azufre (SO_2) en estaciones de monitoreo a nivel nacional, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.

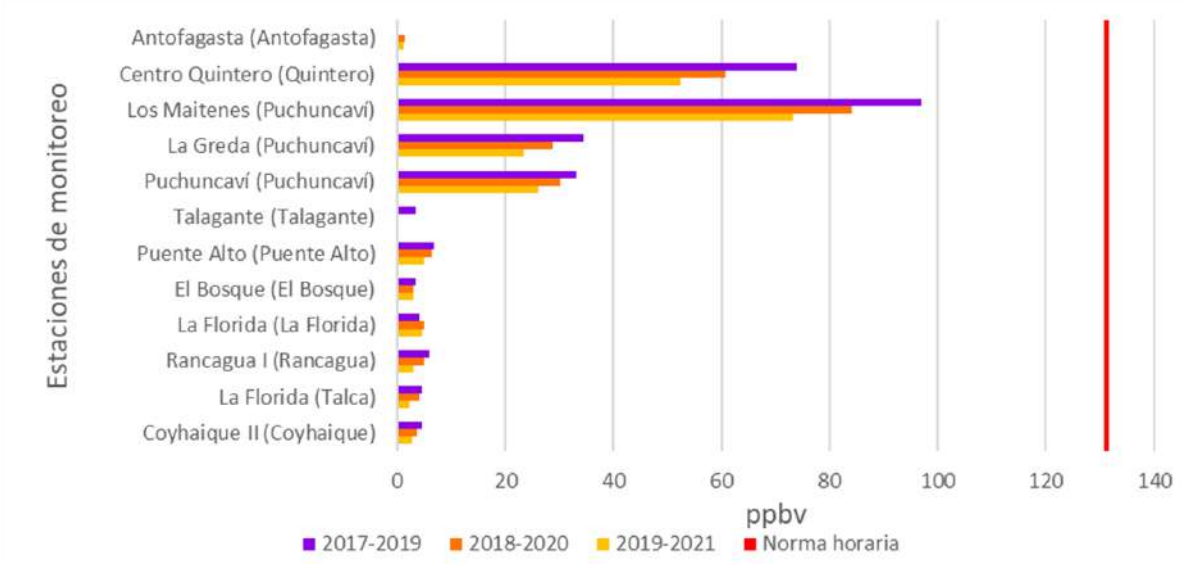


Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

1.3.3.1.3. Norma horaria

Para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021 (**Ver Figura 1.28**), ninguna de las estaciones de monitoreo presentó concentraciones superiores a la norma horaria de SO_2.

Figura 1.28. Percentil 98,5 de las concentraciones horarias de dióxido de azufre (SO_2) en estaciones de monitoreo a nivel nacional, periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Los valores más altos a nivel nacional se registran en la estación Los Maitenes ubicada en la comuna de Puchuncaví. En el período 2017-2019, la estación Los Maitenes alcanzó una concentración horaria de 97,01 ppbv, disminuyendo a 73,12 para el periodo 2019-2021.

Para el período 2017-2019, la estación El Bosque obtuvo la concentración horaria mínima de SO_2. La estación Antofagasta ubicada en la comuna de nombre homónimo, registró la menor concentración horaria de dióxido de azufre para los promedios trianuales 2018-2020 y 2019-2021.

Además, al momento de comparar los valores del promedio trianual 2019-2021 con los del promedio trianual 2017-2019, es posible destacar que se generó una reducción en las concentraciones horarias de cada una de las estaciones[36]. La mayor reducción se produjo en la estación Rancagua I de la comuna de Rancagua (-50,50%).

1.3.4. Dióxido de nitrógeno (NO_2)

El dióxido de nitrógeno es un gas altamente reactivo parte de los gases de efecto invernadero el cual abunda mayormente debido a fuentes antrópicas (Jarvis, Adamkiewicz, Heroux, Rapp & Kelly, 2010). La principal fuente emisora de NO_2 es la quema de combustibles fósiles por vehículos motorizados, en espacios

[36] Se hace referencia a las estaciones con datos para el período 2017-2019 y 2019-2021.

cerrados, este contaminante es generado principalmente por cocinas, calefactores a gas y el consumo de tabaco (Kamińska & Turek, 2020; Pilotto, Douglas, Attewell & Wilson, 1997;(Zee *et al*., 1995)). En conjunto con luz solar el NO_2 se involucra en la formación de ozono, además de formar ácidos nítricos y nitratos al reaccionar con H_2O (Decreto N°114, 2003).

Se ha estudiado la conexión de exposiciones de corta y larga duración con un aumento de admisiones hospitalarias y niveles de mortalidad debido a la afectación de la función pulmonar (Latza, Gerdes & Baur, 2009; Weinmayr, Romeo, De Sario, Weiland & Forastiere, 2010). En niños, una exposición a este contaminante en espacios cerrados se ha demostrado traer efectos respiratorios adversos los cuales pueden presentarse como inflamación de garganta, resfriados y tos con flema, perjudicando especialmente a niños con asma (Douglas, Attewell & Wilson, 1997; Gillespie-Bennett, Pierse, Wickens, Crane & Howden-Chapman, 2010; Gillespie-Bennett, Pierse, Wickens, Crane & Howden-Chapman, 2010b). En cuanto a la población de mayor edad, estudios han demostrado la relación entre una exposición de larga duración a NO_2 con riesgo a desarrollar enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson y Alzheimer (Jo, Kim, *et al*., 2021; Yan, Yun, Ku, Li & Sang, 2016).

Por otra parte, este contaminante también forma parte de los componentes de la lluvia ácida, la cual puede dañar ecosistemas sensibles acuáticos y terrestres (U.S. Environmental Protection Agency, 2022e; U.S. Environmental Protection Agency, 2022b).

1.3.4.1. Situación nacional[37]

1.3.4.1.1. Norma horaria

Como se observa en la **Figura 1.29**, para los tres períodos considerados (2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021) ninguna de las estaciones presentó concentraciones superiores a la norma horaria de este contaminante. Adicionalmente, no hubo estaciones con concentraciones que excedieran el nivel recomendado por la OMS (106,5 ppbv).

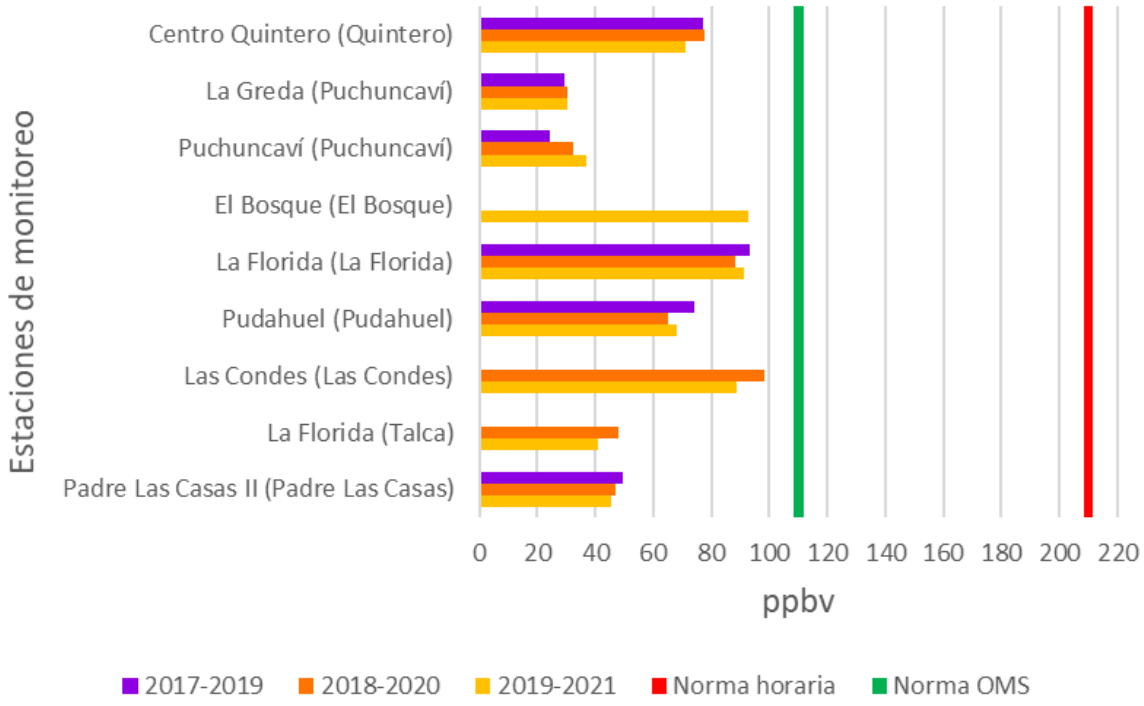
[37] Para representar la realidad nacional, se consideraron estaciones que contaran con la categoría de Estación de Monitoreo con Representación Poblacional por Gases (EMRPG) y/o que tuvieran datos validados, esto a excepción de las estaciones "Puchuncaví", "La Greda", y "Centro Quintero", que a pesar de ser EMPRG no poseían datos validados. Además, a diferencia del MP_{10} y $MP_{2,5}$, para el NO_2 no se hizo una separación por macrorregión, esto se debe a la reducida cantidad de estaciones con datos validados para este contaminante por cada una de las regiones del país.

Para el período 2017-2019, la estación La Florida presentó las mayores concentraciones horarias de NO_2, mientras que en el periodo 2018-2020 la estación Las Condes registró las máximas concentraciones, por último, en el periodo 2019-2021, la estación El Bosque obtuvo el valor máximo.

Por otra parte, la concentración mínima del período 2017-2019 la obtuvo la estación Puchuncaví. En los periodos 2018-2020 y 2019-2021 la concentración mínima se registró en la estación La Greda de la comuna de Puchuncaví.

Las estaciones "Puchuncaví" y "La Greda", ambas de la comuna de Puchuncaví, destacan por ser las únicas que presentaron un aumento en las concentraciones horarias de NO_2 respecto al período 2017-2019.

Figura 1.29. Percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora de dióxido de nitrógeno en estaciones de monitoreo a nivel nacional, periodos 2017-2019; 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

1.3.5. Monóxido de carbono (CO)

El CO es un gas inoloro e incoloro contaminante que forma parte de los gases de efecto invernadero influyendo en el cambio climático (U.S. Environmental Protection Agency, 2022f). El Monóxido de carbono es producido por la combustión incompleta de hidrocarburos como combustibles fósiles y biomasa

que se origina en los motores de vehículos, cocinas, chimeneas y tabaco (Bolaños & Chacón, 2017; Center for Disease Control and Prevention, 2021; Bolaños & Chacón, 2017b). Otras fuentes son las estufas a gas o leña, generadores de electricidad, solventes e incendios forestales (Bolaños & Chacón,2017c; Sandoval, Reyes & Oyarzún, 2017).

El CO es un gas tóxico potencialmente letal a altas concentraciones que puede dañar el sistema nervioso y producir asfixia al acumularse en espacios cerrados y ser inhalado, debido a su capacidad de incorporarse al torrente sanguíneo y produciendo una disminución en el transporte de oxígeno a tejidos y células (National Center for Biotechnology Information., 2022a; Velasquez & Buitrago, 2014). La intoxicación por inhalación de CO puede identificarse por síntomas como dolor de cabeza, mareos, vómito, visión borrosa, y letargia, siento sintomatología grave la dificultad respiratoria, coma, insuficiencia cardiaca y convulsiones (Bolaños & Chacón, 2017c; The College of Emergency Medicine, Royal College General Practitioners & Gas Safe, 2013). Aunque una baja exposición a este contaminante también produce efectos negativos a nivel cardiovascular y neurológico (Buchelli Ramirez *et al*., 2014).

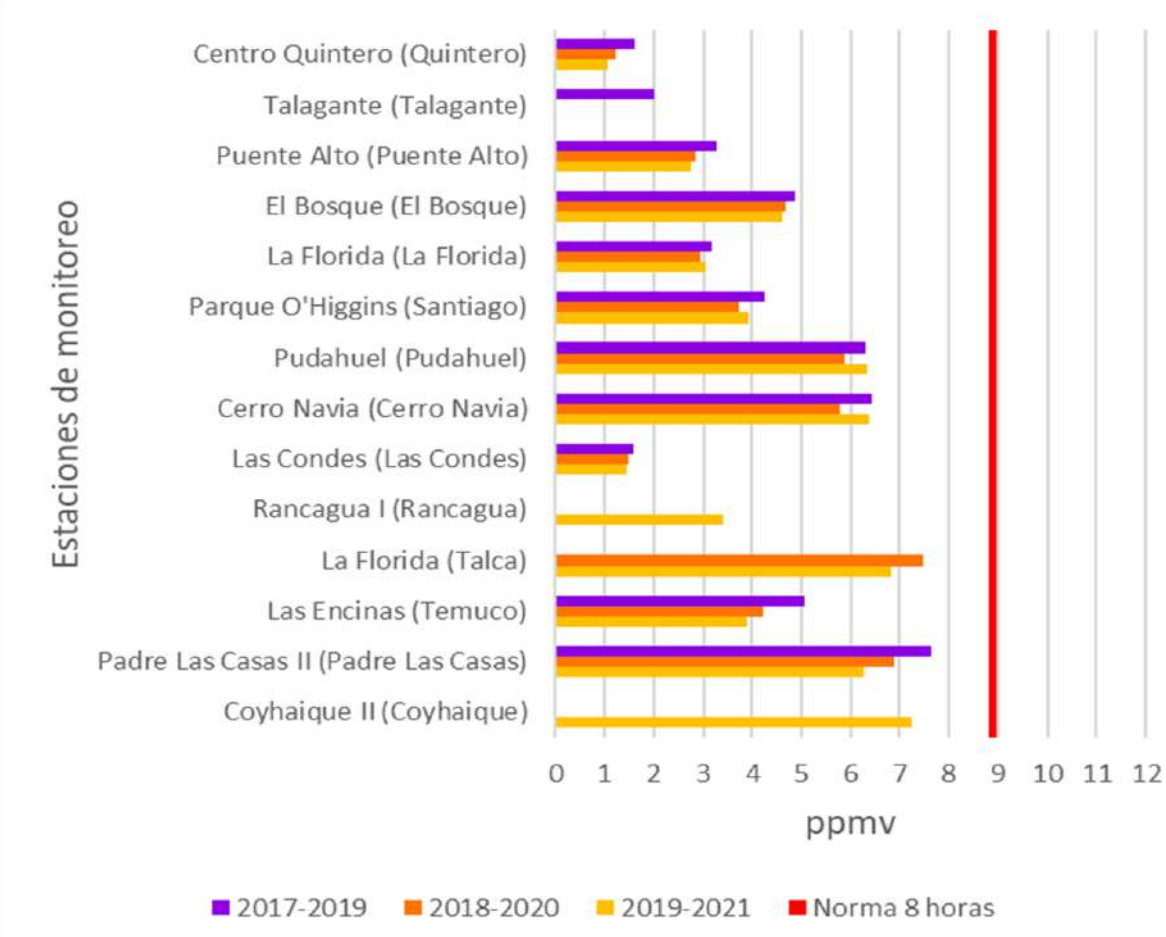
1.3.5.1. Situación nacional[38]

1.3.5.1.1. Norma ocho horas

Tal como se aprecia en la **Figura 1.30**, para los periodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021, ninguna de las estaciones de monitoreo presentó concentraciones superiores a la norma de ocho horas de CO.

[38] Para representar la realidad nacional, se consideraron estaciones que contaran con la categoría de Estación de Monitoreo con Representación Poblacional por Gases (EMRPG) y/o que tuvieran datos validados, esto a excepción de la estación "Centro Quintero", que a pesar de ser una EMPRG no posee datos validados. Además, a diferencia del MP_{10} y $MP_{2,5}$, para el CO no se hizo una separación por macrorregión, esto se debe a la reducida cantidad de estaciones con datos validados para este contaminante por cada una de las regiones del país.

Figura 1.30. Percentil 99 de los máximos diarios de concentración de ocho horas de monóxido de carbono en estaciones de monitoreo a nivel nacional, periodos 2017-2019; 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Las estaciones con mayores concentraciones de ocho horas difieren entre los períodos considerados Para el período 2017-2019, la estación Padre Las Casas II obtuvo un valor máximo de 7,63 ppmv, mientras que en el periodo 2018-2019 la estación La Florida alcanzó un valor máximo de 7,48 ppmv, por último, para el periodo 2019-2021, la estación Coyhaique II presentó un valor máximo de 7,24 ppmv.

En cuanto a las menores concentraciones, también difieren entre los periodos considerados. En el período 2017-2019, la estación Las Condes obtuvo un valor mínimo de 1,59 ppmv, mientras que en los periodos 2018-2020 y 2019-2021 la estación Centro Quintero presentó unos valores mínimos de 1,21 ppmv y 1,04 ppmv respectivamente.

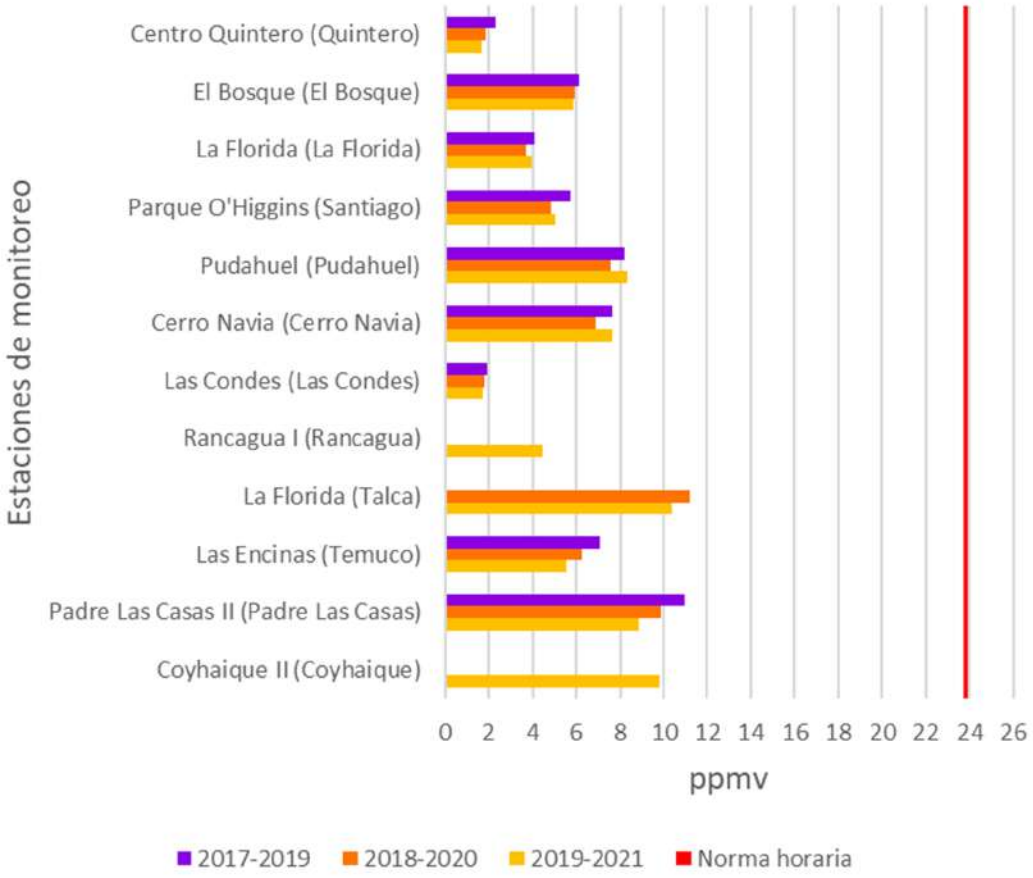
Por otra parte, al momento de comparar los valores del promedio trianual 2017-20219 con el del 2019-2021, es posible destacar que se generó una reducción en

las concentraciones de ocho horas de nueve de las diez estaciones (90%)[39]. La mayor reducción se produjo en la estación Centro de la comuna de Quintero (-35,40%).

1.3.5.1.2. Norma horaria

Tal como se aprecia en la **Figura 1.31**, para los períodos 2017-2019, 2018-2020 y 2019-2021, ninguna de las estaciones de monitoreo[40] presentó concentraciones superiores a la norma horaria de CO.

Figura 1.31. Percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora de monóxido de carbono en estaciones de monitoreo a nivel nacional, periodos 2017-2019; 2018-2020 y 2019-2021.



Fuente: Elaboración propia en base al MMA, 2022.

Los valores más altos a nivel nacional se registran en la estación La Florida ubicada en la comuna de Talca. En el periodo 2018-2020, la estación La Florida alcanzó

[39] Se hace referencia a las estaciones con datos para el período 2017-2019 y 2019-2021.
[40] A diferencia del MP10 y MP2,5, para el CO no se hizo una separación por macrorregión, esto se debe a la reducida cantidad de estaciones con datos validados para este contaminante por cada una de las regiones del país.

una concentración de 1 hora de 11,20 ppbv, disminuyendo a 10,40 ppbv en el periodo siguiente.

La estación “Las Condes” de la comuna con nombre homónimo, resalta por ser aquella con una menor concentración horaria de monóxido de carbono para los promedios trianuales 2017-2019 y 2018-2020. Para el promedio trianual 2019-2021, la menor concentración se registró en la estación Centro Quintero.

Adicionalmente, al momento de comparar los valores del promedio trianual 2019-2021 con el del 2017-2019, es posible destacar que se generó una reducción en las concentraciones horarias de ocho de las nueve estaciones (88,88%)[41]. La mayor reducción se produjo en la estación Centro de la comuna de Quintero (-28,53%).

1.4. PLANES DE PREVENCIÓN Y/O DESCONTAMINACIÓN AMBIENTAL (PPDA)

Los planes de prevención y/o descontaminación ambiental (PPDA) son un instrumento de gestión ambiental mediante los cuales se busca establecer e implementar acciones que vayan en pos de proteger la salud de las personas al reducir los niveles de contaminación atmosférica. Los instrumentos se pueden separar en dos, los planes de Prevención Atmosférica (PPA) que son aplicados en una zona declarada como latente para evitar que la normativa sea sobrepasada y los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA), que se aplican en zonas declaradas como saturadas para disminuir los niveles de emisión de contaminantes de forma tal que se logren valores que cumplan la normativa (MMA, 2022).

Las Zonas Latentes son aquellas que cuya concentración de contaminantes se encuentra entre el 80 y 100% de la norma de calidad ambiental y las Zonas Saturadas son aquellas en las que derechamente una o más normas de calidad del aire se ven sobrepasadas, siendo declaradas mediante un decreto por parte del MMA (Ley N°19.300, 1994).

Al año 2022 a lo largo del país se establecen 35 decretos, correspondiendo 28 a zonas saturadas y 7 zonas latentes, los cuales pueden corresponder a uno o más

[41] Se hace referencia a las estaciones con datos para el período 2017-2019 y 2019-2021.

contaminantes por zona y al incumplimiento de su norma diaria y/o anual. En efecto, acorde al registro de decretos disponible en LeyChile.cl, la última zona declarada como saturada fue la Ciudad de Puerto Aysén (2022) y la última zona latente la comuna de Catemu por SO_2 (2021) (**Ver Cuadro 1.34**).

Para poder instaurar un PPDA en una zona contaminada primero debe ser aquella declarada zona latente o saturada. Posterior a ello debe declararse por el MMA el inicio del procedimiento para formular el PPDA. Una vez iniciado el proceso, se consta de un plazo de 12 meses para elaborar el Anteproyecto del PPDA, para lo cual debe llevarse a cabo una fase de participación ciudadana temprana y una etapa de trabajo por parte de las mesas sectoriales, comités operativos y comités ampliados, además de la recaudación de antecedentes y realización de estudios técnicos y científicos. El Anteproyecto posteriormente es sometido a consulta pública por 60 días, tras los cuales debe elaborarse el proyecto definitivo, el cual debe ser aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y firmado por los ministros respectivos y el presidente. Posterior a ello se procede a su publicación e inicio de su ejecución (MMA, 2022c).

Los PPDA son planes elaborados de forma que se ajusten a las necesidades de la zona afectada particular, sin embargo, los PDA presentan medidas generales similares siendo aquellas 1) Programas de Recambio de calefactores, 2) Prohibición de uso de calefactores contaminantes, 3) Programa de Mejoramiento técnico de la vivienda, 4) Regulación de productores de Leña, 5) Gestión de Episodios Críticos y 6) Educación ambiental, cubriendo diferentes tipos de fuentes contaminantes e involucrando a diferentes servicios públicos. Actualmente a lo largo del país existen 16 PPDA aprobados, los cuales se concentran mayoritariamente en el centro sur del país, siendo las regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Magallanes y Antártica Chilena las cuales no presentan ningún PPDA activo (**Ver Cuadro 1.35**).

Al año 2022 existen diversos planes en elaboración, los cuales deberían incorporarse durante los próximos años. Entre los PPDA que se encuentran en tramitación podemos encontrar PDA por $MP_{2,5}$ para Coyhaique, PDA para la ciudad de Puerto Aysén, PDA por MP10 para Copiapó y Tierra Amarilla, PPDA para la Provincia de Quillota, comunas de Catemu, Panquehue y LlaiLlay, PDA para zona centro-norte de Los Lagos, PDA para el Valle Central del Maule, PPA por SO_2 para la comuna de Catemu. Revisión de los PDA para las comunas de Talca y Maule, para Chillán y Chillán Viejo y para Temuco y Padre Las Casas. Siendo

próximo a publicarse el PDA por $MP_{2,5}$ para el Valle Central de O'Higgins (MMA, 2022c).

Cuadro 1.34. Listado de decretos que declaran zonas saturadas y latentes.

Año	Decreto	Tipo	Contaminante	Zona
1993	Decreto 1162	Zona Saturada	MP	Localidades de María Elena y Pedro de Valdivia (Antofagasta)
1993	Decreto 255	Zona Saturada	SO_2	Fundición Hernán Videla Lira (Coquimbo)
1994	Decreto 346	Zona Saturada	SO_2-MP	Complejo Industrial Ventanas
1994	Decreto 179	Zona Saturada	SO_2-MP	Fundición Caletones (Región de O'Higgins)
1996	Decreto 131	Zona Saturada	O_3-MP-PS-CO	Región Metropolitana
		Zona Latente	NO_2	
1997	Decreto 18	Zona Saturada	SO_2-MP	Fundición de Potrerillos (Región de Atacama)
2005	Decreto 35	Zona Saturada	MP_{10}	Comunas de Temuco y Padre Las Casas
2005	Decreto 55	Zona Latente	SO_2	Fundición Chuquicamata (Región de Antofagasta)
2006	Decreto 41	Zona Latente	MP_{10}	Comunas de Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Concepción, Hualpén, Talcahuano, Penco y Tomé
07/08	Decreto 50-74	Zona Saturada	MP_{10}	Ciudad de Tocopilla
2009	Decreto 7	Zona Saturada	MP_{10}	Valle Central de la Región de O'Higgins
2009	Decreto 8	Zona Saturada	MP_{10}	Localidad de Andacollo y sectores aledaños
2009	Decreto 57	Zona Saturada	MP_{10}	Ciudad de Calama
2010	Decreto 12	Zona Saturada	MP_{10}	Comunas de Talca y Maule
2012	Decreto 40	Zona Latente	MP_{10}	Localidad de Huasco
2012	Decreto 27	Zona Saturada	MP_{10}-$MP_{2,5}$	Comuna de Osorno
2012	Decreto 33	Zona Saturada	MP_{10}	Ciudad de Coyhaique
2013	Decreto 36	Zona Saturada	MP_{10}-$MP_{2,5}$	Comunas de Chillán y Chillán Viejo
		Zona Latente	MP_{10} anual	
2013	Decreto 2	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Comunas de Temuco y Padre Las Casas
2014	Decreto 17	Zona Saturada	MP_{10}-$MP_{2,5}$	Comuna de Valdivia
2014	Decreto 67	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Región Metropolitana
2015	Decreto 10	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví
		Zona Latente	MP_{10}	
2015	Decreto 11	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Comuna de Los Ángeles
2015	Decreto 15	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Comunas de Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Concepción, Penco, Tomé, Hualpén y Talcahuano
2016	Decreto 53	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Valle Central de la Provincia de Curicó
2016	Decreto 15	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Ciudad de Coyhaique
2021	Decreto 15	Zona Saturada	MP_{10}	Copiapó y Tierra Amarilla
2021	Decreto 7	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Valle Central de la Región del Maule
2021	Decreto 24	Zona Saturada	$MP_{2,5}$	Comuna de San Pablo y macrozona centro-norte de la Región de Los Lagos
2021	Decreto 11	Zona Latente	SO_2	Comuna de Catemu
2022	Decreto 50	Zona Saturada	$MP_{2,5}$ anual	Ciudad de Coyhaique
2022	Decreto 37	Zona Saturada	$MP_{2,5}$ diaria	Ciudad de Puerto Aysén

Fuente: Elaboración propia con información obtenida del portal Ley Chile, 2022.

Cuadro 1.35. Listado de PPDA publicados a nivel nacional por región al año 2022.

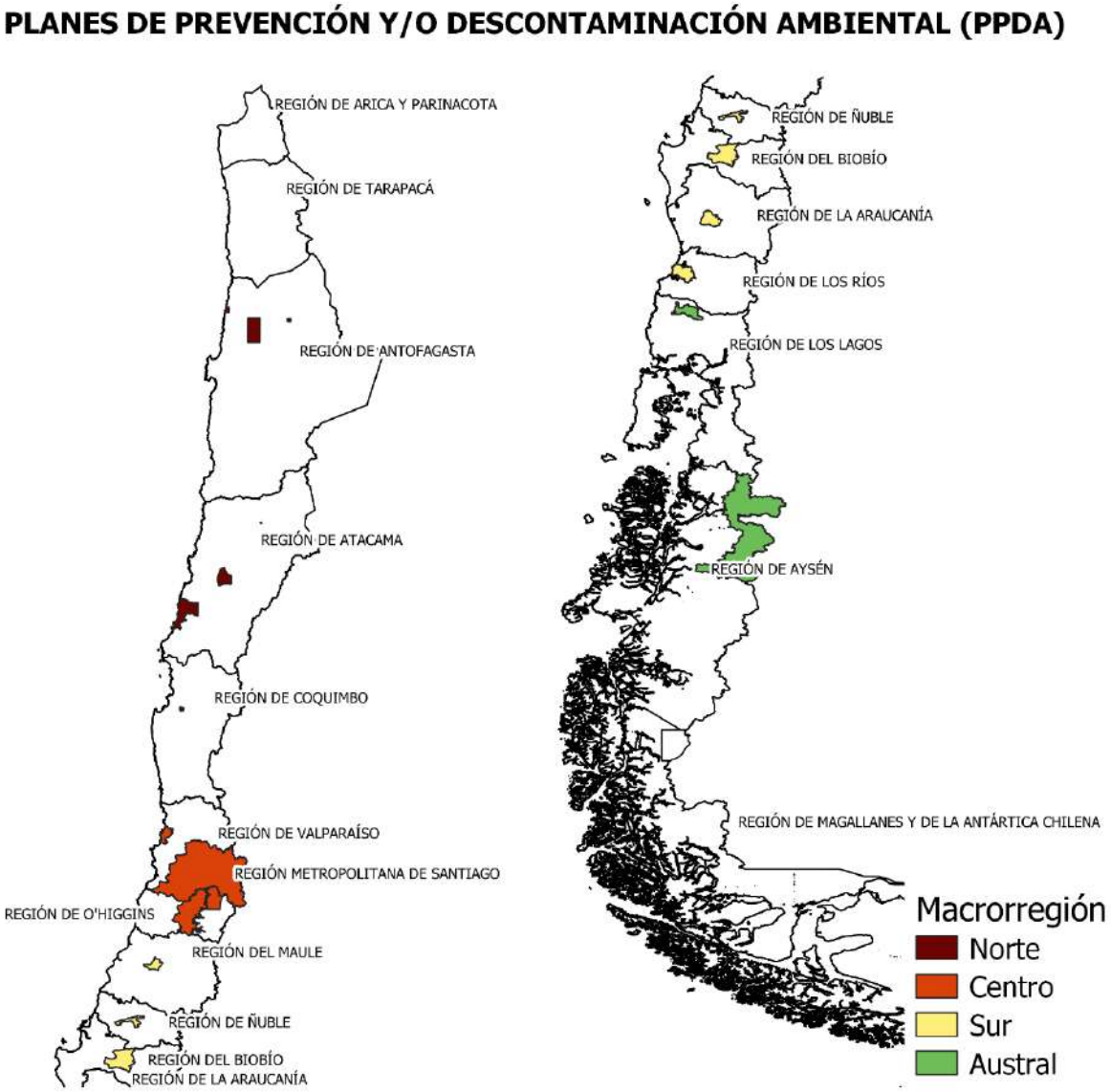
Región	**PPDA**
Región de Antofagasta	Plan de Descontaminación para la ciudad de Tocopilla y su zona circundante (2010) *Zona saturada por MP_{10} como concentración anual (2007)
	Plan de Descontaminación Atmosférica para la ciudad de Calama y su área circundante (2021) *Zona saturada por MP_{10} como concentración anual (2009)
Región de Atacama	Plan de Prevención de Descontaminación Atmosférica para Huasco y su zona circundante (2017) *Zona latente por MP_{10} como concentración anual (2012)
Región de Coquimbo	Plan de Descontaminación Atmosférica para la localidad de Andacollo y sectores aledaños (2014) *Zona saturada por MP_{10} como concentración de 24 horas y anual (2009)
Región de Valparaíso	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas Concón, Quintero y Puchuncaví (2018) *Zona saturada por $MP_{2,5}$ y latente por MP_{10} como concentración anual (2015)
Región Metropolitana de Santiago	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica Región Metropolitana de Santiago (2017) *Zona saturada por O_3, MP, CO y partículas en suspensión, y zona latente por NO_2 (1996) *Zona saturada por $MP_{2,5}$ como concentración de 24 horas (2014)
Región del Libertador Bernardo O'Higgins	Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Región de O'Higgins (2013) *Zona saturada por MP_{10} como concentración anual y de 24 horas
Región del Maule	Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Talca y Maule (2016) *Zona saturada por MP_{10} como concentración anual y de 24 horas (2010)
	Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Provincia de Curicó (2017) *Zona saturada por $MP_{2,5}$ como concentración de 24 horas (2015)
Región de Ñuble	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas Chillán y Chillán Viejo (2016) *Zona saturada por MP_{10} y $MP_{2,5}$ como concentración diaria y zona latente por MP_{10} como concentración anual (2013)
Región del Biobío	Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna de Los Ángeles (2017) *Zona saturada por MP_{10} y $MP_{2,5}$ como concentración diaria (2015)
	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano (2018) *Zona saturada por $MP_{2,5}$ como concentración diaria (2015) *Zona latente por MP_{10} como concentración de 24 horas (2006)
Región de La Araucanía	Plan de Descontaminación Atmosférica por $MP_{2,5}$ y actualización del plan por MP_{10} para las comunas de Temuco y Padre las Casas (2015, modificado en 2017) *Zona saturada por $MP_{2,5}$ como concentración diaria (2013) *Zona saturada por MP_{10} como concentración diaria (2005)
Región de los Ríos	Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna Valdivia (2017) *Zona saturada por MP_{10} como concentración diaria y anual y por $MP_{2,5}$ como concentración diaria (2014)
Región de Los Lagos	Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna de Osorno (2016) *Zona saturada por MP_{10} y $MP_{2,5}$ como concentración diaria y anual (2012)
Región de Aysén	Plan de Descontaminación Atmosférica para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante (2015, actualización en 2019) *Zona saturada por $MP_{2,5}$ como concentración de 24 horas (2016) *Zona saturada por MP_{10} como concentración diaria y anual (2012)

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por el MMA, 2022b.

Como se puede ver en la **Figura 1.32**, existe presencia de PPDA en todas las macrorregiones del país, poseyendo la macrorregión sur al menos un PPDA por región. En la zona centro se repite dicha condición, sin embargo, la superficie que abarcan los planes es mayor, encontrándose la región Metropolitana cubierta en su totalidad. En la macrorregión austral en particular, se encuentra una menor cantidad de planes pero no así en cobertura que los presentes en la zona sur. De las cuatro macrorregiones del país, la macrorregión norte destaca por poseer la menor superficie cubierta por PPDA.

Es importante resaltar que, las únicas regiones del país que carecen de un PPDA, corresponden a Arica y Parinacota, Tarapacá y Magallanes.

Figura 1.32. Distribución de PPDA a nivel nacional.



Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por IDE, 2022.

El Programa de Recambio de Calefactores a Leña (RCL) es una de las medidas que son parte del Programa de Calefacción Sustentable. El objetivo del programa de recambio es contribuir a la disminución de las emisiones de contaminantes provenientes por el uso de leña como combustible en los hogares. Mediante el RCL, los residentes de zonas con PDA pueden acceder a un recambio de su calefactor y/o cocina a leña por un dispositivo nuevo y más eficiente, mediante un sistema de copago por alguno de los tipos de calefactores disponibles como un calefactor a pellet o a parafina y la entrega del antiguo artefacto (Resolución Exenta N° 1134, 2019).

Medidas centradas en disminuir la contaminación producida por el uso de leña son fundamentales para mejorar la calidad del aire tanto afuera como adentro de los hogares, especialmente por las consecuencias que puede traer para la salud de las personas como ya se ha mencionado. Las emisiones de $MP_{2,5}$ por tipo de calefactor utilizado varían drásticamente, siento el uso de leña húmeda el mayor emisor con 951 gramos de $MP_{2,5}$ por 100 kWh, seguido del uso de leña seca, pero por un calefactor de combustión lenta con 170 gramos de $MP_{2,5}$ por 100 kWh. Dentro de los calefactores con menos emisiones de $MP_{2,5}$ podemos encontrar los calefactores a pellet con 33 gr/100 kWh y los calefactores a gas y parafina con 15 gr/100 kWh (Ministerio de Energía, 2020).

Para el año 2019, aun cuando el programa de recambio de calefactores significaba un 12% del presupuesto de gastos del MMA y era de sus principales actividades en desarrollo, los programas se encontraban con un importante retraso en el cumplimiento de sus metas, situación que, de mantenerse, significa el término del reemplazo de equipos comprometidos en un plazo de 27 años. Una de las razones de los altos presupuestos y baja tasa de recambio de calefactores es el precio de adquisición de los equipos, el cual corresponde a un 98% del precio del retail, valor que, de disminuir, podría mejorar la eficiencia y rendimiento del presupuesto, sobre todo el de los calefactores a pellet (Dipres, 2019).

Si bien la tasa de recambio ha aumentado con los años, el aumento de los PDA aprobados también, quedando el crecimiento del presupuesto del MMA atrás de las necesidades actuales para dar cumplimiento de forma satisfactoria a las metas propuestas de recambio, debiendo recurrir a un apoyo de fondos provenientes de los gobiernos regionales (Schmidt, 2019). Al año 2020, se estimó una cantidad de 765 mil calefactores a leña en las zonas urbanas bajo un PDA, alcanzando los recambios asociados al programa RCL hasta 2017 un total de 23.795 calefactores (Ministerio de Energía, 2020), demostrando la realidad nacional una necesidad de potenciar la tasa de recambio y los presupuestos asociados, además de la búsqueda de una mayor eficiencia en el uso de estos para lograr las metas previstas por los PDA.

Aun cuando el uso de leña sea la fuente más contaminante de calefacción o cocina en los hogares del centro sur del país, es un combustible que forma parte de la cultura de la población más allá de su preferencia por ser de menor costo, por ello es que es un problema multifactorial, de complejo y a veces lento progreso, por lo que es necesario también avanzar paralelamente en la regulación

de otras fuentes de contaminantes como industrias y vehículos. Además, es necesario considerar que, al ser un sistema de recambio asociado a un copago, no todas las viviendas podrán financiar el cambio del equipo (Ministerio de Energía, 2020).

1.5. CASOS ESPECIALES

1.5.1. Macrorregión Norte - Provincia de Copiapó

La provincia de Copiapó cuenta con la presencia de numerosas industrias que emiten contaminantes al aire, las principales fuentes son las mineras que operan en la zona siendo tanto fundiciones, explotaciones a rajo abierto y subterráneas y procesamiento de minerales, además de las emisiones provenientes de otras fuentes industriales dedicadas a la extracción de áridos y producción de hormigón. Para la zona de Copiapó y Tierra Amarilla, para 2018 las emisiones anuales de contaminantes alcanzan en promedio las 14.397 toneladas para SO_2, 5.909 toneladas para MP_{10}, 5.587 toneladas para NO_X y 5.454 toneladas para CO, escenario que se espera aumente (Enviromodeling Ltda., 2019).

La alta presencia de relaves mineros en las comunas de la provincia de Copiapó implican un alto riesgo de contaminación del suelo pero también del aire y el agua, ya que debido a procesos de suspensión de material particulado por la erosión del aire y la volatilización de contaminantes, estos circulan por el aire y presentan un riesgo a la salud de las personas de la zona (Calderón & Miranda, 2018; Rojos *et al*., 2019).

Los contaminantes emitidos por la fundición de cobre Hernán Videla Lira ubicada en la localidad de Paipote han sido históricamente la mayor fuente de contaminación al aire en la zona, declarándose en 1993 la zona comprendida por las localidades de Tierra Amarilla, Pabellón, San Fernando y Paipote como zona saturada por SO_2, aprobándose un plan de descontaminación para la fundición en 1995 (SMA, 2021). Los eventos de contaminación y superación de la normativa siguieron ocurriendo durante los años, llegando los habitantes en 2019 a interponer un recurso de protección junto al Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH) tras un episodio de contaminación en abril de 2019 donde alrededor de cien personas debieron ser atendidas en centros de salud por síntomas de intoxicación por SO_2 debido a su alta presencia en el aire (Sandoval & Asturdillo, 2018). En mayo de 2021, la fundición superó casi seis veces las

emisiones permitidas de SO_2 al emitir 2.027,8 µg/m³, donde la norma fija el límite en 350 µg/m³. Aquello afectó principalmente la salud de los adultos mayores que llegaron a centros asistenciales por problemas respiratorios (Verdejo, 2022).

En la zona, los recintos escolares han tenido que suspender temporalmente las clases en reiteradas ocasiones a lo largo del año debido a la emisión de contaminantes y el riesgo que significa para la salud de los niños y niñas su exposición, llegando a tener años académicos con solamente tres meses de clases, afectando no solamente a la salud, sino que también a la educación de los niños que habitan zonas cercanas a industrias contaminantes (Colegio de Profesores, 2022).

Entre 2018 y 2020 en cuanto a MP_{10}, se puede observar una disminución progresiva del nivel de contaminante para la mayoría de las estaciones de la zona de Copiapó y Tierra Amarilla, quedando por sobre la norma de 24 horas los valores presentados en Paipote. En cuanto a la norma anual de MP_{10}, las estaciones de Paipote y Tierra Amarilla superan la normativa (SMA, 2021). Para hacer frente a la crítica situación del territorio, actualmente en 2022 se inició la elaboración de un PDA para la zona de Copiapó y Tierra Amarilla por MP10 como concentración de 24 horas y anual debido a ser nombrada en 2021 zona saturada por el mismo contaminante debido a constantes superaciones a la norma de calidad del aire (Decreto N°15, 2021; Resolución 33 Exenta, 2022).

Aun cuando los valores de SO2 han presentado las mayores problemáticas, la evaluación del cumplimiento de la norma por las estaciones respectivas sugiere que no hay un incumplimiento tanto a 24 horas como anual para el periodo de 2018 a 2020 (SMA, 2021), hecho que explicaría porque lo que medidas para combatir aquella problemática quedan fuera del nuevo plan de descontaminación aprobado, el cual se centra en el MP_{10}.

1.5.2. Macrorregión Centro - Puchuncaví Quintero

La comuna de Puchuncaví se ha visto afectada históricamente por los contaminantes emitidos en la zona industrial de Las Ventanas, en el cual se emplazan fundiciones y refinerías de cobre, termoeléctricas, cementeras, petroleras, entre otras (Cereceda-Balic *et al*., 2020; (Sánchez *et al*., 1999; Tume *et al*., 2019). Convirtiéndose en 1993 las comunas de Puchuncaví y Quintero en la primera zona saturada del país por los altos niveles de dióxido de azufre y material particulado acompañado de un PDA del Complejo Industrial Las Ventanas

(Decreto N°346, 1993; Decreto N°105, 2019). Posteriormente en 2015, la zona fue declarada saturada por MP2.5 y latente por MP10, seguido en 2018 de un PPDA para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví que reemplaza el PDA operativo desde 1993 (Decreto N°105, 2019). A raíz de las problemáticas de salud y bienestar de las personas y del medio ambiente atribuidas a los altos niveles de contaminación producto del intenso desarrollo industrial es que Puchuncaví ha sido catalogada como "zona de sacrificio" por el INDH y las organizaciones de la sociedad civil (Comisión Especial Investigadora, 2018).

Las condiciones meteorológicas de la zona producen un fenómeno de "fumigación costera", situación en la cual procesos de inversión térmica, vientos y nubosidad costera se combinan de forma tal que dan forma a una capa de mezcla de contaminantes cuya concentración aumenta especialmente en las horas de la mañana hasta el mediodía (Decreto N°105, 2019). La principal fuente de contaminantes en la zona es el sector industrial y energético, siendo responsables de un 81%, 76% y 99% de las emisiones de NO_X, MP y SO_2 para la zona saturada, emisiones atribuibles a tres principales empresas, Codelco Ventanas, Complejo Termoeléctrico Aes GENER y Refinería Aconcagua de ENAP (SMA, 2021a).

Los efectos en la salud de las personas que habitan cercano al complejo industrial ha sido caso de estudio a lo largo de los años. Para el caso de la salud respiratoria de los niños de 6 a 12 años, altas concentraciones de material particulado y SO_2 son atribuibles a tos, expectoración, broncodilatación y sibilancias (Sánchez *et al*., 1999). Altos niveles de SO_2 pueden derivar en la intoxicación de la población, ejemplo de ello fue la situación vivida en junio de 2022, donde las emisiones llegaron a 1.326 µg/m3 y tanto niños como adultos mostraron síntomas (De Elejalde, 2022).

Los contaminantes emitidos al aire afectan la salud de las personas mediante su inhalación, pero también se depositan en el suelo, el cual procede a acumular metales pesados y elementos potencialmente dañinos, los cuales eventualmente pueden incorporarse a la cadena alimenticia a través de polvo, ingesta, contacto o inhalación (Abrahams, 2002; Biasioli e*t al*., 2006). Para el caso de los suelos en Puchuncaví, se encontraron altas concentraciones de As, Cd, Cu, Ni, Pb, V y Zn, las cuales siguen un patrón alrededor del parque industrial de Ventanas, presentando los niños un mayor riesgo de ingestión y absorción que los adultos (Tume *et al*., 2019). La zona además ha sido escenario de conflictividad socioambiental, en

donde las comunidades afectadas por la contaminación han pedido acciones políticas urgentes por parte de actores estatales (EJATLAS, 2022).

La implementación del nuevo PPDA entre 2018 y 2030 se espera evite al menos las visitas a emergencia en 608 casos, la mortalidad en 43 y las admisiones hospitalarias en 57 casos. Ello debido a que dentro de las medidas regulatorias propuestas se establecen nuevos límites de emisión para SO, NO_X y MP para reducir paulatinamente entre 3 a 5 años las concentraciones de contaminantes y no sobrepasar la normativa primaria de emisión (Decreto N°105, 2019). Aun cuando los niveles de contaminantes han tenido una disminución progresiva durante los años (SMA, 2021a), desde 2018 la zona no ha estado exenta de episodios críticos de contaminación y sucesos de intoxicación masiva, siendo una realidad crítica que no ha logrado presentar mejorías permanentes, poniendo en juicio la suficiencia de los actuales instrumentos de gestión ambiental y los límites de emisión nacionales (en comparación con los límites propuestos la OMS) para hacer frente a la situación presente en la zona saturada, además de evidenciar la relevancia y necesidad de la aplicación de medidas como el cierre de centrales termoeléctricas (Ministerio de Educación, 2019; INDH, 2022; Jiménez, 2022;KAS ingeniería para Chile Sustentable, 2022).

1.5.3. Macrorregión Sur - Temuco y Padre las casas

La ciudad de Temuco y la comuna de Padre Las Casas se encuentran separadas por el río Cautín y albergan en conjunto alrededor de 358.000 personas, declaradas zonas saturadas por material particulado, se encuentran entre las ciudades más contaminadas de Chile, siendo las zonas residenciales las que concentran la mayor cantidad de contaminantes y los adultos mayores los más afectados por ellos (Boso *et al*., 2022).

Para esta zona, el uso de leña en viviendas para calefacción y cocción de alimentos es la fuente principal de contaminación por material particulado, alcanzando valores de un 82% y 94% para MP_{10} y $MP_{2,5}$ a nivel anual, siendo utilizado este mecanismo por al menos un 80% de las viviendas de la zona urbana (Vivanco, 2018).

Estudios realizados a nivel local han demostrado una relación directa entre 1) la concentración de MP10 y la mortalidad asociada a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cardiorrespiratorias en la ciudad de Temuco (Sanhueza H, Vargas R & Mellado G, 2006), y 2) la relación entre el cáncer de mama y altos

niveles de contaminación por NO_2 (Sapunar-Zenteno *et al*., 2021), demostrando la relevancia de disminuir los niveles de contaminación a nivel local y proteger a la población de riesgo.

El PDA operativo desde 2010 puso su enfoque primero en la fiscalización de la calidad de la leña comercializada y utilizada en los hogares en cuanto a los niveles de humedad de esta y en el fomento de la producción de leña seca, seguido de la implementación de un programa de recambio de calefactores y entrega de subsidios para mejorar la aislación térmica de las viviendas (Vivanco, 2018), programa bajo el cual entre 2020 y 2021 se instalaron 3.397 calefactores nuevos llegando a 12.168 calefactores cambiados, tasa de recambio muy por debajo de la meta establecida en el PDA 2015 la cual estipulaba un recambio de "al menos 27.000 calefactores y/o cocinas a leña en la zona saturada, en un plazo de 5 años" (Toro, 2021; Decreto N°8, 2015).

La ciudad de Temuco logró reducir su consumo de leña en un 49% entre los años 2013 y 2019 (Toro, 2020), sin embargo, aún con los avances impulsados por el PDA, los últimos años no han presentado una disminución significativa en el número de episodios críticos de contaminación por $MP_{2,5}$, ocurriendo un promedio de 70 episodios al año entre 2019 y 2021, ahora si se compara con los 111 eventos ocurridos en 2018, se puede observar una baja considerable que ha logrado mantenerse (**Ver Cuadro 1.5**). Para 2021, Temuco tuvo 81 días por sobre la norma de emisión de $MP_{2,5}$ y un total de episodios críticos de contaminación de 63 días, siendo la segunda ciudad con más episodios a nivel nacional para 2021 (MMA, 2021).

Para 2022 el Plan Operacional de Gestión de Episodios Críticos o GEC tiene como principales medidas, la restricción del uso de artefactos a leña a nivel domiciliario según la categoría en la que se encuentre la zona (Alerta, Preemergencia o Emergencia), además de limitar el funcionamiento de calderas industriales y de calefacción para categorías de Preemergencia y Emergencia (SMA, 2022).

En la situación actual aún con las nuevas medidas de restricción establecidas en el GEC, que deben ser evaluadas futuramente en cuanto a su eficacia para reducir los eventos críticos, se vuelve necesario seguir avanzando en dar cumplimiento a las medidas estipuladas por el PDA, mediante el impulso y aceleración de medidas como el recambio de calefactores y aislamiento de viviendas, a modo de buscar una disminución significativa de los niveles de contaminación y avanzar en la

reducción de la pobreza energética y la protección de la salud de los habitantes de la zona de Temuco y Padre Las Casas.

1.5.4. Macrorregión Austral - Coyhaique

La ciudad de Coyhaique resultó ser a nivel latinoamericano la ciudad con valores de contaminación por $MP_{2,5}$ más altos entre 2015 y 2019, siendo en este último año la ciudad con mayores valores de contaminación para toda América con 41,5 (ug/m^3)[42], situación de riesgo crítico para la salud de las personas, especialmente los grupos más vulnerables como niños y adultos mayores (Zúñiga, 2021; Perez *et al*., 2020).

El uso de leña por el sector residencial presenta el mayor aporte a la contaminación por material particulado fino en Coyhaique, encontrándose esta comuna dentro de las más contaminadas del país, aún cuando posee considerablemente menos habitantes que ciudades más grandes como Temuco. El uso de leña residencial se concentra en actividades de calefacción y cocción de alimentos, conformando fuentes de un 95 % de las emisiones (Huneeus *et al*., 2020). Especialmente en los meses de otoño e invierno, las temperaturas en la ciudad pueden llegar a los -10°C, hecho que coloca mayor presión en la calefacción de los hogares, la cual utiliza históricamente, como fuente de combustible la leña, por su bajo costo, disponibilidad y capacidad de calefacción (Huneeus *et al*., 2020), forma de calefaccionar que utiliza más del 90% de la población (Perez *et al*., 2020).

Otro factor relevante que influye fuertemente en la presencia de contaminación en la ciudad es la geografía de la cuenca, la cual es caracterizada por encontrarse en un valle estrecho rodeado de cordones montañosos, los cuales afectan la ventilación de la ciudad especialmente en los meses de invierno, favoreciendo así procesos de inversión térmica que retienen la contaminación a baja altura, especialmente en los días despejados (Maldonado, Acuña & Cáceres, 2022; Center for Climate and Resilience Research, 2020b; Perez *et al*., 2020).

La ausencia de precipitación durante la temporada fría en la ciudad también es un factor que resulta determinante, pudiendo esperarse en días de baja precipitación, altos niveles de contaminantes y por ende en días de mayor precipitación, niveles más bajos de contaminación. Para los meses de otoño e

[42] Este valor corresponde al promedio anual de $MP_{2.5}$ del año 2019.

invierno, los niveles de contaminación $MP_{2,5}$ en un día sin precipitación pueden alcanzar valores 1,5 veces más altos que en un día con precipitaciones por sobre los 4mm hasta 20mm, alcanzando valores diarios promedio de 142.69 $\mu g/m^3$ (Perez *et al*., 2020). Valores que con o sin precipitación sobrepasan tanto la normativa nacional como los lineamientos internacionales propuestos por la ONU.

El PDA presente en la ciudad ha impulsado, medidas como la prohibición de calefactores a leña en establecimientos comerciales y dependencias estatales, la prohibición de la quema de vegetación viva o muerta en terrenos agrícolas, ganaderos y forestales, además de la prohibición de la quema de todo tipo de residuo (MMA, 2021). Otra gran medida ha sido la implementación de un programa de recambio de calefactores por equipos nuevos y más eficientes a kerosene o leña en formatos como pellet. Este cambio ha disminuido el número de ingresos hospitalarios por urgencias respiratorias en menores de 15 años (Muñoz-Ibáñez *et al*., 2020).

Aun cuando entre 2009 y 2020, la ciudad ha reducido su consumo de leña en un 45%, para el año 2021 el consumo de energía en forma de leña de la comuna de Coyhaique equivale al 44% del consumo a nivel regional (Reyes *et al*., 2021). Los eventos de episodios críticos de contaminación por MP2.5 también han presentado una disminución de 30 eventos entre el año 2020 y 2021, presentando este último 51 en total (**Ver Cuadro 1.5**), sin embargo, fueron 73 los días en los que se sobrepasó la norma para MP2,5 (SMA, 2022).

Las posibilidades de reducir la contaminación atmosférica tanto dentro como fuera del hogar y los perjuicios a la salud que ello trae es seguir y fortalecer el programa de recambio de calefactores y mejoramiento de aislación de las viviendas buscando la mejor eficiencia energética posible, además de avanzar en la generación de normativas más estrictas (Reyes *et al*., 2021).

1.6. REFLEXIONES

La contaminación del aire es junto al cambio climático una de las principales problemáticas medioambientales que aquejan al país.
Si bien en las últimas décadas se han elaborado e implementado políticas, planes y programas para reducir la contaminación atmosférica solo se han obtenido resultados relativamente exitosos. Ejemplo de ello, es la situación del gran Santiago, área en el que la contaminación ha disminuido mediante el

establecimiento de medidas como la restricción vehicular a vehículos catalíticos y la definición de horas punta para el uso del transporte público, pero esta aún se encuentra lejos de los niveles recomendados para evitar una generación de efectos negativos en la salud de la población.

De la misma forma ha ocurrido con la contaminación atmosférica en los asentamientos humanos localizados en la macrorregión centro y sur. El uso intensivo y desregulado de la leña como combustible, ha contribuido a que ciudades como Linares, Chillán, Temuco, Osorno y Coyhaique, registren eventos graves de contaminación, afectando al sistema de salud, a la población y a la productividad general de las actividades productivas. Las medidas tomadas hasta la fecha, han tenido éxitos solo relativos, porque, aunque encaminados en dirección correcta, no han contado con el grado de colaboración social y empresarial necesarios, se han visto mermadas por la resistencia cultural "al uso de la leña" y/o no han contemplado los grados de fiscalización requeridos.

Los resultados de estas acciones de política pública son importantes. No obstante, se hace necesario enfatizar en las medidas para reducir la contaminación del aire, aumentar su alcance y fiscalización y complementar estas acciones con políticas rigurosas de ordenamiento del transporte público y en el uso de particulares. Adicionalmente, podría establecerse reglamentaciones más específicas a la emisión de gases de efecto invernadero por parte de "emisores privados", que sean el resultado no solo de nuevas normativas y reglamentaciones, sino que también surjan de nuevas formas de cooperación público-privadas como ocurre habitualmente en países desarrollados. La certificación ambiental de proyectos públicos y privados debiera acoger crecientemente las características contributivas de las inversiones para reducir la contaminación atmosférica.

En términos de la gestión de la calidad del aire, aún existen una serie de falencias por resolver, varias de las cuales serán tratadas en las siguientes secciones.

1.6.1. Ausencia de normas primarias de calidad del aire para contaminantes nocivos para la salud

Una de las principales falencias que hay en Chile respecto a la calidad del aire, es la presencia de contaminantes que carecen de una norma primaria de calidad ambiental, esto pese a los efectos negativos que generan en la vida y salud de las personas. Entre los contaminantes sin una norma de calidad ambiental se destacan los siguientes: 1) Arsénico (As), 2) Compuestos Orgánicos Volátiles

(Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno, también denominados BTEX), 3) Cadmio, 4) Níquel.

En el caso del Arsénico, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) lo ha clasificado como cancerígeno para los seres humanos, cuya exposición prolongada puede ocasionar cáncer de vejiga y de pulmón (Organización Mundial de la Salud, 2018a). Esto se evidencia en trabajadores expuestos a este contaminante en fundiciones, minas y fábricas de productos químicos, así como en gente que vive cerca de funciones y de fábricas de productos hechos de arsénico (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2016). La exposición a elevadas concentraciones de este contaminante, resulta especialmente preocupante para las comunas de Quintero y Puchuncaví. De acuerdo con Lucero (2020), hasta el año 2015 las concentraciones de arsénico en cada una de las estaciones ubicadas en las comunas de Quintero y Puchuncaví sobrepasaron los niveles recomendados por la OMS.

Respecto a los Compuestos Orgánicos Volátiles, la exposición a largo plazo se asocia con lesiones del hígado, riñones, del sistema nervioso central, mientras que la exposición a corto plazo puede generar irritación de los ojos y las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareos, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náusea y trastornos de la memoria (Sánchez y Alcántara, 2019). Del conjunto de COVs, el Benceno se ha definido como un agente cancerígeno para el ser humano, siendo el único BTEX catalogado como inductor de cáncer, cuya fuente de ingreso al organismo es principalmente por vía respiratoria (Ministerio del Medio Ambiente, 2022a).

En cuanto al Cadmio, la exposición a largo plazo se vincula con daños en los riñones, mientras que la exposición a altas concentraciones en un corto periodo de tiempo se asocia a daños graves en los pulmones, situación que puede llevar a la muerte (ATSDR, 2022b). Adicionalmente, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que este elemento es carcinogénico en seres humanos (ATSDR, 2022b).

Por otra parte, la exposición al Níquel puede generar efectos graves en la salud, tales como bronquitis crónica, disminución de la función pulmonar y cáncer de los pulmones y los senos nasales (ATSDR, 2022c).

La principal implicancia de que estos contaminantes carezcan de una norma primaria/secundaria de calidad del aire, radica en que no se define un valor límite a partir del cual potencialmente se genera o no un riesgo en la salud de la población. Además, al no existir una regulación no se dispone de estaciones de monitoreo al efecto y de datos de medición confiables que contribuyan a verificar si los niveles en el ambiente de estos contaminantes superan o no un determinado valor límite (Herve y Schönsteiner, 2019).

Es importante destacar que la concentración anual de estos cinco contaminantes se encuentra regulada por la Unión Europea (**Ver Anexo 1.1**) desde hace más de una década, lo que implica la existencia de una norma chilena mucho menos restrictiva y deficiente en esta materia.

Como se señaló en la sección "Proceso de Revisión de Normas de Calidad Ambiental", actualmente se encuentran en proceso de elaboración dos normas primarias de calidad ambiental: 1) Arsénico, que luego de 24 meses desde que comenzó el proceso aún no cuenta con anteproyecto, 2) Benceno, que tras 29 meses de iniciar el proceso de elaboración cuenta con un anteproyecto que fue sometido a consulta pública y del que se espera obtener observaciones que se incluyan en el proyecto final.

El "Anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para el Compuesto Orgánico Volátil Benceno" propone una concentración anual de 5,0 µg/m^3N para este contaminante, concentración anual que se reduce a 3,0 µg/m^3N al tercer año de que se publique el decreto en el Diario Oficial (Ministerio del Medio Ambiente, 2022b). De publicarse esta norma en el Diario Oficial se podrá contar con una norma equiparable a la de la Unión Europea (UE), ya que está también define una concentración anual de 5,0 µg/m^3N. Si bien, este anteproyecto para el Benceno se considera un avance en la materia, este no deja ser insuficiente, en la medida que continúen existiendo contaminantes atmosféricos que carezcan de regulación.

Finalmente, de esta sección, se desprende una urgente necesidad de que el Estado gestione y acelere la elaboración de nuevas normas de calidad ambiental que consideren a los contaminantes que aún no se encuentran regulados, cuyos estándares debieran estar alineados con lo establecido a nivel internacional.

1.6.2. Presencia de estándares de calidad del aire que subestiman los riesgos en la salud de las personas

El monitoreo de la calidad del aire, se realiza bajo el supuesto de que los estándares definidos pueden dar cuenta de los efectos nocivos que los contaminantes atmosféricos generan en la salud de la población.

De los resultados obtenidos en este estudio, se puede resaltar que todas las normas primarias de calidad del aire del país fijan concentraciones que sobrepasan los niveles recomendados por la OMS. Por ejemplo, se destaca que la norma chilena sobrepasa en un 900% al nivel anual de NO_2 recomendado por esta entidad.

Teniendo en cuenta que las directrices de la OMS son fijadas a partir de una revisión sistemática de evidencias, no se debiera omitir la posibilidad de que la normativa chilena, al ser menos restrictiva se encuentre subestimando los impactos que generan los actuales niveles de contaminantes atmosféricos en el país. Situación que se agrava al considerar el caso del MP_{10} y $MP_{2,5}$ que, pese a que sus normas son menos restrictivas que lo definido por la OMS, superan ampliamente los límites de concentraciones definidos a nivel nacional.

Si la norma anual y diaria de $MP_{2,5}$ se ajustará a la directriz de la OMS, todas las comunas del país con estaciones de monitoreo[43] para este contaminante (a excepción de Punta Arenas) deberían ser declaradas como “Zonas Saturadas”, y en consecuencia deberían contar con un Plan de Descontaminación Ambiental. En el caso del MP10, si Chile utilizará el parámetro anual de la OMS, todas las comunas del país con estaciones de monitoreo[44] también debieran ser declaradas como Zonas Saturadas y contar con un Plan de Descontaminación.

Respecto al SO_2 y NO_2, si las normas diarias se ajustarán a lo recomendado por la OMS, la comuna de Talca se agregaría a las ya declaradas Zona Saturadas por ambos contaminantes. En cuanto al O_3, si se utilizara el nivel recomendado de ocho horas por dicha entidad internacional, la comuna de Los Andes debiera ser declarada como Zona Saturada.

Esta situación genera la necesidad de replantear y robustecer los límites definidos en las normas de calidad de aire a nivel nacional. Siguiendo esta dirección, el 28

[43] Se hace referencia a estaciones de monitoreo que cuentan con datos validados.
[44] Idem.

de octubre del presente año, mediante moción parlamentaria se presentó un proyecto de ley que pretende modificar la Ley N° 19.300 para que en la revisión de las normas de calidad ambiental se pueda:

> *Considerar especialmente los estándares de medidas recomendados por la Organización Mundial de la Salud, relativos a la mantención de un nivel tolerable para la vida y salud de las personas y los ecosistemas, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. (Cámara de Diputadas y Diputados, 2022)*

Junto con la consideración de las directrices internacionales, se vuelve relevante que la autoridad ambiental realice las gestiones necesarias para acelerar los procesos de revisión de las normas de calidad ambiental, ya que, si bien la Ley 19.300 define un plazo de cinco años, en la práctica hay normas, como, por ejemplo, la del NO2 que transcurrida más de una década continúan sin finalizar este proceso. En otras palabras, la revisión y reajuste de las normas de calidad ambiental no constituye una prioridad en la agenda ambiental.

1.6.3. Reducido porcentaje de representatividad poblacional de las estaciones existentes

Tal como se señaló en la sección 1.1., de acuerdo con la normativa vigente, para verificar el cumplimiento de una norma de calidad ambiental se deben emplear datos provenientes de una estación que se encuentre calificada como Estación de Monitoreo con Representación Poblacional (EMRP) -si se trata de una norma primaria- o como una Estación Monitora con Representatividad de Recursos Naturales (EMRRN) -si se trata de una norma secundaria-.

La relevancia de las EMRP y EMRRN no solo radica en que su información sirve para monitorear el cumplimiento de las normas de calidad del aire, sino que, a partir de los datos que se recogen en ellas, se adoptan decisiones de política pública como, por ejemplo, el declarar o no una zona como saturada o latente, y la consecuente elaboración de un Plan de Prevención o Descontaminación Ambiental (PPDA), según sea el caso.

No obstante, resulta llamativo el reducido porcentaje de estaciones por contaminante que son consideradas para la adopción de decisiones de política pública a nivel nacional. A modo de ejemplo, de las 169 estaciones del SINCA que miden MP_{10}, únicamente 77 (45,56%) son consideradas para verificar el cumplimiento de la norma. En el caso del O_3, de 74 estaciones, solo 25 (33,78%)

son consideradas para el monitoreo de la norma. Más agravante es el caso del CO, pues de 69 estaciones, solo 23 (33,33%) se emplean para dicho fin. Una situación similar ocurre con el SO_2, que, de 128 estaciones, solamente 40 (31,25%) se utilizan para el monitoreo de la norma. Los casos más críticos son los del NO_2 y el $MP_{2,5}$, respecto al primero, de 76 estaciones, únicamente 19 (25,00%) se consideran en la toma de decisiones, mientras que, en el caso del segundo, de 109, hay exclusivamente 10 estaciones (9,17%) que sirven para aquel propósito. En resumidas cuentas, salvo el MP_{10}, ningún contaminante cuenta con una proporción suficiente de EMRP para realizar óptimamente un monitoreo a nivel nacional. Es por esta misma razón, que, en el presente estudio, se complementó con estaciones que, si bien no cuentan con la categoría de EMRP, cuentan con datos validados, esto bajo el supuesto de que pueden dar cuenta de la realidad de un determinado territorio.

Resulta igualmente preocupante la escasa representatividad que existe en algunas de las regiones del país. De acuerdo con el portal SINCA, en las regiones de Tarapacá, Arica y Parinacota, y Maule no existen EMRP, esto a pesar de que son múltiples los eventos críticos de contaminación que se han producido en ellas. Situación contraria es la de la región Metropolitana, en la que la mitad de sus estaciones cuentan con esta categoría para diversos contaminantes (SO_2, CO, O_3).

Otra arista a considerar, es el porcentaje de EMRP que cuentan con datos validados[45], ya que, según la normativa, no solo basta que una estación cuente con aquella categoría, sino que también, se requiere que, a lo menos un 75% de los datos (mensuales, diarios, horarios, según lo especificado en la norma) registrados en ellas cuenten con validez, o de lo contrario, no se podrá evaluar si se cumple o no con la norma. Por ejemplo, de las 23 EMRP para el gas CO, solo 8 (34,78%) poseen la cantidad de datos validados necesaria para evaluar el cumplimiento de la norma diaria y de ocho horas. En el caso del O_3, de 25 EMRP, son 7 (28,00%) las que cuentan con una mínima cantidad de datos validados para verificar el cumplimiento de ocho horas. Más preocupante es el caso de las estaciones que miden el NO_2, ya que de 19 EMRP, cantidad que de por sí es reducida para realizar un monitoreo a escala nacional, solo 2 (10,52%) poseen la cantidad de datos validados requeridos para evaluar la norma horaria. En una situación similar, se encuentran las EMRP que miden el SO_2, puesto que sólo 3

[45] Cada uno de las cifras aquí señaladas, fueron estimadas a partir de la información disponible en el portal del SINCA.

(7,5%) registran los suficientes datos validados para la evaluación de la norma horaria, diaria y anual.

Estos hallazgos son similares a los obtenidos por Hervé y Schönsteiner para el año 2019, lo que implica que en el último trienio (2019-2021) no ha disminuido de forma notoria el reducido porcentaje de representatividad poblacional de las estaciones de monitoreo.

Según Hervé y Schönsteiner (2019), la reflexión en materia de redes de monitoreo, no debe centrarse en aumentar la cantidad de estaciones en el país, sino más bien, debe esclarecer cuáles estaciones de monitoreo son necesarias para evaluar el cumplimiento de la norma en los territorios en los que se requiere de información actualizada, válida y confiable para tomar decisiones de política pública en materia de descontaminación del aire, discusión que sigue siendo válida a la fecha, a la luz de los escasos cambios que se han generado en esta área en los últimos años.

1.6.4. Deficiencias en la elaboración de Planes de Prevención y/o Descontaminación ambiental

Actualmente, la principal medida para reducir la contaminación atmosférica de las Zonas Latentes y Saturadas del país, es la elaboración y posterior implementación de Planes de Prevención y/o Descontaminación Ambiental (PPDA).

Tal como se señaló en la sección 1.4, la segunda etapa de la elaboración de un PPDA corresponde a la realización de una consulta pública, la cual tiene una duración de 60 días y en la que cualquier persona, natural o jurídica, puede formular observaciones al contenido del anteproyecto de este instrumento de gestión ambiental. El artículo 12 del Decreto N° 39 (2013), agrega que estas observaciones deben estar acompañadas por los antecedentes en los que se sustentan, particularmente, los de la naturaleza técnica, científica, social, económica y jurídica. El mismo decreto menciona que las observaciones formuladas en la etapa de consulta pública deben ser consideradas para la elaboración del proyecto definitivo del PPDA.

A pesar de que legalmente existe una etapa de consulta pública, esta posee diversas deficiencias. Según Cordero e Insunza (2021), en el caso de los PPDA, la consulta pública no tiene asociado un deber de respuesta en el procedimiento, esto a diferencia de lo que ocurre en la etapa de participación ciudadana en el

proceso de evaluación de impacto ambiental, donde se exige una respuesta fundada de la autoridad. En otras palabras, el Estado no cuenta con la obligación de explicar cuál de las medidas incluidas o corregidas en la versión definitiva del instrumento resultaron del proceso de consulta pública, lo que afecta el grado de incidencia que posee la ciudadanía en su formulación y posterior implementación (Orrego, 2022).

La etapa de consulta pública de los PPDA, también se considera deficiente respecto al proceso de participación ciudadana definido en la Ley Marco de Cambio Climático (2022), que señala que: “

> *Toda persona o agrupación de personas tendrá derecho a participar, de manera informada, en la elaboración, revisión y actualización de los instrumentos de gestión del cambio climático, mediante los mecanismos previstos para ello en la ley. La participación ciudadana deberá permitir el acceso oportuno y por medios apropiados a la información necesaria para un efectivo ejercicio de este derecho. Asimismo, considerará la oportunidad y mecanismos para formular observaciones y obtener respuesta fundada de ellas (…)”.*

Las deficiencias radican en que, a diferencia del proceso de participación ciudadana de la LMCC, la consulta pública de los PPDA no hace referencia a la revisión y actualización de dichos instrumentos. Es decir, legalmente no se incluye a la ciudadanía al momento de revisar y/o actualizar un PPDA. Adicionalmente, el reglamento para la dictación de los PPDA no establece la obligación del Estado de permitir el acceso oportuno y por medios apropiados a la información necesaria para un efectivo ejercicio del derecho a participar.

Por otra parte, el proceso de consulta pública incluye el deber del Ministro del Medio Ambiente de solicitar por oficio la opinión del Consejo Consultivo Nacional del Medio Ambiente y de el o los Consejos Consultivos Regionales (Decreto N° 39, 2013). En este aspecto, también es posible identificar una deficiencia, ya que, si bien se solicita la opinión de los consejos consultivos, estos no tienen la obligación de entregar una respuesta al Ministro del Medio Ambiente, pudiéndose continuar el proceso independiente de si se obtiene una respuesta o no de estas entidades. De esta forma, se desaprovecha una oportunidad de fortalecer el anteproyecto del plan con las observaciones de un grupo que representa a los diferentes actores sociales, teniendo en cuenta que los Consejos Consultivos están integrados por: 1) dos científicos; 2) dos representantes de ONG sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente; 3) dos representantes

de centros académicos; 4) dos representantes del empresariado; 5) dos representantes de los trabajadores; y 6) un representante del presidente de la república (Consejo Nacional) o del Ministerio del Medio Ambiente (Consejo Regional) (Decreto N° 25, 2011).

Adicionalmente, la obligación de incluir los antecedentes técnicos, científicos, social, económicos y jurídicos que sustentan las observaciones genera una barrera para la participación ciudadana, al asumir que los ciudadanos poseen un elevado nivel de conocimientos en esta materia, omitiendo las asimetrías inevitables que derivan de la complejidad de los problemas ambientales (Cordero e Insunza, 2021). Es más, la mayoría de las observaciones realizadas por la ciudadanía no se relacionan con el contenido de las medidas de los PPDA, sino que fundamentan opiniones sobre cuestiones vinculadas a la calidad de vida de las personas pertenecientes al área de intervención del plan, opiniones que no son consideradas por la autoridad al no acompañar los antecedentes técnicos, sociales, económicos y jurídicos requeridos[46].

De esta forma, se desprende una necesidad de modificar la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el Decreto N° 39 que "Aprueba Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación", en pos de definir explícitamente la responsabilidad del Estado de asegurar el acceso oportuno y por medios apropiados a la información requerida para la participación; así como el deber de entregar una respuesta fundada a las observaciones realizadas por la ciudadanía en la etapa de consulta pública de los PPDA. Adicionalmente, la participación ciudadana debiera expandirse a toda revisión y modificación que se realice de este tipo de instrumentos.

También, se vuelve relevante que los Consejos Consultivos tengan la obligación de entregar observaciones a este tipo de instrumentos, resaltando su importancia como entidad representativa de los diferentes sectores de la sociedad en temáticas ambientales. Por último, no debe descartarse la posibilidad de que el Comité de Ministros para la Sustentabilidad, cuente con el deber de considerar las observaciones realizadas por la ciudadanía al momento de deliberar si la propuesta de Plan debe ser aprobada.

En resumidas cuentas, se debiera aspirar a pasar de una consulta pública a un real proceso de participación ciudadana, en el que las comunidades jueguen un rol

[46] Idem.

clave en la formulación e implementación de planes que reduzcan la contaminación del aire, y que en consecuencia mejoren su calidad de vida.

1.7. BIBLIOGRAFÍA

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016, 6 mayo). *Resumen de Salud Pública: Arsénico (Arsenic) | PHS | ATSDR*. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html

Abrahams, P. (2002). Soils: their implications to human health. *Science of The Total Environment*, *291*(1-3), 1-32. https://doi.org/10.1016/s0048-9697(01)01102-0

Bae, H. J. (2014). Effects of Short-term Exposure to $PM_{10}$and $PM_{2.5}$on Mortality in Seoul. *Korean Journal of Environmental Health Sciences*, *40*(5), 346-354. https://doi.org/10.5668/jehs.2014.40.5.346

Bero Bedada, G., Raza, A., Forsberg, B., Lind, T., Ljungman, P., Pershagen, G. & Bellander, T. (2016). Short-term Exposure to Ozone and Mortality in Subjects With and Without Previous Cardiovascular Disease. *Epidemiology*, *27*(5), 663-669. https://doi.org/10.1097/ede.0000000000000520

Biasioli, M., Barberis, R. & Ajmone-Marsan, F. (2006). The influence of a large city on some soil properties and metals content. *Science of The Total Environment*, *356*(1-3), 154-164. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.04.033

Boso, L., Martínez, A., Somos, M., Álvarez, B., Avedaño, C. & Hofflinger, L. (2022). No Country for Old Men. Assessing Socio-Spatial Relationships Between Air Quality Perceptions and Exposures in Southern Chile. *Applied Spatial Analysis and Policy*. https://doi.org/10.1007/s12061-022-09446-2

Bolaños, P. B. A. & Chacón, C. C. A. (2017). Intoxicación por monóxido de carbono. *Scielo*, *34*(1). Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152017000100137&script=sci_arttext

Buchelli Ramirez, H., Fernández Alvarez, R., Rubinos Cuadrado, G., Martinez Gonzalez, C., Rodriguez Jerez, F. & Casan Clara, P. (2014). Niveles elevados de carboxihemoglobina: Fuentes de exposición a monóxido de carbono. *Archivos de Bronconeumología*, *50*(11), 465-468. https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.03.005

California Air Resources Board. (2021). *Inhalable Particulate Matter and Health (PM2.5 and PM10)*. Recuperado 11 de noviembre de 2022, de

https://ww2.arb.ca.gov/es/resources/inhalable-particulate-matter-and-health

Calderón, M. & Miranda, F. (2018). Evaluación ambiental preliminar en los campamentos de Diego de Almagro, Copiapó y Tierra Amarilla próximos a sitios de minería metálica. *Revista cis*, *15*(25), 35-53. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6794423

Cámara de Diputadas y Diputados. (2022). *Boletín N° 15.461-12*. Recuperado de https://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=tramitacion&ac=getDocto&iddocto=15980&tipodoc=mensaje_mocion

Cereceda-Balic, F., Gala-Morales, M. D. L., Palomo-Marín, R., Fadic, X., Vidal, V., Funes, M., . . . Pinilla-Gil, E. (2020). Spatial distribution, sources, and risk assessment of major ions ad trace elements in rainwater at Puchuncaví Valley, Chile: The impact of industrial activities. *Atmospheric Pollution Research*, *11*(6), 99-109. https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.03.003

Center for Climate and Resilience Research. (2020a). *El aire que respiramos: pasado, presente y futuro (16)*. *CR2*. Eugenia Gayó, Mauricio Osses, Anahí Urquiza, Rodrigo Arriagada, Nicolás Huneeus, Macarena Valdés, José Barraza y Andrea Rudnick. Recuperado de https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/09/Informe_Contaminacion_Espanol_2020.pdf

Center for Disease Control anf Prevention. (2021, 1 julio). Frequently Asked Questions | CDC. Recuperado 11 de noviembre de 2022, de https://www.cdc.gov/co/faqs.htm

Centro Nacional del Medio Ambiente & Universidad de Chile. (s. f.). EFECTOS DEL SO2 EN LA SALUD DE LAS PERSONAS. *Centro Nacional del Medio Ambiente*. Centro Nacional del Medio Ambiente. Recuperado de https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2015/proyectos/VI_Efectos_del_SO2_en_la_salud_de_las_personas.pdf

Chen, J. C. & Hoek, G. H. (2020, octubre). *Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis* (Volume 143). ScienceDirect. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020319292

Cole, M. P. C. & Freeman, B. A. F. (2009, 1 agosto). Promotion of cardiovascular disease by exposure to the air pollutant ozone. Recuperado 14 de noviembre de 2022, de https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajplung.00187.2009

Colegio de Profesores. (2022, 4 abril). COPIAPÓ: MAGISTERIO PIDE SOLUCIONES DEFINITIVAS ANTE EMANACIONES DE GASES EXPLOSIVOS Y CONTAMINANTES EN ESTABLECIMIENTOS ESCOLARES. *Colegio de Profesores*. Recuperado de https://www.colegiodeprofesores.cl

Comisión Especial Investigadora. (2018). INFORME COMISIÓN ESPECIAL INVESTIGADORA SOBRE CAUSAS DE ALTA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, ESPECIALMENTE EN CONCÓN, QUINTERO Y PUCHUNCAVÍ, Y DE RESPONSABILIDADES EN EJECUCIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN. *Cámara*. Recuperado de https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTipo=SIAL&prmID=45601&formato=pdf

Cordero, L., e Insunza, X. (2021). La participación ciudadana en los planes de descontaminación atmosférica. Una evaluación sin romance. *Revista de Derecho Ambiental,* (15), 77-94. Doi: 10.5354/0719-4633.2021.58361

Decreto N°8. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 15 de noviembre de 2015.

Decreto N° 12. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 9 de mayo de 2011.

Decreto N°15. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 18 de octubre de 2021.

Decreto N° 25. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 20 de octubre de 2011.

Decreto N° 39. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 22 de julio de 2013.

Decreto N°104. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 16 de marzo de 2019.

Decreto N°105. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 30 de marzo de 2019.

Decreto N°112. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 6 de marzo de 2003.

Decreto N°114. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 6 de marzo de 2003.

Decreto N°115. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 10 de septiembre de 2002.

Decreto N° 136. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 6 de enero de 2001.

Decreto N° 346. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 9 de diciembre de 1993.

Decreto Exento N°4. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 26 de mayo de 1992.

Departamento de Redes, Ministerio del Medio Ambiente & División de Calidad del Aire. (2021). *REPORTE EVOLUCIÓN DE EPISODIOS CRÍTICOS PARA MP10*. Recuperado 8 de noviembre de 2022, de https://airechile.mma.gob.cl/download/Reporte-Anual-MP10-2021.pdf

De Elejalde, R. (2022). Caso Quintero - Puchuncaví. *Observatorio Económico*, (167), 2-4. https://doi.org/10.11565/oe.vi167.449

Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda (Dipres). (2019, enero). Evaluación Programa de Recambio de Calefactores a Leña del Ministerio del Medio Ambiente. *Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda*. Centro de Sistemas Públicos. Recuperado de https://www.dipres.gob.cl/597/articles-187242_informe_final.pdf

Douglas, R. M. D., ATtewell, R. G. A. & Wilson, S. W. (1997). Respiratory effects associated with indoor nitrogen dioxide exposure in children. *International Journal of Epidemiology*, *26*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/13940269_Respiratory_effects_associated_with_indoor_nitrogen_dioxide_exposure_in_children

Environmental Justice Atlas (EJATLAS). (2020). *Ventanas Industrial Complex, Chile*. Recuperado de https://ejatlas.org/conflict/ventanas-industrial-complex-chile

Enviromodeling Ltda. (2019, abril). Antecedentes técnicos medidas de descontaminación para material particulado respirable Copiapó y Tierra Amarilla. *Subsecretaría del Medio Ambiente*. Recuperado de http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=b1746244-c84b-4b62-b3fb-d5f7348e6906&fname=Informe%20Final_Ant%20Tecnicos%20Descontaminaci%C3%B3n%20Coppo_TAMA.pdf&access=public

Environment and Climate Change Canada. (2021). I*NTERNATIONAL COMPARISON: AIR POLLUTANT EMISSIONS IN SELECTED COUNTRIES*. Recuperado 8 de noviembre de 2022, de https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/cesindicators/international-comparison-ape/2021/international-comparison-air-pollutant-emissions-en.pdf

Garamendi González, P. M. G. G. & Sánchez de León Robles, M. S. S. L. R. (2003, julio). *Mortalidad asociada con la contaminación atmosférica por SO2. A propósito de un caso de autopsia médico legal tras un episodio de polución atmosférica.* (33). Recuperado de https://scielo.isciii.es/pdf/cmf/n33/original5.pdf

Gillespie-Bennett, J., Pierse, N., Wickens, K., Crane, J. & Howden-Chapman, P. (2010). The respiratory health effects of nitrogen dioxide in children with asthma. *European Respiratory Journal*, *38*(2), 303-309. https://doi.org/10.1183/09031936.00115409

Huneeus, N., Urquiza A., Gayó, E., Osses, M., Arriagada, R., Valdés, M., Álamos, N., Amigo, C., Arrieta, D., Basoa, K., Billi, M., Blanco, G., Boisier, J.P., Calvo, R., Casielles, I., Castro, M., Chahuán, J., Christie, D., Cordero, L., Correa, V., Cortés, J., Fleming, Z., Gajardo, N., Gallardo, L., Gómez, L., Insunza, X., Iriarte, P., Labraña, J., Lambert, F., Muñoz, A., Opazo, M., O'Ryan, R., Osses, A., Plass, M., Rivas, M., Salinas, S., Santander, S., Seguel, R., Smith, P., Tolvett, S (2020). El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por MP2,5 en el centro y sur de Chile. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 102 pp. Disponible en www.cr2.cl/contaminacion/

Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH). (2022, julio). INDH presentó recurso de protección y solicita 17 medidas al Estado y a las empresas para abordar la contaminación que afecta a Quintero y Puchuncaví. *Instituto Nacional de Derechos Humanos*. Recuperado de https://www.indh.cl

Jarvis, D. J. J., Adamkiewicz, G. A., Heroux, M.-E. H., Rapp, R. R. & Kelly, F. J. K. (2010). Selected Pollutants. *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants.* (Vol. 5). National Library of Medicine. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138707/

Jiménez, O. C. (2022, 15 junio). Efectos socioeducativos de la emergencia ambiental en Quintero y Puchuncaví. *El Mostrador*. Recuperado de https://www.elmostrador.cl

Jo, S., Kim, Y. J., Park, K. W., Hwang, Y. S., Lee, S. H., Kim, B. J. & Chung, S. J. (2021). Association of NO_2 and Other Air Pollution Exposures With the Risk of Parkinson Disease. *JAMA Neurology*, *78*(7), 800. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2021.1335

Kamińska, J. A. K. & Turek, T. T. (2020). Explicit and implicit description of the factors impacton the NO2 concentration in the traffic corridor. *Archives of Environmental Protection*, *46*(1). Recuperado de https://journals.pan.pl/dlibra/publication/132530/edition/115796/content/explicit-and-implicit-description-of-the-factors-impacton-the-no2-concentration-in-the-traffic-corridor-kaminska-joanna-amelia-turek-tomasz?language=en

KAS ingeniería para Chile Sustentable. (2022, marzo). EVALUACIÓN DE LOS PLANES DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN HUASCO, QUINTERO/PUCHUNCAVÍ Y TOCOPILLA Y SU COMPARACIÓN CON LOS ESTÁNDARES RECOMENDADOS POR LA OMS. *Chile Sustentable*. Sara Larraín y Javiera Lecourt. Recuperado de https://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2022/03/sintesis_informe_emisiones_2-1.pdf

Kim, S. Y., Kim, S. H., Wee, J. H., Min, C., Han, S. M., Kim, S. & Choi, H. G. (2021). Short and long term exposure to air pollution increases the risk of ischemic heart disease. *Scientific Reports*, *11*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-84587-x

Kunzli, N. (2002). The public health relevance of air pollution abatement. *European Respiratory Journal*, *20*(1), 198-209. https://doi.org/10.1183/09031936.02.00401502

Latza, U., Gerdes, S. & Baur, X. (2009). Effects of nitrogen dioxide on human health: Systematic review of experimental and epidemiological studies conducted between 2002 and 2006. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *212*(3), 271-287. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2008.06.003

Ley N° 19.300. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 09 de marzo de 1994.

Ley N° 21.455. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de junio de 2022.

Lucero, C. *Informe Legal: ausencia de normativa primaria de calidad para Arsénico*. Recuperado de https://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=transparencia&ac=doctoInformeAsesoria&id=14149

Maldonado, A. K. M. A., Acuña, M. A. B. & Cáceres, D. C. L. (2022). VULNERABILIDAD DE LOS "PELIGROS DEL LUGAR" EN COYHAIQUE, CHILE del 2009 al 2015. *Observatorio Geográfica América Latina*. Recuperado de http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Impactoambiental/14.pdf

Mercan, Y., Babaoglu, U. T. & Erturk, A. (2020). Short-term effect of particular matter and sulfur dioxide exposure on asthma and/or chronic obstructive pulmonary disease hospital admissions in Center of Anatolia. *Environmental Monitoring and Assessment*, *192*(10). https://doi.org/10.1007/s10661-020-08605-7

Minghong, M. Y., Gonghua, G. W., Xing, X. Z. & Juying, J. Z. (2020, abril). *Estimating health burden and economic loss attributable to short-term exposure to multiple air pollutants in China* (109184). Elsevier. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935120300761

Ministerio de Educación. (2019, 19 agosto). Contaminación ambiental Quintero-Puchuncaví – Emergencia y Desastre. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://emergenciaydesastres.mineduc.cl/alerta-ambiental-quintero-puchuncavi/

Ministerio de Energía. (2020, julio). Estrategia de Transición Energética Residencial. *Ministerio de Energía*. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. Recuperado de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_de_transicion_energetica_residencial13082020.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2021, septiembre). REPORTE MENSUAL SEPTIEMBRE 2021 EVOLUCIÓN DE EPISODIOS CRÍTICOS PARA MP2,5. *Aire Chile*. División de Calidad del Aire. Recuperado de https://airechile.mma.gob.cl/download/Reporte-Mensual-MP25-Septiembre-2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). I*nforme Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes*. Recuperado de https://retc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/12/Informe-RETC-2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2022a, febrero). Consulta Pública Anteproyecto Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Provincia de Quillota y las comunas de Catemu, Panquehue y Llay LLay de la Provincia de San Felipe de Aconcagua. *Consultas ciudadanas MMA*. Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de https://consultasciudadanas.mma.gob.cl/storage/records/jZLgFiKihitS8Q68rhWqg2xRtI4jMATreaMY85qR.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2022b). Expedientes electrónicos Planes y Normas. Recuperado 23 de octubre de 2022, de https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/mostrarCategoria.php?tipo_norma=planes&msessv=m_20221103.163518.636417f6a6f89

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2022c). Planes de prevención y/o descontaminación atmosférica (PPDA). Recuperado 22 de octubre de 2022, de https://ppda.mma.gob.cl/

Ministerio del Medio Ambiente. (s. f.-a). Conceptos de calidad del aire – PPDA. Recuperado 8 de noviembre de 2022, de https://ppda.mma.gob.cl/conceptos-de-calidad-del-aire/

Ministerio del Medio Ambiente. (s. f.-b). *Emisiones al aire*. Recuperado 5 de noviembre de 2022, de https://retc.mma.gob.cl/indicadores/emisiones-al-aire/

Ministerio del Medio Ambiente. (s. f.-c). *Redes de monitoreo en línea - Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire*. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://sinca.mma.gob.cl/index.php/redes

Ministerio del Medio Ambiente. (s. f.-d). *Representatividad de las estaciones*. Recuperado de https://sinca.mma.gob.cl/index.php/pagina/index/id/representatividad

Ministerio del Medio Ambiente. (s. f.-e). *Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire*. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estadisticas

Muñoz-Ibáñez, F. G. & Cáceres-Lillo, D. D. (2020). Impacto del recambio de tecnología de calefacción en la concentración atmosférica por MP2,5 y en las admisiones por urgencias respiratorias en Coyhaique, Chile. *Cadernos de Saúde Pública*, *36*(6). https://doi.org/10.1590/0102-311x00246118

National Center for Biotechnology Information. (2022). *Carbon monoxide*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Carbon-monoxide

National Center for Biotechnology Information. (2022). PubChem Compound Summary for CID 1119, Sulfur Dioxide. *National Library of Medicine National*.

NSW Health. (2020, 25 noviembre). Particulate Matter. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://www.health.nsw.gov.au/environment/air/Pages/particulate-matter.aspx

OMS. (2021). WHO global air quality guidelines (ISBN 9789240034228). *OMS*. Autor. Recuperado de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orellano, P. O., Reynoso, J. R., Quaranta, N. Q., Bardach, A. B. & Ciapponi, A. C. (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Science Direct*, *142*. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020318316

Organización Mundial de la Salud. (2018a, febrero 15). *Arsénico*. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic

Organización Mundial de la Salud. (2018b, noviembre 19). *OMS: Organización Mundial de la Salud.* Recuperado 11 de noviembre de 2022, de https://www.un.org/youthenvoy/es/2013/09/oms-organizacion-mundial-de-la-salud/

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Who global air quality guidelines*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización Mundial de la Salud. (2022, 4 abril). *Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data

Orrego, G. (2022). *Lineamientos para el fortalecimiento de la protección del humedal Laguna Torca, Vichuquén. Una perspectiva desde la gobernanza ambienta*l (tesis de magister). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Pascala, M. P., Falqa, G. F., Wagnera, V. W., Chatignouxb, E. C., Corsoa, M. C., Blancharda, M. B., . . . Larrieua, S. L. (2014, octubre). *Short-term impacts of particulate matter (PM10, PM10–2.5, PM2.5) on mortality in nine French cities*. Elsevier. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231014004762

Pei-en, P. Z., Zhengmin (Min), Q. Z., McMillin, S. E. M., Vaughn, M. G. V., Zhong-Yue, Z.-Y. X., Yu-Jie, Y.-J. X., . . . Guang-Hui, G.-H. D. (2021, 21 septiembre). Relationships between Long-Term Ozone Exposure and Allergic Rhinitis and Bronchitic Symptoms in Chinese Children. Recuperado 15 de noviembre de 2022, de https://www.mdpi.com/2305-6304/9/9/221/htm

Pilotto, L., Douglas, R., Attewell, R. & Wilson, S. (1997). Respiratory effects associated with indoor nitrogen dioxide exposure in children. *International Journal of Epidemiology*, *26*(4), 788-796. https://doi.org/10.1093/ije/26.4.788

Ramírez, H. R. R. (2022, marzo). Estado en que se encuentran las normas de calidad y emisión para contaminantes aéreos y respirables al 11 de marzo de 2022. *Fundación Terram*. Recuperado de https://labahiaonline.cl/wp-content/uploads/2022/03/FINAL-Minuta-Situacio%CC%81n-Normativas-de-Calidad-y-Emiso%CC%81n-Aire-Marzo2022.pdf

Resolución 33 Exenta. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 23 de mayo de 2022.
Ley N°19.300 Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 9 de marzo de 1994.

Resolución Exenta N° 208, Diario Oficial de la República de Chile, Santiago de Chile, 4 de marzo de 2022.

Resolución Exenta N° 1134, Diario Oficial de la República de Chile, Santiago de Chile, 19 de octubre de 2019.

Reyes, R., Sanhueza, R., Schueftan, A. & González, E. (2021). Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Aysén: adopción acelerada del pellet en la ciudad de Coyhaique y predominio de la leña en el resto de la región. *BES Bosques Energía Sociedad*, *14*, 1-38. Recuperado de https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31338/31338.pdf?sequence=1

Rojos, S., Aguilar, G., Sepúlveda, B. & Pavez, O. (2019). DINÁMICA DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE, PLOMO, MERCURIO Y ARSÉNICO EN SEDIMENTOS DEL RÍO COPIAPÓ, CHILE. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *35*(2), 361-370. https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.08

Salud sin daño. (2021). *Guías actualizadas de la OMS sobre la calidad del aire y sus implicancias para los países latinoamericanos*. Recuperado 11 de noviembre de 2022, de https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/6892/Gu%C3%ADa%20actualizada%20de%20la%20OMS%20y%20sus%20implicancias%20en%20AL.pdf

Sandoval, B. S. D., Reyes, T. R. R. & Oyarzún, M. O. G. (2017). Mecanismos de los efectos nocivos para la salud de la contaminación atmosférica proveniente de incendios forestales. *Rev Chil Enferm Respir*, *35*. Recuperado de https://www.scielo.cl/pdf/rcher/v35n1/0717-7348-rcher-35-01-0049.pdf

Sánchez, J., Romieu, I., Ruiz, S., Pino, P. & Gutiérrez, M. (1999). Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. *Revista Panamericana de Salud Pública*, *6*(6). https://doi.org/10.1590/s1020-49891999001100003

Sandoval, J. & Asturdillo, F. (2018). Comunidades en movimiento ante el cambio climático. ¿Resistentes o resilientes? El caso de Paipote, Chile. *Ecología política*, (58), 79-83. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/pdf/26947461.pdf

Sanhueza H, P., Vargas R, C. & Mellado G, P. (2006). Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria en Temuco. *Revista médica de Chile*, *134*(6). https://doi.org/10.4067/s0034-98872006000600012

Sapunar-Zenteno, J., Ferrer-Rosende, P., Chahuán-Manzur, B. & Vega, I. S. (2021). Breast cancer incidence and the air pollution level in the communes of

Chile: an ecological study. *ecancermedicalscience*, *15*. https://doi.org/10.3332/ecancer.2021.1191

Seremi del Medio Ambiente (SMA). (2022). PLAN OPERACIONAL 2022 PARA LA GESTIÓN DE EPISODIOS CRÍTICOS EN EL MARCO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS. *PPDA MMA*. Seremi del Medio Ambiente Región de la Araucanía. Recuperado de https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/PLAN-OPERACIONAL-GEC-TCO-Y-PLC-2022.pdf

Schmidt, C. (2019, marzo). Respuesta a Informe Final de Evaluación Focalizada de Ámbito del programa Recambio de Calefactores a leña (Calefacción Sustentable). *Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda*. Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de https://www.dipres.gob.cl/597/articles-187242_r_ejecutivo_institucional.pdf

Schönsteiner, J. S. & Herve, D. H. (2019). *Estado de la Información sobre calidad de aire en Chile* (1.ª ed.). Francisca Varga Rivas. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/337499270_Estado_de_la_Informacion_sobre_calidad_de_aire_en_Chile

Shore, S. A. S. (2019, 6 diciembre). The Metabolic Response to Ozone. Recuperado 14 de noviembre de 2022, de https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2019.02890/full

So, S. Y. K., Sang, S. H. K., Jee, J. H. W., Chanyang, C. M., Sang-Min, S.-M. H., Seungdo, S. K. & Hyo, H. G. C. (2021, 3 marzo). Short and long term exposure to air pollution increases the risk of ischemic heart disease. Recuperado de https://www.nature.com/articles/s41598-021-84587-x?error=cookies_not_supported&code=d17a780c-a140-4dbd-96d1-b42dc9594499

Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). (2021a, agosto). INFORME DEL ESTADO DE AVANCE DE LAS MEDIDAS E INTRUMENTOS DEL PLAN AÑO 2020. *Superintendencia del Medio Ambiente*. División de Fiscalización y Conformidad Ambiental. Recuperado de https://transparencia.sma.gob.cl/doc/resoluciones/PPDA/InformeAvance/2020/InformeEstadoAvancePDACQP2020.pdf

Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). (2021b, marzo). *INFORME TÉCNICO CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR MP10, PLOMO Y SO2*. Gobierno de Chile. Recuperado de https://snifa.sma.gob.cl/General/Descargar/1104258150

Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). (2022, agosto). INFORME DEL ESTADO DE AVANCE DE LAS MEDIDAS E INSTRUMENTOS DEL PLAN AÑO 2021. PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PARA LA CIUDAD DE COYHAIQUE Y SU ZONA CIRCUNDANTE. *Aire Coyhaique*. División de Fiscalización y Conformidad Ambiental. Recuperado de https://airecoyhaique.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/08/Informe_Estado_de_Avance_PDA_Coyhaique_2021.pdf

The College of Emergency Medicine, Royal College General Practitioners & Gas Safe. (2013). Diagnosing Poisoning: Carbon Monoxide (CO). *Public Health Englan*. Recuperado de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/485581/CO_diagnosis_algorithm_2015.pdf

The National Institute of Statistics and Economic Studies. (s. f.). Definition - PM10 and PM2.5 particles. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c2196

Torres, R. T. M. (2021, octubre). *Estándares de Calidad del Aire*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32571/1/Estandares_de_Calidad_del_Aire._Legislacion_Comparada.pdf

Toro, D. (2020, 13 diciembre). ¿Es Temuco la ciudad más contaminada del mundo? Expertos y autoridades analizan polémico artículo de medio especializado (Emol). *Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2*. Recuperado de https://www.cr2.cl

Toro, R. (s. f.). Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas PDA MP10 y MP2,5 [Diapositivas]. Recuperado de https://ppda.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/PLAN-DE-ACCION-PDA-2021-SEREMI-DE-MEDIO-AMBIENTE.pdf

Tume, P., Barrueto, K., Olguin, M., Torres, J., Cifuentes, J., Ferraro, F. X., . . . Cornejo, O. (2019). The influence of the industrial area on the pollution outside its borders: a case study from Quintero and Puchuncavi districts, Chile. *Environmental Geochemistry and Health*, *42*(8), 2557-2572. https://doi.org/10.1007/s10653-019-00423-2

Turner, M. C., Jerrett, M., Pope, C. A., Krewski, D., Gapstur, S. M., Diver, W. R., . . . Burnett, R. T. (2016). Long-Term Ozone Exposure and Mortality in a Large Prospective Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *193*(10), 1134-1142. https://doi.org/10.1164/rccm.201508-1633oc

Perez, P., Menares, C. & Ramírez, C. (2020). PM2.5 forecasting in Coyhaique, the most polluted city in the Americas. *Urban Climate*, *32*, 100608. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100608

U.S. Environmental Protection Agency. (2018). What is Ozone? *U.S. Environmental Protection Agency*. https://doi.org/10.1097/01.naj.0000544166.59939.5f

U.S. Environmental Protection Agency. (2022a). Sulfur Dioxide Basics. *U.S. Environmental Protection Agency*. Recuperado de https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics

U.S. Environmental Protection Agency. (2022b, junio 24). *Effects of Acid Rain*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain

U.S. Environmental Protection Agency. (2022c, julio 18). *Particulate Matter (PM) Basics*. Recuperado 11 de noviembre de 2022, de https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

U.S. Environmental Protection Agency. (2022d, julio 25). *What is Ozone?* Recuperado 14 de noviembre de 2022, de https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/what-ozone

U.S. Environmental Protection Agency. (2022f, agosto 2). *Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution*. Recuperado 9 de noviembre de 2022, de https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution

U.S. Environmental Protection Agency. (2022g, agosto 2). *Basic Information about NO2*. Recuperado 16 de noviembre de 2022, de https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2

Velasquez, M. V. R. & Buitrago, J. L. B. B. (2014). Análisis de riesgo ocupacional asociado a la presencia de monóxido de carbono mediante un sistema gráfico. *Revista de Tecnología*, *13*(1). Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041575

Verdejo, R. (2022, 24 enero). Fundición de Paipote rebasó casi en 500% la norma de calidad del aire: índices de dióxido de azufre son más altos que en crisis de Puchuncaví. *CIPER Chile*. Recuperado de https://www.ciperchile.cl

Vivanco, E. (2018, diciembre). Contaminación Atmosférica en Temuco Resultados de Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas. Recuperado 29 de octubre de 2022, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26735/1/Contaminacion_atmosferica_en_Temuco_2018_FINAL.pdf

Vohra, K. V., Vodonos, A. V., Schwartz, J. S., Marais, E. M., Sulprizio, M. S. & Mickley, L. M. (2021). Global mortality from outdoor fine particle

pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121000487

Wang, Y., Ali, M. A., Bilal, M., Qiu, Z., Mhawish, A., Almazroui, M., . . . Haque, M. N. (2021). Identification of NO2 and SO2 Pollution Hotspots and Sources in Jiangsu Province of China. *Remote Sensing*, *13*(18), 3742. https://doi.org/10.3390/rs13183742

Weinmayr, G., Romeo, E., De Sario, M., Weiland, S. K. & Forastiere, F. (2010). Short-Term Effects of PM_{10} and NO_2 on Respiratory Health among Children with Asthma or Asthma-like Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, *118*(4), 449-457. https://doi.org/10.1289/ehp.0900844

Wolters Kluwer. (s. f.). Short-term Exposure to Ozone and Mortality in Subjects With and W. . .: Ingenta Connect. Recuperado de https://www.ingentaconnect.com/content/wk/ede/2016/00000027/00000005/art00014

Xu, Z., Xiong, L., Jin, D. & Tan, J. (2021). Association between short-term exposure to sulfur dioxide and carbon monoxide and ischemic heart disease and non-accidental death in Changsha city, China. *PLOS ONE*, *16*(5), e0251108. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251108

Yan, W., Yun, Y., Ku, T., Li, G. & Sang, N. (2016). NO2 inhalation promotes Alzheimer's disease-like progression: cyclooxygenase-2-derived prostaglandin E2 modulation and monoacylglycerol lipase inhibition-targeted medication. *Scientific Reports*, *6*(1). https://doi.org/10.1038/srep22429

Zee, S. C. Z., Schouten, J. P. S., Hoek, G. H., Boezen, H. M. B., Wijnen, J. H. W. & Brunekreef, B. B. (1995). Acute eVects of urban air pollution on respiratory health of children with and without chronic respiratory symptoms. *Department of Environmental Sciences, Environmental and Occupational Health Group, University of Wageningen*. Department of Environmental Sciences. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1757690/pdf/v056p00802.pdf

Zhou, P. E., Qian, Z., McMillin, S., Vaughn, M., Xie, Z. Y., Xu, Y. J., . . . Dong, G. H. (2021a). Relationships between Long-Term Ozone Exposure and Allergic Rhinitis and Bronchitic Symptoms in Chinese Children. *Toxics*, *9*(9), 221. https://doi.org/10.3390/toxics9090221

Zúñiga, V. C. E. D. S. P. (2021, 28 enero). *Análisis de la contaminación ambiental de Coyhaique*. Recuperado de https://www.uchile.cl/noticias/173052/analisis-de-la-contaminacion-ambiental-de-coyhaique

1.8. ANEXOS

1.8.1. Anexo 1.1. Resumen de normas de calidad del aire en la Unión Europea

Contaminante (unidad)	Concentración	Tiempo promedio	Requerimientos legales	Excedencias anuales permitidas
$MP_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	25	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2015	N/A
	20	1 año	Valor límite de la etapa 2 a cumplir a partir del 1.1.2020	N/A
MP_{10} ($\mu g/m^3$)	50	24 horas	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2005[47]	35
	40	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2005**	N/A
O_3 ($\mu g/m^3$)	120	8 horas	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2010	Promedio de 25 días
NO_2 ($\mu g/m^3$)	200	1 hora	Valor límite a ser alcanzado el 01/01/2010	18
	40	1 año	Valor límite a ser alcanzado el 01/01/2010[48]	N/A
SO_2 ($\mu g/m^3$)	350	1 hora	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2005	03
	125	24 horas	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2005	18
CO (mg/m^3)	10	8 horas	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2005	N/A
Pb ($\mu g/m^3$)	0.5	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 01/01/2005 (o 01/01/2010 en la vecindad inmediata de fuentes industriales específicas notificadas; y un valor límite de 1.0 µg/m3 aplicado desde 01/01/2005 al 31/12/2009)	N/A
Benceno ($\mu g/m^3$)	5	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 1/1/2010**	N/A
Arsénico (ng/m^3)	6	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 31/12/2012	N/A
Cadmio (ng/m^3)	5	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 31/12/2012	N/A
Níquel (ng/m^3)	20	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 31/12/2012	N/A
Hidrocarburos Aromáticos Políciclicos (PAH)	1 (expresado como concentración de Benzo(a)pireno)	1 año	Valor límite a ser alcanzado al 31/12/2012	N/A

Fuente: Torres, 2021.

[47] En virtud de la Directiva 2008/50/UE, el Estado miembro pudo solicitar una prórroga hasta tres años después de la fecha de entrada en vigor de la nueva Directiva (es decir, mayo de 2011) en una zona específica. La solicitud fue objeto de evaluación por parte de la Comisión. En tales casos, dentro del período de prórroga, el valor límite se aplicará al nivel del valor límite + margen máximo de tolerancia (35 días a 75µg/m3 para el valor límite diario de PM_{10}, 48 µg/m3 para el valor límite anual de PM_{10}).

[48] Bajo la Directiva 2008/50/EU, el Estado Miembro podría solicitar una extensión de hasta 5 años (es decir, máximo hasta 2015) en una zona específica. La solicitud está sujeta a una evaluación de la Comisión. En tales casos, dentro del período de prórroga, el valor límite se aplicará al nivel del valor límite + margen máximo de tolerancia (48 µg/m3 para el valor límite anual de NO_2).


FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

AGUAS CONTINENTALES



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

AGUAS CONTINENTALES

Autor:
César Morales Estupiñán (1)

Asistentes de investigación:
Carmen Campos Fuentes (2)
Rocío Galleguillos Herrera (3)
Merry Hernández González(4)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Licenciada en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(3) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(4) Administradora Pública y Magíster en Ciencia Política, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 2. AGUAS CONTINENTALES
César Morales, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP
Asistente de Investigación: **Carmen Campos, Roció Galleguillos, Merry Hernández**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas

---

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

AGUAS CONTINENTALES **9**

2.1. INTRODUCCIÓN: EL AGUA ES ESCASA Y TODO INDICA QUE LO SERÁ MÁS EN EL FUTURO *9*

2.1.1. A nivel mundial 9

2.1.2. A nivel nacional 9

2.2. LA CRISIS DEL AGUA *10*

2.2.1. A nivel global 10

2.2.2. La situación de Chile 15

2.3. LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS: UN ANÁLISIS DE LA TENENCIA, PROPIEDAD Y CONCENTRACIÓN A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL. *44*

2.3.1. Antecedentes 44

2.3.2. Los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) 48

2.4. POLÍTICAS PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS *57*

2.4.1. Reúso de aguas servidas 57

2.4.2. Desalación 64

2.4.3. Cosecha de Aguas de Lluvias 70

2.4.4. Trasvase de aguas 74

2.5. BIBLIOGRAFÍA **78**

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Roberto Pizarro (por su dirección de este capítulo en los Informes 1999, 2002, 2005, 2008 y 2012), Carlos Salazar, César Bravo, Jorge Caro, Pedro Bravo, Patricio Carrasco, Manuel Soto, César Farías, Cristián Guzmán, Jorge Vargas, Carolina Morales, Leonardo Román, José Vargas, Paola Godoy, Francisco Balocchi, Claudia, Sangüesa, César Morales y Reinaldo Ruiz.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de

Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

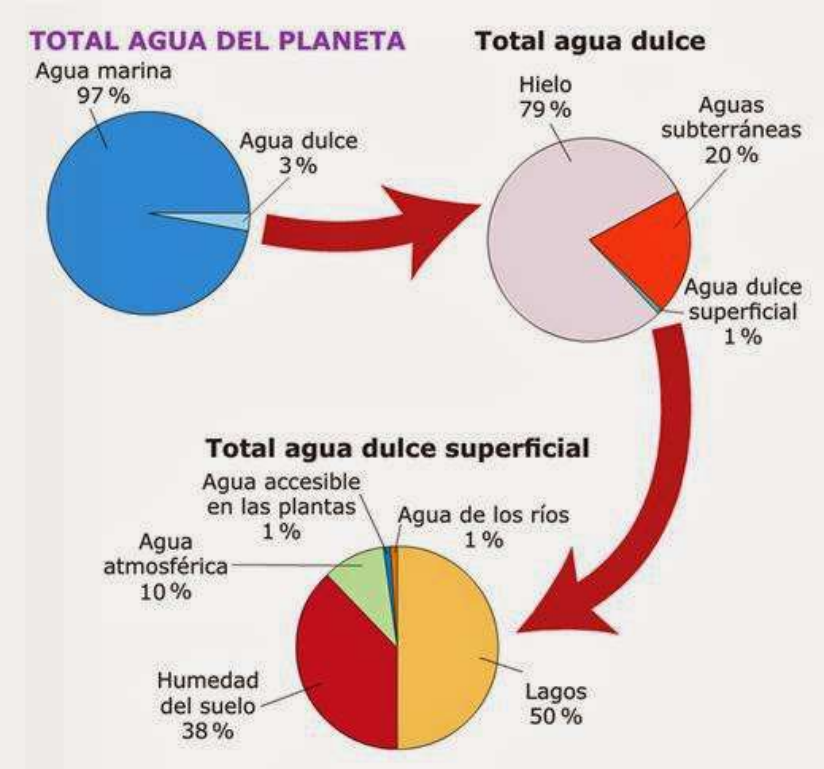
AGUAS CONTINENTALES

2.1. INTRODUCCIÓN: EL AGUA ES ESCASA Y TODO INDICA QUE LO SERÁ MÁS EN EL FUTURO

2.1.1. A nivel mundial

Un 97% del total de agua del planeta corresponde a agua salada, el 3% restante lo constituyen los glaciares, otros cuerpos de nieve, aguas subterráneas, el agua atmosférica y el agua incorporada a las plantas. De ese 3%, menos del 1% es asequible para ser utilizada para consumo humano y para los ecosistemas, para la producción industrial, minera y otros usos. (**Ver Figura 2.1**).

Figura 2.1. Disponibilidad de agua dulce en el planeta.



Fuente: PNUMA, 2015.

2.1.2. A nivel nacional

Chile tiene una escorrentía promedio de 53.000 m^3 por habitante[1] superando en ocho veces la media mundial que es de 6.600 m^3 y en 26,5 veces, los 2.000 m^3 por persona al año, cifra considerada internacionalmente como umbral mínimo para

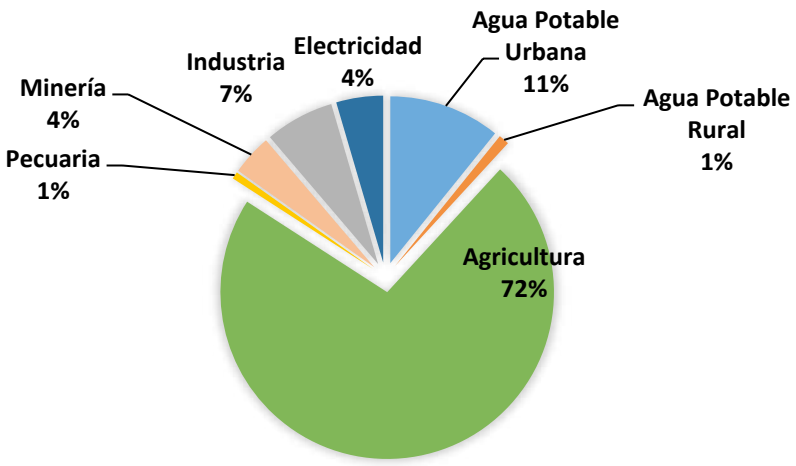
[1] Volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces superficiales y subterráneos.

el desarrollo sostenible. Este valor promedio chileno oculta grandes disparidades, como las que se observan al norte de la región Metropolitana, territorio árido y semiárido, donde la disponibilidad de agua es menos de 800 m^3 por persona al año.

El crecimiento de la producción agropecuaria, industrial y minera, más el aumento en el consumo humano, han determinado que la demanda por agua ha venido aumentado a un ritmo ligeramente superior al del crecimiento del PIB en los últimos 30 años.

Debe tenerse en cuenta además que nuestra estructura productiva, es intensiva en agua, particularmente la fracción exportada. Las actividades agropecuarias son las que más agua consumen (73%), seguidas por el consumo humano de agua potable (12%), la industria (7%), la producción de electricidad y la minería, cada una de ellas con un 4% (**Ver Figura 2.2**).

Figura 2.2. Chile: Demanda de agua por sectores.



Fuente: Elaboración propia con base a información de la DGA, 2021.

2.2. LA CRISIS DEL AGUA

2.2.1. A nivel global

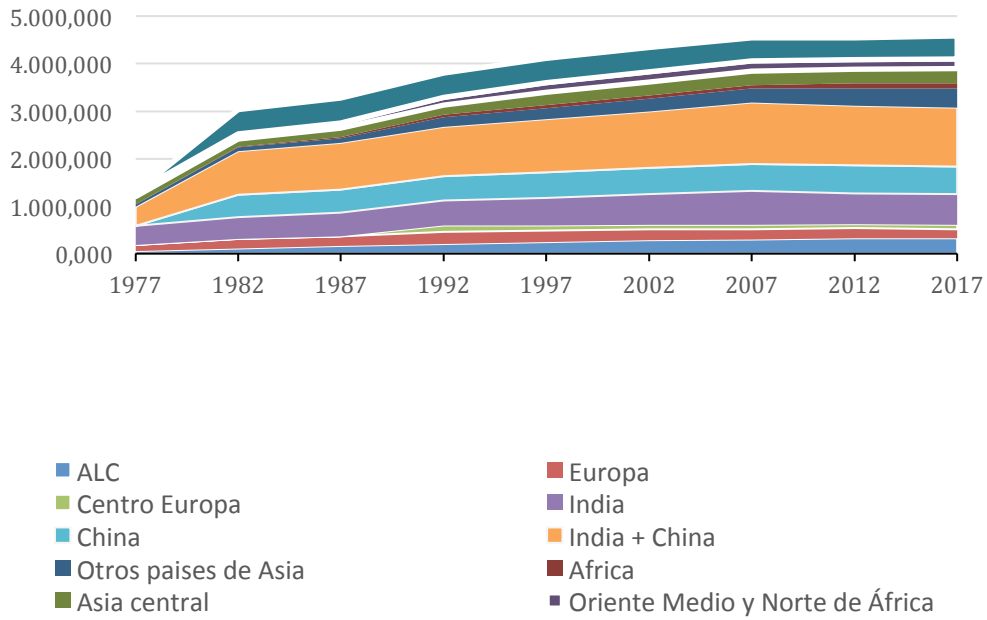
El último reporte de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, Octubre del 2021), alerta sobre la magnitud de las amenazas que enfrenta la humanidad en relación al agua. Según este informe, 3.600 millones de personas tuvieron un acceso inadecuado al agua, como mínimo, un mes al año durante 2018, y se prevé que esta cifra superará los 5 000 millones de aquí a 2050.

De otro lado, en los últimos 20 años, se han reducido a un ritmo de 1 cm por año los depósitos de agua continental, esto es la suma de toda el agua sobre y bajo la superficie terrestre, incluyendo la humedad del suelo, la nieve y el hielo. Las mayores pérdidas corresponden a la Antártica y Groenlandia, no obstante, que muchos lugares con alta densidad de población en latitudes más bajas, y que tradicionalmente fueron zonas de abastecimiento de agua, están registrando pérdidas considerables afectando severamente la seguridad hídrica. Cabe recordar que solo entre el 0,7 y el 0,5 % de los recursos hídricos del planeta, es agua dulce disponible y aprovechable.

De acuerdo con ONU Agua, UNESCO y otras agencias de Naciones Unidas, el 90% de los desastres socio-naturales, están relacionados con inundaciones en algunas partes del planeta y sequías en otros.

El aumento de la población, el crecimiento económico, el desarrollo social y la contaminación de las aguas, han sido factores que han impulsado el crecimiento de la demanda por los recursos hídricos “sanos”, especialmente a partir del siglo pasado. Este aumento acelerado de la demanda, consecuentemente se traduce en un crecimiento paralelo de las extracciones tanto desde fuentes superficiales como subterráneas. Tal como se puede apreciar en la **Figura 2.3**, las extracciones crecieron más de tres veces entre 1977 y el 2017.

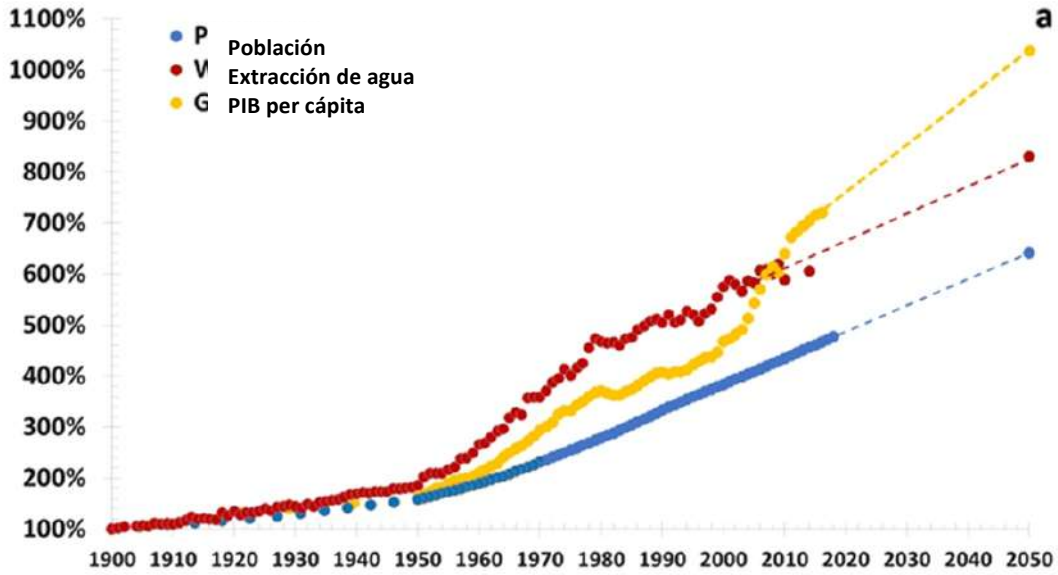
Figura 2.3. Mundo: Extracciones de agua período 1977-2017. En billones de metros cúbicos por año.



Fuente: Elaboración propia en Banco Mundial, 2022.

Al examinar los datos sobre extracciones, población y PIB per cápita (**Ver Figura 2.4**), se verifica un acoplamiento estrecho entre las dos primeras variables hasta el inicio de la década de los años 50, luego de lo cual las extracciones crecen por sobre la población hasta el año 2010, y de ahí en delante de acuerdo a las proyecciones hasta el 2050, es el PIB per cápita el crece por sobre las extracciones y desde luego muy por sobre la población. En otras palabras, a partir de 1900 hasta 1950, la elasticidad PIB per cápita, extracciones de agua, crecen iguales. Entre 1950 y 2018, la economía requiere de más recursos hídricos para producir una unidad de producto (se hace más intensiva en el uso del agua). Finalmente, como ya se dijo, del 2018 al 2050 el PIB per cápita podría requerir cada vez menos agua por unidad de producto.

Figura 2.4. Crecimiento de la Extracciones de agua, del PIB per cápita y de la Población. Período

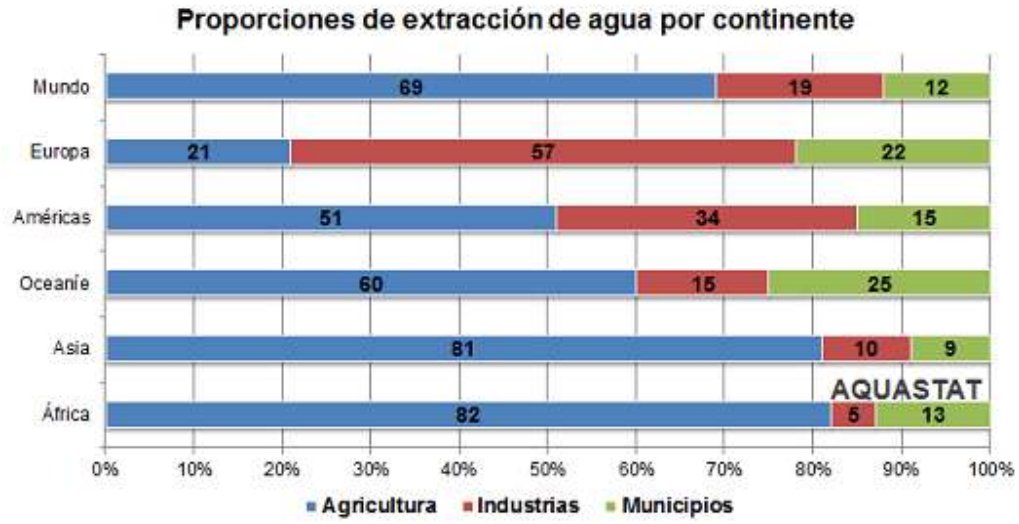


1900 a 2018 y proyecciones hasta el año 2050.

Fuente: Alberto Boretti & Lorenzo Rosa. Reassessing the projections of the World Water Development Report (2019).

Como se aprecia en la **Figura 2.5**, la mayor parte de las extracciones mundiales de agua, tienen como destino la agricultura y ganadería, actividad que concentra en promedio a nivel mundial, el 69% del total de las extracciones realizadas. No obstante, ello, este promedio esconde situaciones muy diversas por regiones.

Figura 2.5. Proporciones de extracciones de agua por continentes.



Fuente: FAO, AQUASTAT 2021.

2.2.1.1. Agua y cambio climático

Al crecimiento de la demanda por agua a nivel mundial se agrega además el cambio climático, proceso que impactará significativamente sobre muchos aspectos, en especial, sobre los recursos hídricos. El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020 señala a este respecto que el uso global de agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años y sigue aumentando a un ritmo constante de un 1% cada año debido al crecimiento demográfico, al desarrollo económico y al cambio de los patrones de consumo.

El cambio climático ya está dando lugar a un suministro más errático e incierto del agua, agravando la situación de regiones donde más escasea el agua y generando escasez en aquellas donde aún abunda. También está aumentando la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos, como olas de calor, sequías prolongadas y severas en algunos lugares y precipitaciones sin precedentes en otros, además de tormentas y marejadas ciclónicas.

Por otra parte, la calidad del agua se verá afectada negativamente por la contaminación, el aumento de sus temperaturas, la menor cantidad de oxígeno disuelto y, por consiguiente, la menor capacidad de autodepuración de los depósitos de agua dulce.

Las inundaciones y una mayor concentración de contaminantes durante las sequías aumentarán el riesgo de polución y contaminación patogénica. También

corren peligro muchos ecosistemas, en especial los bosques y los humedales. La degradación de los ecosistemas no solo producirá una pérdida de biodiversidad, sino que también afectará a la disponibilidad de servicios de ecosistemas que dependen del agua, como la purificación del agua, la captación y almacenamiento del carbono, la protección natural contra las inundaciones, así como el suministro de agua para los ecosistemas, la agricultura, la pesca y el ocio.

Se prevé que las tierras áridas se extenderán significativamente por todo el planeta. Se pronostica que la aceleración del deshielo de los glaciares afectará negativamente a los recursos hídricos de las regiones montañosas y las llanuras adyacentes. Pese a que haya una creciente evidencia de que el cambio climático va a afectar a la disponibilidad y distribución de los recursos hídricos, sigue habiendo algunas incertidumbres, especialmente a escala local y de cuenca, pero no hay mucha discrepancia acerca del incremento de las temperaturas, que han sido simuladas con diferentes modelos de circulación general (GCM) en escenarios con distintas condiciones.

El hundimiento de tierras, fenómeno conocido como subsidencia, es consecuencia de la extracción de aguas subterráneas en una tasa mayor que la de reposición natural. Cuando esto ocurre en zonas costeras, además del hundimiento del suelo, debido a las diferencias de presiones osmóticas, penetra agua salada a los acuíferos vacíos o con poca agua dulce.

Un equipo internacional liderado por los investigadores del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y en el que participa la Universidad de Alicante, realizó recientemente el mayor estudio mundial sobre subsidencia del terreno cuestión de especialmente relevante en zonas fluviales o costeras donde la subsidencia puede aumentar el riesgo por inundaciones hasta diez veces más rápido que el aumento del nivel del mar provocado por el calentamiento global. Casi el **90%** de la población expuesta a este fenómeno se localiza en Asia. En Europa las zonas con mayor peligrosidad se sitúan principalmente en el arco Mediterráneo. En los Estados Unidos de América, varios Estados experimentan este fenómeno, inicialmente observado en California.

Hay que considerar además que el incremento de la demanda de agua subterránea asociadas al abastecimiento de la población mundial y la producción agrícola, incrementarán en un futuro próximo la intensidad de este fenómeno en

zonas ya activas**,** y favorecerá su desarrollo en otras zonas susceptibles en las que aún no se ha producido.

2.2.2. La situación de Chile

La severa y prolongada sequía sufrida por el país ha puesto en evidencia la vulnerabilidad creciente de la seguridad hídrica nacional[2]. Las precipitaciones ocurridas este año 2022 han permitido reducir los déficits registrados en una buena parte del territorio, sin embargo, al comparar las precipitaciones respecto a los promedios históricos, se aprecia que parte significativa del territorio nacional sigue siendo afectada por déficits.

La disminución de las precipitaciones en prácticamente todo el país, la reducción de la acumulación de nieve por la subida de la cota cero, la reducción del caudal de los ríos, el incremento de la evapotranspiración y la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales e incluso subterráneos, siguen afectando de manera importante la disponibilidad de agua.

2.2.2.1. Precipitaciones

El área más afectada por la persistencia de los déficits en relación a los promedios históricos incluye 18 comunas localizadas desde la región de Coquimbo a la del Biobío. El **Cuadro 2.1** y **Figura 2.6** a continuación muestran dichas comunas y las regiones correspondientes con las estaciones meteorológicas que registraron dichos déficits.

Las regiones en que se encuentran las estaciones referidas comprenden un territorio en el que se produce el 77% del PIB silvoagropecuario nacional (Odepa, Panorama de la Agricultura 2019).

Cuadro 2.1. Comunas con persistente déficit de precipitaciones respecto promedio histórico.

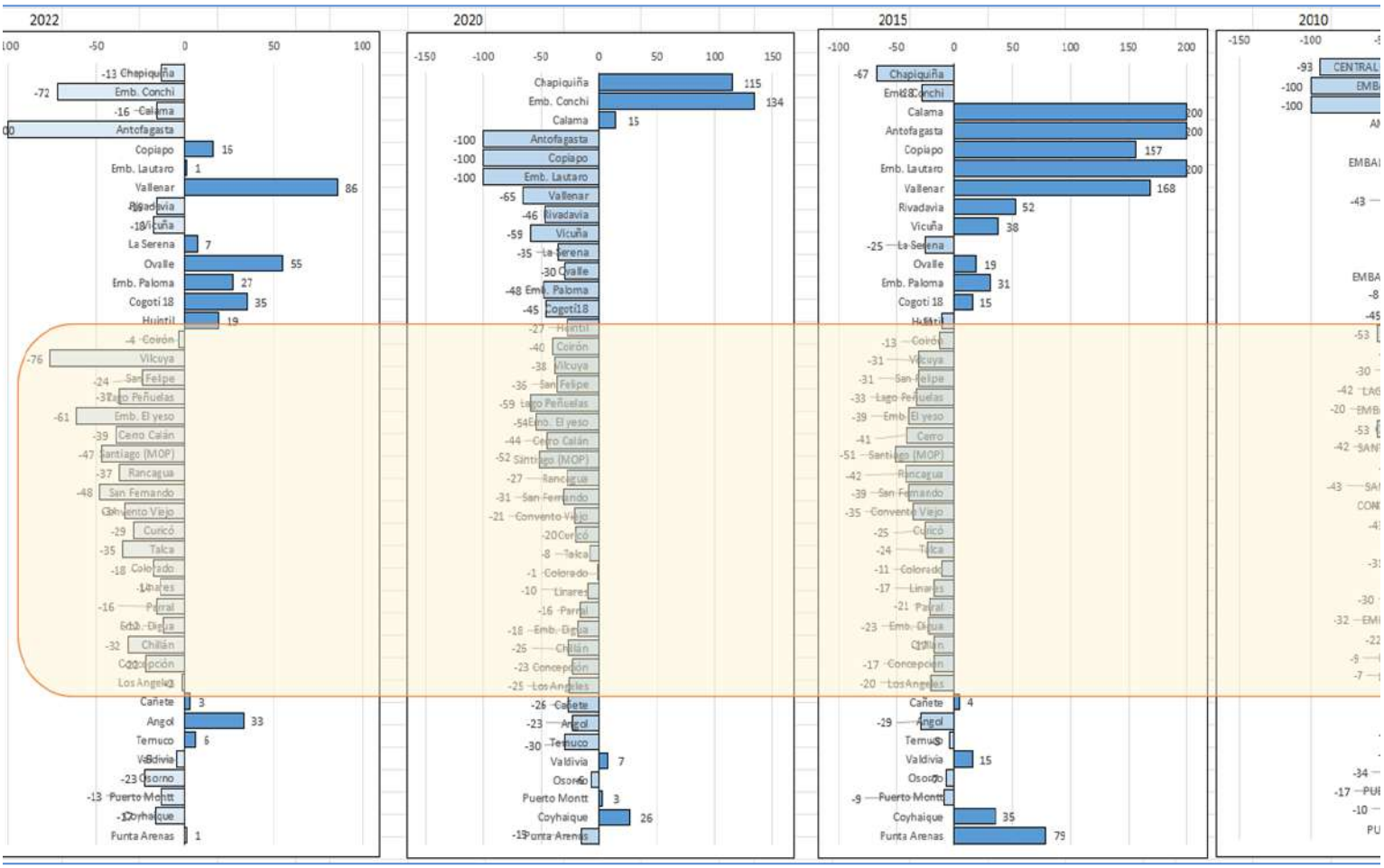
Región	Estación	Comuna	Superficie Comunal (km^2)	Provincia	Superficie Provincial (km^2)
Coquimbo	Coirón	Salamanca	3.445	Choapa	10.129
Valparaíso	Vilcuya	Los Andes	3.053	Los Andes	3.053
Valparaíso	San Felipe	San Felipe	2.634	San Felipe	2.634
Valparaíso	Lago Peñuelas	Valparaíso	16.234	Valparaíso	2.021
Metropolitana	Emb. El Yeso	S. José de Maipo	4.983	Cordillera	5.516
Metropolitana	Cerro Calán	Las Condes	99	Santiago	2.092
Metropolitana	Santiago (MOP)	Santiago	15.396	Santiago	2.092
O´Higgins	Rancagua	Rancagua	262	Cachapoal	7.499

[2] Seguridad hídrica es "La capacidad de una población para salvaguardar el acceso a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, que permita sustentar tanto la salud humana como la del ecosistema, basándose en las cuencas hidrográficas, así como garantizar la protección de la vida y la propiedad contra riesgos relacionados con el agua –inundaciones, derrumbes, subsidencia de suelos y sequías". En "Seguridad hídrica y los Objetivos del Desarrollo Sostenible" UNESCO 2020.

O´Higgins	San Fernando	San Fernando	2.321	Colchagua	5.554
O´Higgins	Convento Viejo	Chimbarongo	509	Colchagua	5.536
Maule	Curicó	Curicó	1.334	Curicó	7.287
Maule	Talca	Talca	232	Talca	9.931
Maule	Colorado	San Clemente	4.501	Talca	9.931
Maule	Linares	Linares	1.467	Linares	10.072
Maule	Parral	Parral	1.638	Linares	10.072
Maule	Emb. Digua	Parral	1.638	Linares	10.072
Ñuble	Chillán	Chillan	475	Di güillín	5.093
Biobío	Concepción	Concepción	316	Concepción	3.419
Biobío	Los Ángeles	Los Ángeles	1.751	Biobío	15.054
Suman (*)			**62.287**		**87.334**

Fuente: Elaboración propia con base en los boletines de Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas de la DGA/MOP e información del INE.
Nota: (*) La suma de la superficie provincial incluye una sola vez cada provincia

Figura 2.6. Déficits y superávits de precipitaciones en relación al promedio histórico, registradas en las estaciones meteorológicas del MOP en los meses de Agosto de los años 2022, 2020, 2015 y 2010. (Cifras en %).



Fuente: Boletines "Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas" (Agosto 2022; agosto 2020; Agosto 2015 y 2010).

El análisis de todos los años a nivel de macrozonas que agrupan todas las estaciones meteorológicas que se presentan en los Boletines de la DGA, confirman que la mayor parte de los déficits se concentran entre las regiones de Coquimbo y del Biobío.

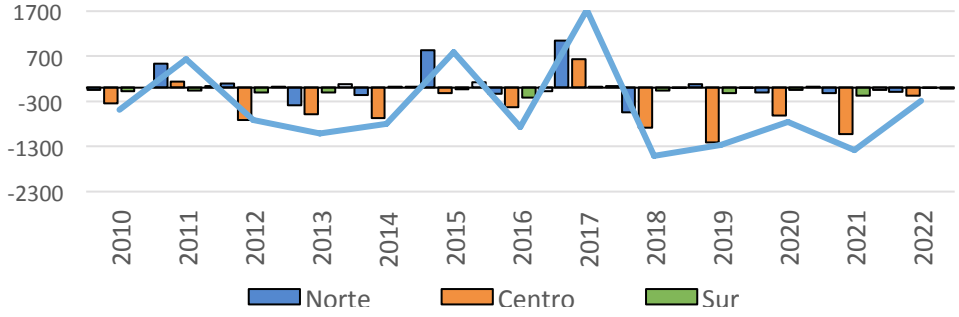
Siguiendo esta línea de análisis se revisó esta información en más detalle a nivel de macrozonas. comparando las precipitaciones del mes de agosto de cada año, con el promedio histórico correspondiente, el que comprende un período de 30 años. Así por ejemplo para el año 2010, el promedio histórico es el promedio de las precipitaciones. ocurridas en los meses de agosto entre los años 1961 a 1990. Este promedio es móvil y para el año 2014 es el promedio entre 1981 y 2010, y así sucesivamente.

Como se dijo, la información se agrupó en macrozonas definidas de acuerdo a los parámetros utilizados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación[3]. Las macrozonas definidas son las siguientes:

- Macrozona Norte: Regiones de Arica Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama.
- Macrozona Centro: Coquimbo, Valparaíso y Región Metropolitana.
- Macrozona Centro Sur: Regiones de O´Higgins, Maule, Ñuble y Biobío.
- Macrozona Sur. Regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.
- Macrozona Austral. Aysén y Magallanes.

Como se puede ver en la **Figura 2.7** que sigue, las regiones más afectadas son la macrozona Centro Sur, ya que tiene todos los años con déficits y la macrozona Centro que presenta solo dos años sin déficits 2011 y 2017.

Figura 2.7. Déficits y superávits de Precipitaciones por macrozonas de Chile, periodo 2010-2022.

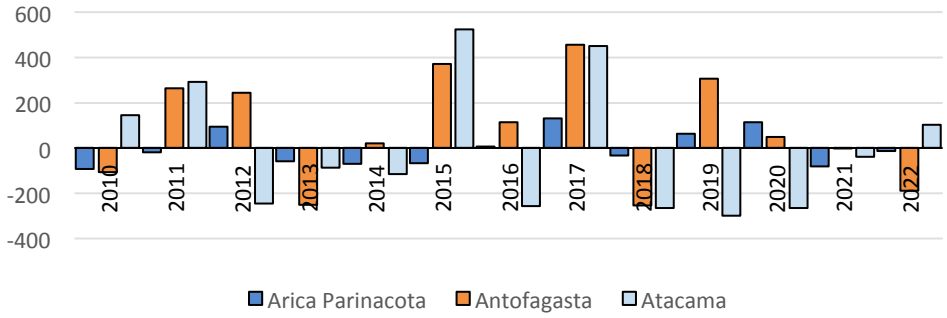


Fuente: Elaboración propia basada en los antecedentes de la DGA.

[3] Ministerio de Ciencia, Tecnología Conocimiento e Innovación. Disponible en https://www.minciencia.gob.cl/macrozonas/que-son-las-macrozonas/

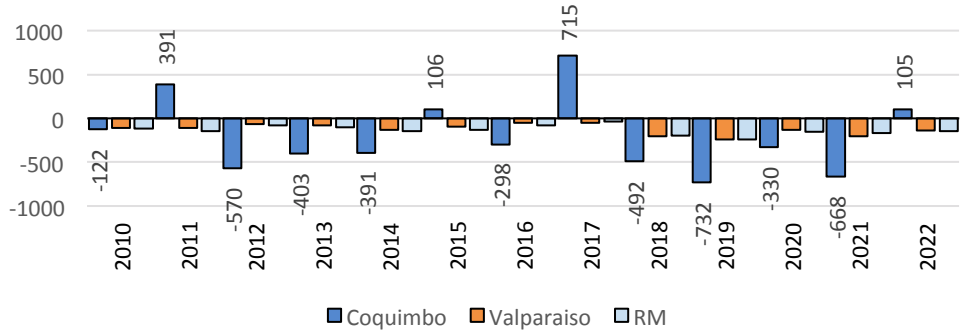
A nivel de macrozonas, la información disponible muestra situaciones diversas, como se puede apreciar en las **Figuras 2.8**, **2.9**, **2.10**. **2.11** y **2.12**.

Figura 2.8. Macrozona Norte. Déficits y superávits de Precipitaciones, periodo 2010 – 2022.



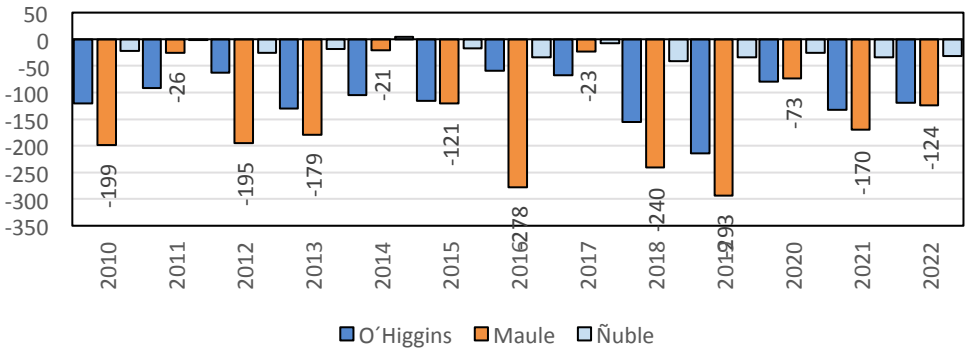
Fuente: Elaboración propia basada en los antecedentes de la DGA.

Figura 2.9. Macrozona Centro Sur. Déficits y superávits de Precipitaciones, periodo 2010 – 2022.



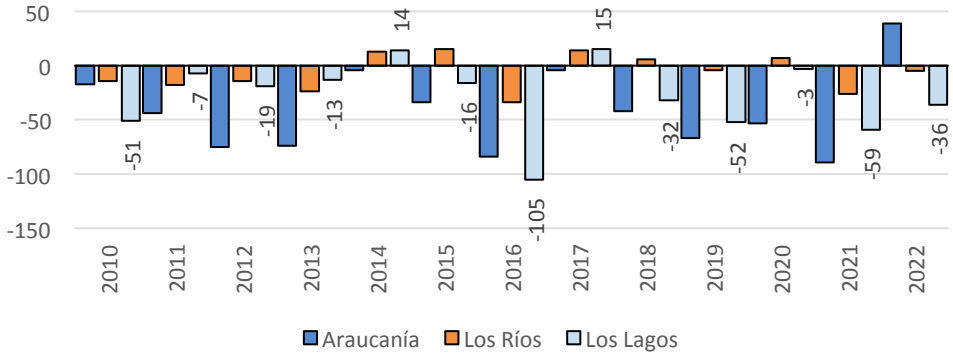
Fuente: Elaboración propia basada en los antecedentes de la DGA.

Figura 2.10. Macrozona Sur. Déficits y superávits de Precipitaciones, periodo 2010 – 2022.



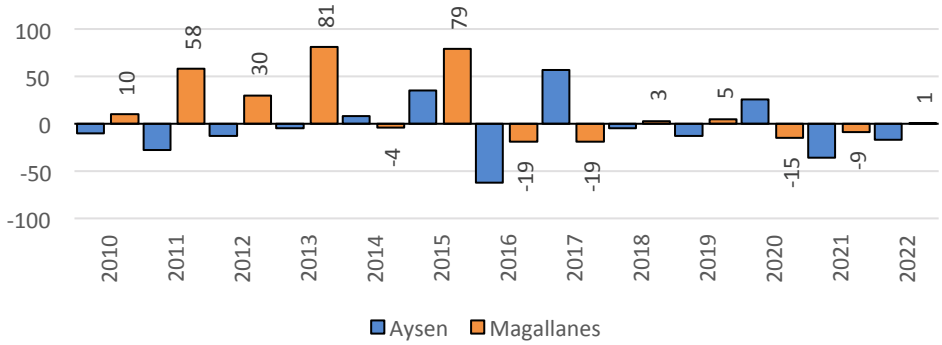
Fuente: Elaboración propia basada en los antecedentes de la DGA**.**

Figura 2.11. Macrozona Sur. Déficits y superávits de Precipitaciones, periodo 2010 – 2022.



Fuente: Elaboración propia basada en los antecedentes de la DGA.

Figura 2.12. Macrozona Austral. Déficits y superávits de Precipitaciones, periodo 2010 – 2022.



Fuente: Elaboración propia basada en los antecedentes de la DGA.

2.2.2.2. Nieve

En cuento a acumulación de nieve, factor clave para atender las demandas hídricas nacionales, la subida de la cota cero[4] ha incidido de manera importante en la menor disponibilidad agua, no obstante que en año 2022 se aprecia una mejoría en comparación con los datos para 2020 y 2010 para los lugares de medición que se indican a continuación (**Ver Cuadro 2.2**).

Cuadro 2.2. Lugares de medición de la altura de nieve caída para estimar su equivalente en agua.

Cuenca	Ruta de nieve
Limarí	Quebrada Larga
Limarí	Cerro Veja Negra
Choapa	El Soldado
Petorca	Nacim. EL Sobrante
Aconcagua	Portillo
Maipo	Laguna Negra

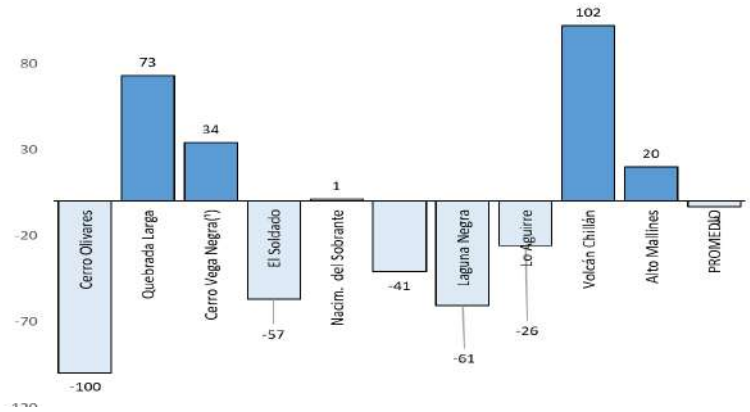
[4] Altitud a partir de la cual la precipitación, de ocurrir, se produce en forma de nieve. Por debajo de esta cota, las precipitaciones ocurrirían en forma de aguanieve o lluvia. La cota de nieve se expresa en metros sobre el nivel del mar. En https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/1081_cota-de-nieve

Maipo	Las Melosas
Rapel	Termas del Flaco
Mataquito	Paso Vergara
Maule	Lo Aguirre
Maule	Los Cóndores
Itata	Volcán Chillán
Bio-Bio	Alto Mallines

Fuente: Boletines de la DGA.

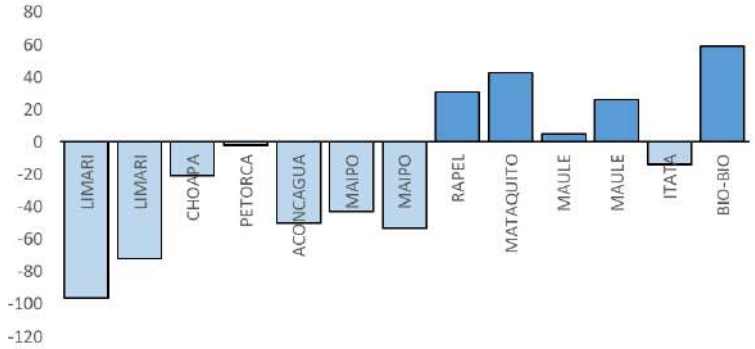
Las **Figuras 2.13, 2.14, 2.15** muestran los antecedentes disponibles sobre acumulación de nieve para cuatro puntos o rutas de la región de Coquimbo, dos de la región de Valparaíso, y uno de la región Metropolitana, uno de la región del Maule, uno de la región del Biobío y uno de la región de Ñuble.

Figura 2.13. Equivalente Agua de Nieve (EAN). Valores aproximados a agosto del 2022.



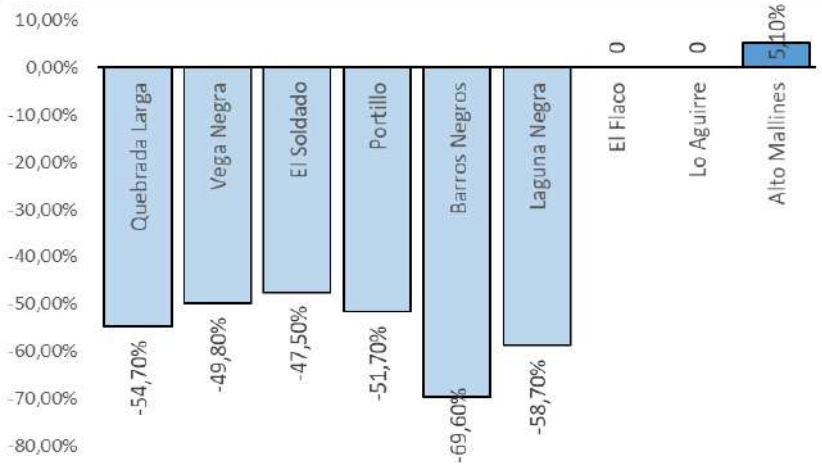
Fuente: Elaboración propia con base en antecedentes de la DGA.

Figura 2.14. Equivalente Agua de Nieve (EAN). Valores aproximados a agosto del 2020.



Fuente: Elaboración propia con base en antecedentes de la DGA.

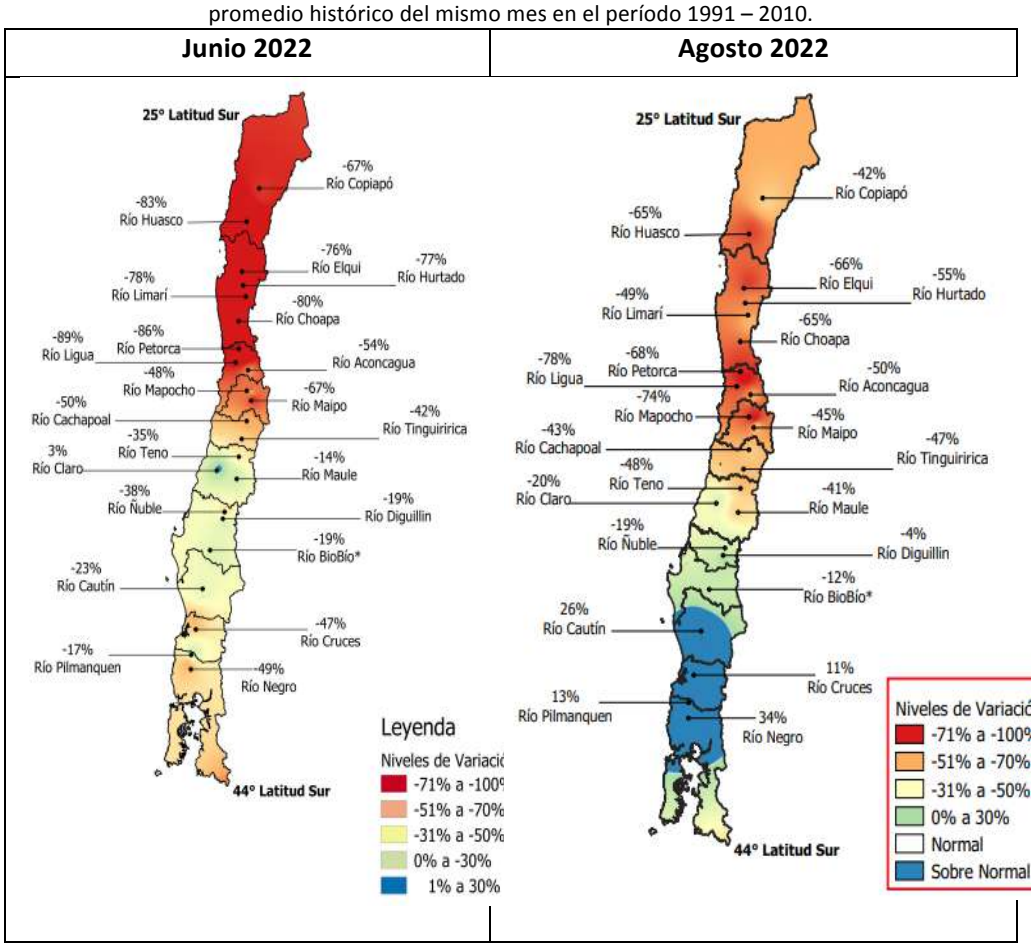
Figura 2.15. Equivalente Agua de Nieve (EAN). Valores aproximados a Agosto del 2010.



Fuente: Elaboración propia con base en antecedentes de la DGA.

Como consecuencia de los factores antes analizados, los caudales de los principales cursos de agua y sus cuencas se han reducido de manera sensible a pesar de la mejoría de la situación experimentada a partir del año 2021 a la fecha. Es el caso particularmente grave de los ríos Petorca (94% de disminución) en junio del 2022 y 68% en agosto del mismo año. Por su parte río La Ligua mejoró su situación en un 10% aproximadamente, pero sigue con un déficit del promedio histórico 1991 – 2020 para el mes de agosto pasó de presentar un déficit de 87% de disminución). Cabe destacar la mejoría que se aprecia desde Santiago al norte y del río Cautín al sur (**Ver Figura 2.16**).

Figura 2.16. Variación de los caudales para los meses de junio y agosto del 2022 respecto al promedio histórico del mismo mes en el período 1991 – 2010.

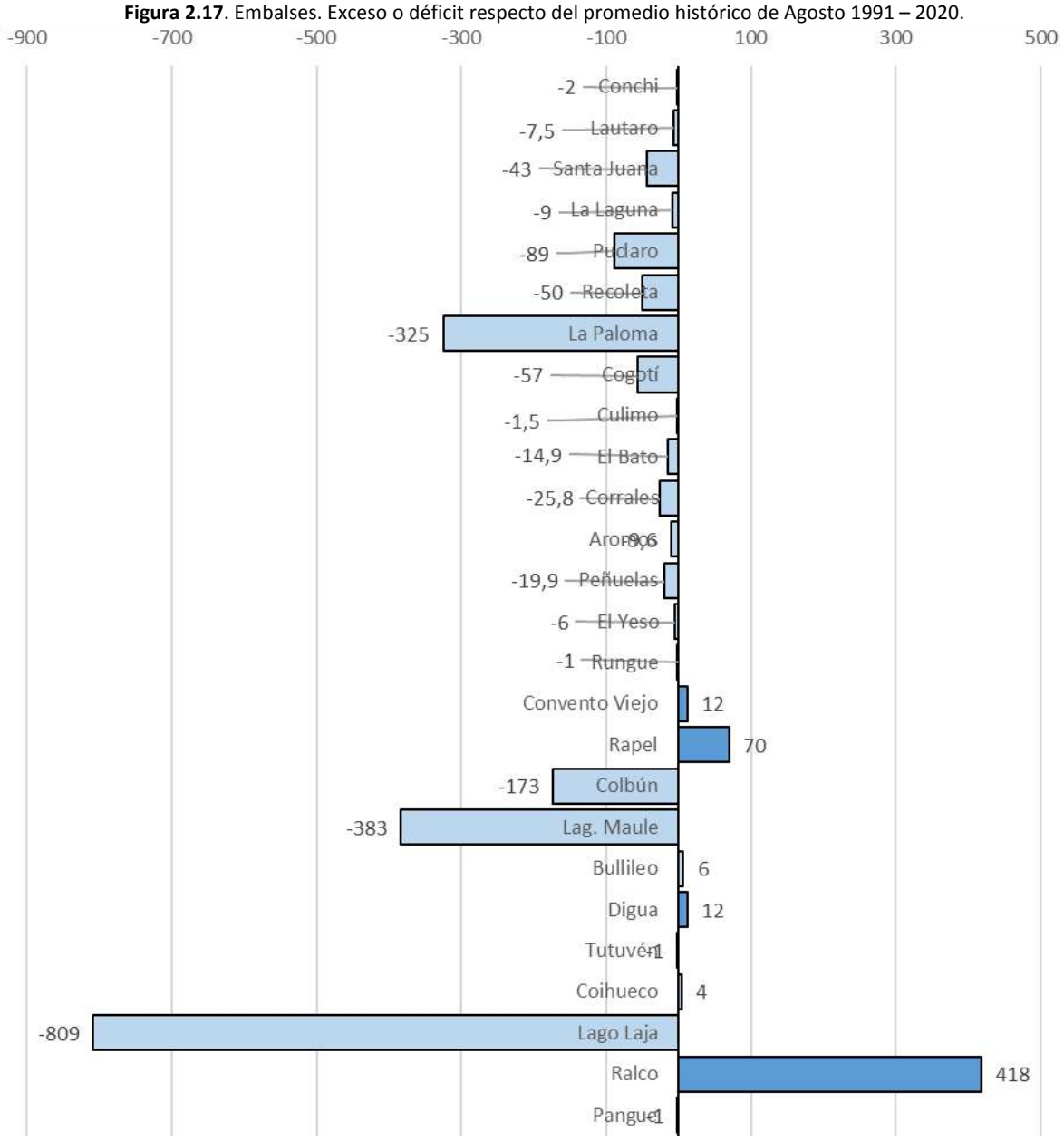


Fuente: Boletines de la DGA.

2.2.2.3. Embalses

En cuanto a los embalses, la situación es la siguiente (**Ver Figura 2.17**): las lluvias ocurridas desde el año pasado, han posibilitado una recuperación importante de los embalses a nivel nacional, pero pesar de ello, solo Ralco muestra un superávit significativo seguido de Rapel y en una situación ligeramente sobre el promedio histórico, están con menos cuantía, Digua, Bullileo y Convento Viejo. El resto muestra déficits destacando el Lago Laja, la Laguna del Maule, Colbún y la Paloma, es decir los embalses de mayor tamaño del país, localizados en el área donde se produce el déficit persistente de precipitaciones y donde se producen más de las tres cuartas partes del PIB silvoagropecuario nacional.

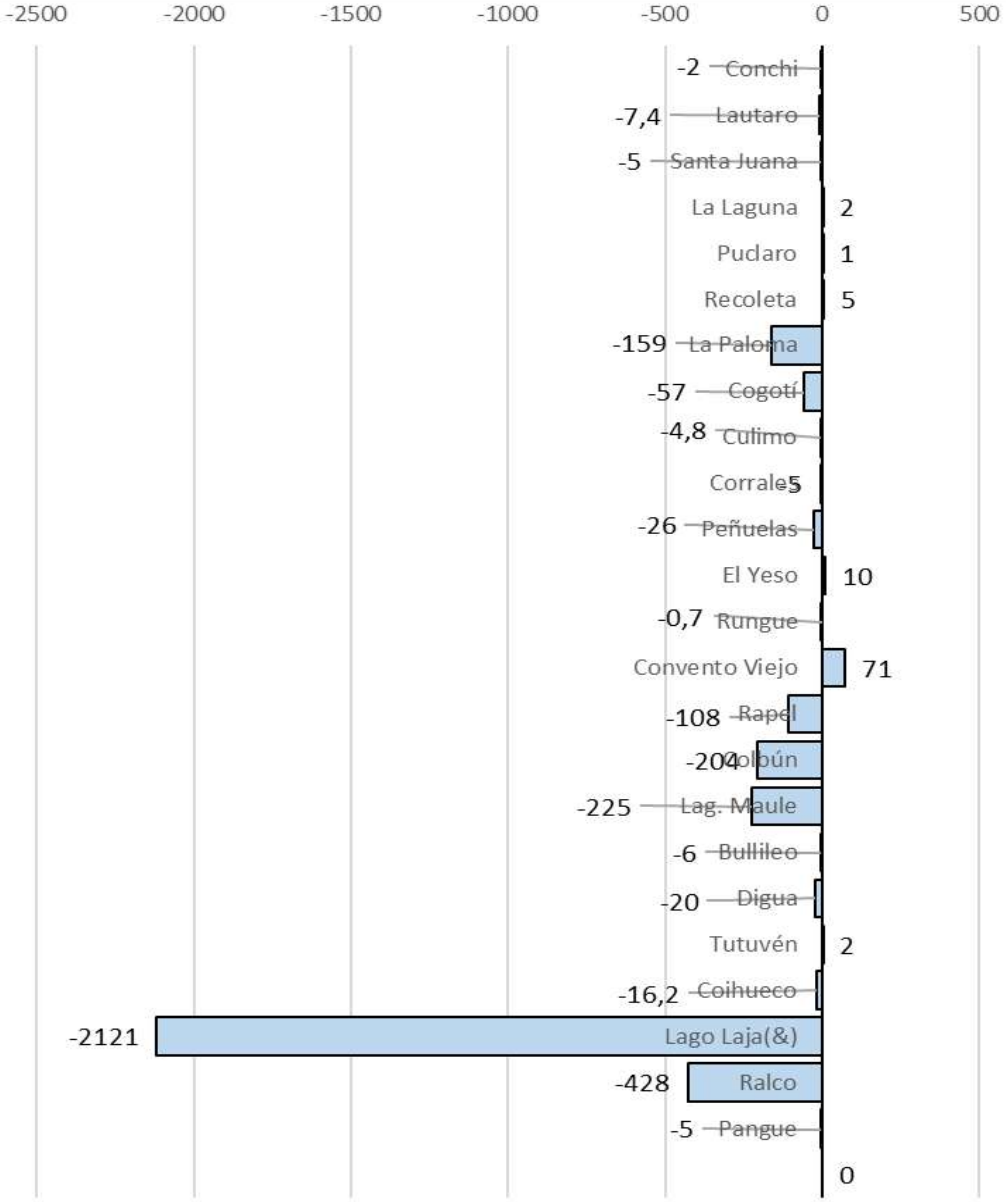
Figura 2.17. Embalses. Exceso o déficit respecto del promedio histórico de Agosto 1991 – 2020.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes del Boletín Hidrometeorológico mensual de la DGA.

Como punto de comparación se ha agregado la **Figura 2.18** que muestra la situación ocurrida en agosto del 2010. Como se puede apreciar, salvo en el caso de la Laguna del Laja, los déficits eran menores a los de agosto 2022, e igual cosa ocurría con los superávits.

Figura 2.18. Embalses. Exceso o déficit respecto del promedio histórico de agosto, año 2010.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de antecedentes del Boletín Hidrometeorológico mensual de la DGA.

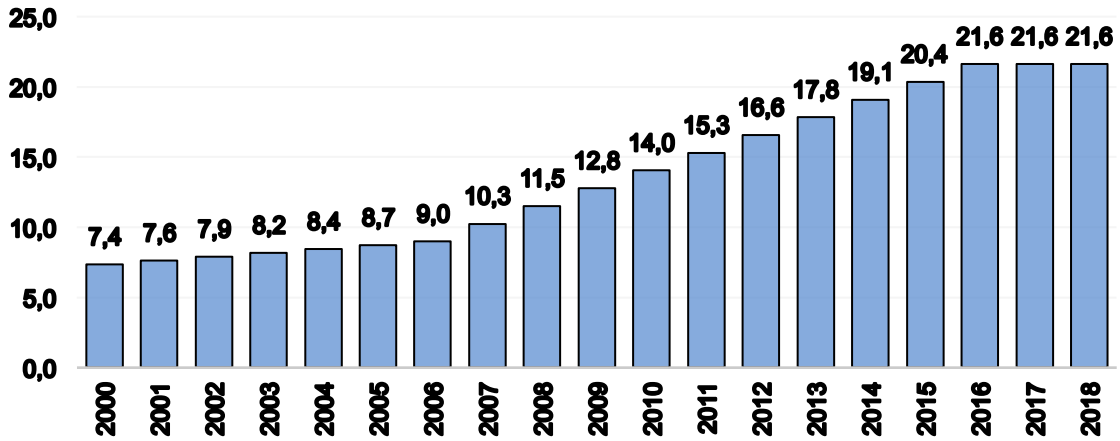
2.2.2.4. Estrés Hídrico

Como ya señaló al inicio de este documento, a nivel mundial se ha registrado en significativo incremento en las extracciones de agua, lo que incide directamente sobre el estrés hídrico. Esta medida que resulta de comparar las extracciones de aguas (superficiales y subterráneas), con la disponibilidad de aguas, revelan que cada año es mayor la extracción de aguas y que la disponibilidad disminuye, o en otras palabras, se sobrepasa la capacidad de recarga de los mantos acuíferos tanto subterráneos como superficiales.

Naciones Unidas ha implementado un mecanismo para dar seguimiento a los avances respecto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG), entre los cuales se encuentra el Objetivo 6, “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todas las personas”. Este Objetivo es monitoreado permanente a través del análisis del cumplimiento de metas a través de distintos indicadores acordados a este efecto. Uno de ellos es el estrés hídrico estimado como las extracciones de agua respecto del total de aguas disponibles. Las mediciones realizadas para este indicador (**Ver Figura 2.19**), muestra que la proporción de agua extraída viene aumentando sostenidamente en el tiempo como consecuencia del crecimiento económico, el desarrollo social y el aumento del consumo humano.

De otro lado la comparación de extracciones versus el agua disponible, muestra como es de esperar, un incremento similar.

Figura 2.19. Nivel de Estrés Hídrico. Extracciones como porcentaje del Agua disponible.



Fuente: Elaboración propia con base en United Nations World Water Assessment Programme. Sustainable goals. Goal 6, Meta 6.4, Indicador 6.4.2.

Por último, cabe destacar que el Instituto Internacional de los Recursos Naturales (World Resources Institute, WRI), viene desde algunos años estimado este indicador para prácticamente todos los países del mundo. Las estimaciones realizadas muestran que Chile tiene la situación más comprometida de toda América Latina ya que ocupa el octavo lugar del ranking de países más afectados por el estrés hídrico, entre 388 países del planeta (**Ver Cuadro 2.3**).

Cuadro 2.3. Ranking de países más afectados por Estrés Hídrico.

País	Score	Ranking	Categoría	Nivel	Región	Población (Millones)
Qatar	4,97	1	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	2,74
Israel	4,82	2	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	8,58
Líbano	4,82	3	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	6,07
Irán	4,57	4	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	82,82
Jordania	4,56	5	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	10,07
Libia	4,55	6	4	Extremadamente alta (>80%)	África	6,57
Kuwait	4,43	7	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	4,25
Arabia Saudita	4,35	8	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	34,14
Eritrea	4,33	9	4	Extremadamente alta (>80%)	África	5,31
Emiratos Árabes Unidos	4,26	10	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	9,68
San Marino	4,14	11	4	Extremadamente alta (>80%)	Europa	0,03
Barain	4,13	12	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	1,64
India	4,12	13	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	1368,74
Pakistán	4,05	14	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	204,60
Turkmenistán	4,04	15	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	5,94
Omán	4,04	16	4	Extremadamente alta (>80%)	Asia	5,00
Bo tswana	4,02	17	4	Extremadamente alta (>80%)	África	2,37
Chile	**3,98**	**18**	**3**	**Alta (40-80%)**	**A. Latina**	**18,34**

Fuente: World Resources Institute.

A nivel de regiones, en la plataforma diseñada por el WRI para estimar el índice de estrés hídrico, aparecen 13 de ellas con un ranking que va desde "Extremadamente Alto" a "Medio Alto" (**Ver Cuadro 2.4**)

Cuadro 2.4. Regiones de Chile. Riesgo de Estrés Hídrico, Puntaje, Ranking, Categoría y Nivel.

Región	Puntaje	Ranking	Categoría	Nivel
Magallanes y Antártica Chilena	5,00	1	4	Extremadamente alto (>80%)
Antofagasta	5,00	35	4	Extremadamente alto (>80%)
Atacama	5,00	43	4	Extremadamente alto (>80%)
Coquimbo	5,00	46	4	Extremadamente alto (>80%)
Valparaíso	4,95	83	4	Extremadamente alto (>80%)
Tarapacá	4,95	88	4	Extremadamente alto (>80%)
Libertador General B. O'Higgins	4,91	104	4	Extremadamente alto (>80%)
Región Metropolitana de Santiago	4,71	174	4	Extremadamente alto (>80%)
Maule	4,22	306	4	Extremadamente alto (>80%)
Arica y Parinacota	4,08	364	4	Extremadamente alto (>80%)
Ñuble	3,32	615	3	Alto (40-80%)
Bío-Bío	2,96	726	2	Medio - Alto (20-40%)
Araucanía	2,26	1049	2	Medio - Alto (20-40%)

Fuente: World Resources Institute.

Reforzando lo antes señalado, una investigación realizada recientemente[5] muestra que gran parte de las regiones del país presenta importantes niveles de degradación de las tierras juntamente con disminuciones importantes en las

[5] Morales Cesar, Cherlet Michael. Los hotspots de la degradación de las tierras en América Latina. Un estudio para 22 países. En proceso de publicación.

precipitaciones, fenómeno que se agudizará sensiblemente hacia los años 2050 y 2070.

2.2.2.5. Proyecciones

Un estudio en proceso de publicación[6], muestra las proyecciones de temperaturas y precipitaciones para los años 2070 y 2050 a nivel de municipios. Estas proyecciones corresponden uno de los tantos modelos desarrollados en el contexto del Panel Internacional de Expertos (IPCC) que apoya las actividades de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático.

El **Cuadro 2.5**. muestra las regiones de Chile con las regiones y las comunas más afectadas simultáneamente por problemas importantes de degradación de la tierra y aumentos de temperaturas con disminución de las precipitaciones. En rojo las temperaturas proyectadas que sobrepasan los 1,5^{0}C promedios acordados como límite en el marco del Acuerdo de París del 2015.

Cuadro 2.5. Chile; Comunas, Población y superficie seriamente degradadas y proyecciones de temperaturas y precipitaciones al 2050 y 2070.

Regiones	Comunas	Población	Superficie (km^2)	Δ T° 2050	Δ T° 2070	¯Δ Ppt 2050	¯Δ Ppt 2070
Antofagasta	4	618.094	62.165	1,8	2,1	-5	-0,1
Arica Parinacota	1	2.515	5.903	2,1	2,4	-13	-21,9
Atacama	5	225.591	57.142	1,6	1,7	-8,7	-15,4
Coquimbo	12	798.804	34.767	1,4	1,6	-12,8	-27,8
O'Higgins	26	791.943	8.489	1,3	1,4	-13,5	-20,9
RM	33	6.001.923	3.492	1,3	1,5	-13,7	-18,2
Tarapacá	5	209.664	40.362	2	2,3	-7,3	-10,7
Valparaíso	35	1.940.302	13.667	1,3	1,4	-12,9	-23,3
Total	**121**	**10.588.836**	**225.986**	**1,6**	**1,8**	**-10,9**	**-17,3**

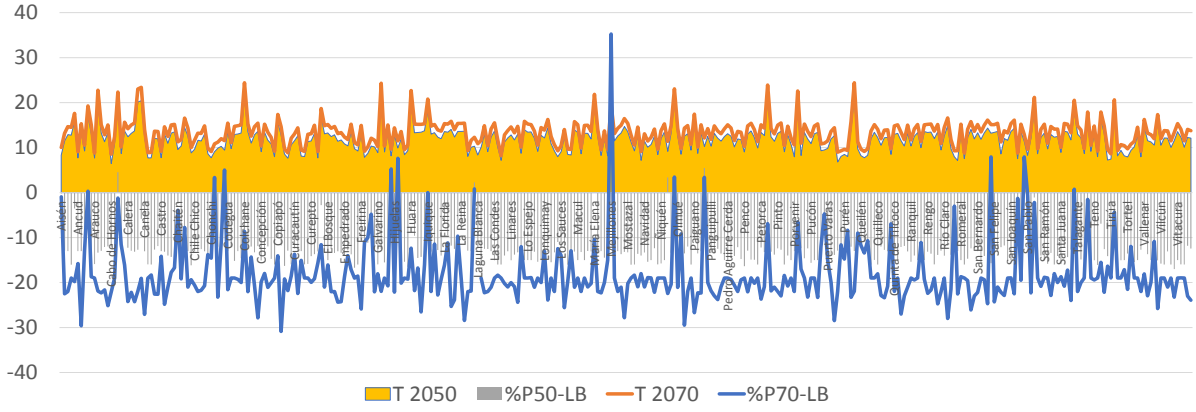
Fuente: Elaboración propia con base en los datos y proyecciones del Modelo de Circulación General Miroc.
Notas: En rojo las temperaturas que igualan o superan los 1,5 ^{o}C y las disminuciones de precipitaciones promedios proyectadas a los años 2050 y 2070.

La misma investigación antes mencionada, muestra que, en el año 2050, solo 33 Comunas (de un total de 346), experimentarán aumentos pequeños de sus precipitaciones. En las 313 Comunas restantes, éstas disminuirán. En el año 2070 solo 13 comunas experimentarán ligeros aumentos de sus precipitaciones y en las 333 comunas restantes disminuirán.

La **Figura 2.20** ilustra acerca de las comunas que se verán afectadas por las disminuciones y los aumentos de temperaturas en los años 2050 y 2070 de acuerdo a las proyecciones realizadas. De materializarse dichas proyecciones, agravarán aún más la situación de crisis con la disponibilidad de aguas.

[6] C. Morales y M. Cherlet Los Hot spots de la degradación de las tierras en 22 países de América Latina y Caribe. Cesar Morales, Michael Cherlet et. al. 2022.

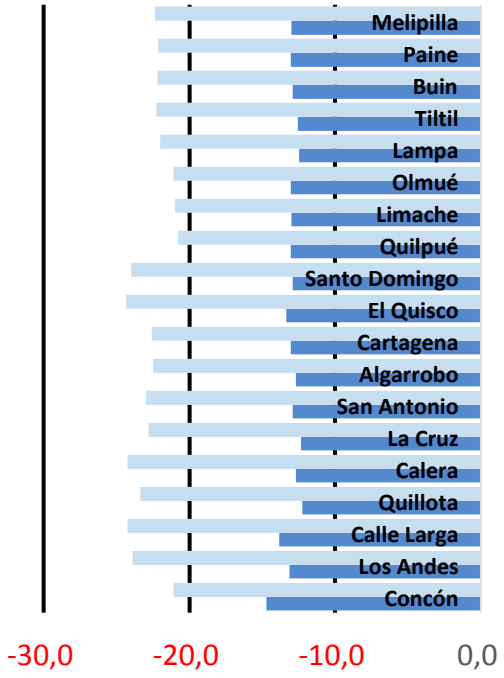
Figura 2.20. Comunas de Chile. Temperaturas (°C x 10) y Precipitaciones (LB – Ppt 2050 y 2070).



Fuente: Elaboración propia con base en las proyecciones del Modelo de Circulación General, Miroc.

En la **Figura 2.21** se muestra el listado de los Municipios que serán más afectados por la disminución de precipitaciones.

Figura 2.21. Chile. Los Municipios que se verán más afectados por la reducción de precipitaciones a los años 2050 y 2070.



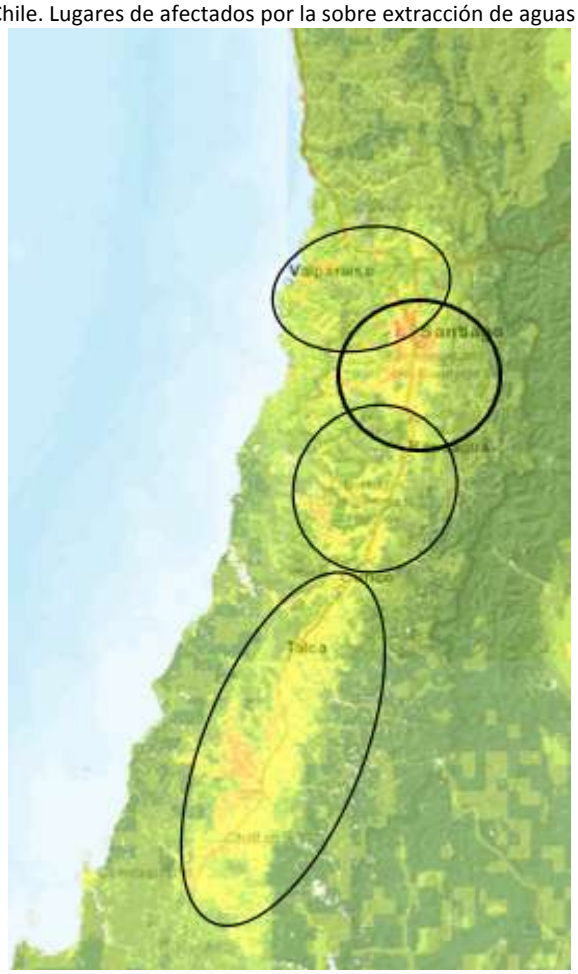
Fuente: Elaboración propia con base en las proyecciones del Modelo de Circulación General, Miroc**.**

Subsidencia de las Tierras por exceso de extracciones. Una consecuencia del exceso de extracciones de agua subterráneas es lo que se conoce como subsidencia de las tierras, es decir el hundimiento de este. Este fenómeno que ha adquirido dimensiones importantes en partes de India y China en el Asia, también

se expresa de manera importante en algunos estados de los Estados Unidos, como por ejemplo California y los Estados sobre el gran acuífero de Ogallala.

En América Latina aparecen indicios importantes de subsidencia en regiones de Brasil, Paraguay, y norte del Perú entre otros. En el caso de Chile, tal como lo muestra la **Figura 2.22**, la sobre extracción de aguas subterráneas ya empieza a manifestarse en la Región Metropolitana y en las regiones de Valparaíso, del Libertador B. O´Higgins, Maule, Ñuble e incluso Biobío.

Figura 2.22. Chile. Lugares de afectados por la sobre extracción de aguas subterráneas.



Fuente: UNESCO. Programa Hidrológico Mundial. Land Subsidence International Initiative (LaSII), Grupo Español de Trabajo en Subsidencia del Terreno. Universidad de Alicante.

2.2.2.6. Los Balances Hídricos Nacionales

La Dirección General de Aguas (DGA) encarga periódicamente a centros universitarios especializados de excelencia, la realización de Balances Hídricos a nivel nacional y regional y estudios sobre la disponibilidad y demanda de agua, también a nivel nacional y regional y en ocasiones para determinadas cuencas y localidades.

El estudio titulado "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile" realizado por la Universidad de Chile y entregado durante el año 2017 compara sus propias estimaciones con las de otros estudios similares y con la información contenida en el Atlas del Agua aporta información valiosa sobre las demandas de agua consuntiva y no consuntiva[7], por sectores de uso a nivel regional y nacional.

De acuerdo con los resultados obtenidos (**Ver Figura 2.23**), el país tiene una demanda de aguas consuntivas de casi 11 millones de metros cúbicos por año (3%), la de aguas no consuntivas, ascienden a 154.7 millones de m^3 anuales (41%) y las de evapotranspiración, a 214.286.688 m^3 por año (56%). En total, usos consuntivos, no consuntivos y por evapotranspiración, llegan a un total global de casi 380 millones de m^3 anuales.

Figura 2.23. Estimación de demandas de aguas consuntivas, no consuntivas y evapotranspirativas.



Fuente: Elaboración propia con base a "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile".

Lo anterior permite poner de relieve la enorme importancia de la evapotranspiración, proceso que aumenta en la medida que suben las temperaturas por efecto del cambio climático.

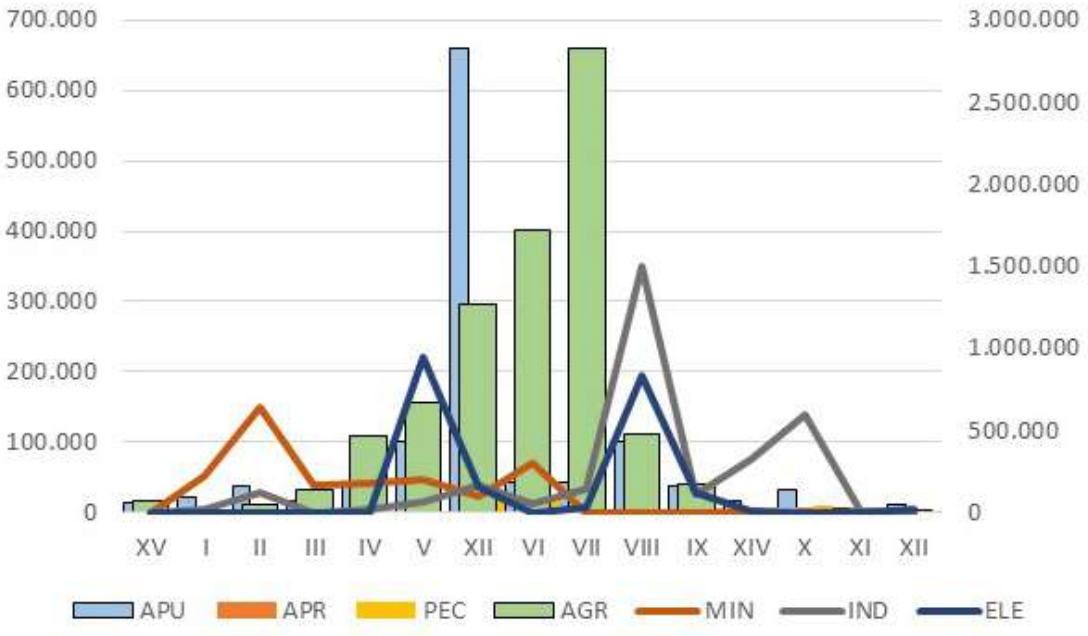
En cuanto a la demanda consuntiva, la agricultura, es responsable del 72,3% del total. La región que más demanda, es la del Maule, seguida por la Metropolitana y la región del L. B. O´Higgins. El segundo sector de consumo en importancia es el

[7] Demanda consuntiva por el agua. Se refiere a aquella agua que se utiliza e incorpora la producto final. La demanda no consuntiva se refiere a aquella que usa el agua y se devuelve al caudal.

agua potable urbana, donde la región Metropolitana incide fuertemente con casi el 60% del total.

La **Figura 2.24** ilustra estos hechos con las magnitudes en cifras para los consumos registrados para cada sector en cada región, lo que se puede examinar en detalle en el **Cuadro 2.6**.

Figura 2.24. Demandas Consuntivas de agua por sectores de uso.



Fuente: Elaboración propia con base a "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile".
Notas: APU: Agua Potable Urbana; APR: Sistema de Agua Potable Rural; PEC: Pecuaria; AGR: Agricultura; MIN: Minería; IND: Industria; ELE: Electricidad.

Cuadro 2.6. Resumen de Demanda Actual por Región y por Uso.

	DEMANDA CONSUNTIVA 2015 (Mm^3/año)							
Nombre	APU	APR	AGRiC.	PECUARIA	MINERIA	INDUSTR.	ELECTRIC	TOTAL
Arica Parinacota	12.926	604	73.010	330	571	195	0	87.635
Tarapacá	21.698	337	17.087	106	51.534	4.387	0	95.149
Antofagasta	38.705	481	46.230	102	151.072	29.563	0	266.153
Atacama	17.005	689	140.215	239	39.950	15	0	198.114
Coquimbo	39.496	6.214	462.090	1.470	41.967	4.742	0	555.979
Valparaíso	102.003	10.766	672.337	3.378	47.571	16.554	221.370	1.073.979
Metropolitana	659.893	11.570	1.269.824	18.226	23.442	38.468	37.166	2.058.589
O'Higgins	43.074	28.524	1.723.417	17.479	70.721	12.276	66	1.895.558
Maule	41.848	17.389	2.822.598	4.342	1	33.304	7.709	2.927.192
Biobío	100.744	12.189	475.978	2.117	31	350.470	194.400	1.135.928
Araucanía	38.322	6.742	172.483	6.195	0	25.822	27.910	277.474
Los Ríos	16.118	7.316	5.457	7.201	0	75.491	2.640	114.223
Los Lagos	31.235	7.349	2.613	9.457	0	137.943	0	188.597
Aysén	5.388	1.332	734	1.337	2.846	1.018	0	12.656
Magallanes	10.756	184	2.096	3.157	591	603	4.120	21.506
TOTAL	**1.179.209**	**111.684**	**7.886.169**	**75.136**	**430.296**	**730.853**	**495.382**	**10.908.731**

Fuente: Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile

Notas: APU: Agua Potable Urbana; APR: Agua potable rural; AGR: Agricultura; PEC: Pecuaria; MIN: Minería; IND: Industria; ELE: Electricidad.

En cuanto a los usos no consuntivos (**Ver Cuadro 2.7**), estos ascienden a 154,7 millones de metros cúbicos, y la acuicultura es el principal sector demandante por sobre el de energía.

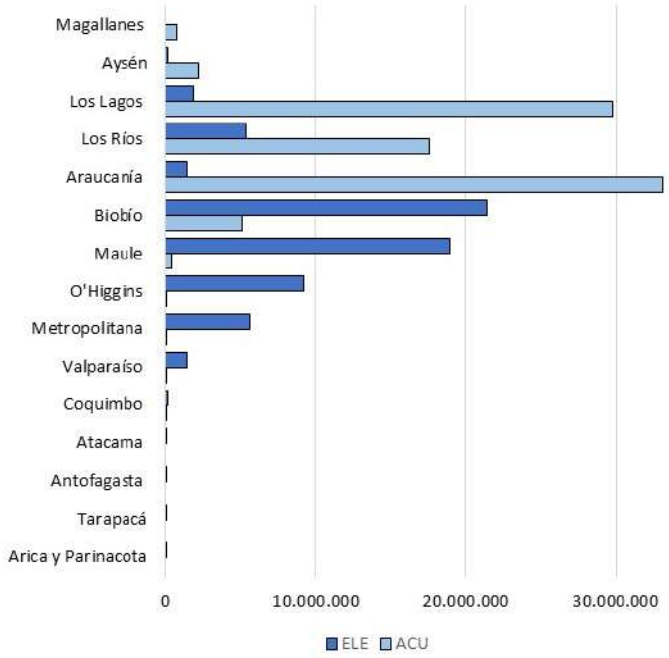
Cuadro 2.7. Demanda No Consuntiva y Evapotranspirativa.

	DEMANDA NO CONSUNTIVA 2015 (Mm^3/año)			**DEMANDA EVAPOTRANSPIRATIVA 2015 (Mm^3/año)**			
Nombre	ACU	ELE	TOTAL	AGR (S)	FOR (P)	FOR (NP)	TOTAL
Arica Parinacota	0	16.170	16.170	953.583	37	155.874	1.109.494
Tarapacá	0	39.210	39.210	3.010.893	967	108.432	3.120.292
Antofagasta	0	5.397	5.397	4.879.423	1.347	372.537	5.253.307
Atacama	0	89.266	89.266	1.475.180	1.066	18.377	1.494.622
Coquimbo	154	189.100	189.254	25.783.317	29.543	343.960	26.156.819
Valparaíso	189	1.473.620	1.473.809	2.391.439	216.288	1.234.678	3.842.405
Metropolitana	65.183	5.603.549	5.668.732	1.766.563	93.598	463.098	2.323.259
O'Higgins	53	9.195.100	9.195.153	3.194.485	808.710	1.355.813	5.359.008
Maule	389.865	18.959.984	19.349.849	7.895.969	4.387.938	2.169.888	14.453.795
Biobío	5.110.805	21.389.400	26.500.204	4.449.759	11.981.592	5.545.127	21.976.479
Araucanía	33.172.215	1.452.633	34.624.848	6.310.715	6.468.147	6.484.530	19.263.391
Los Ríos	17.562.074	5.354.550	22.916.624	2.817.629	2.728.687	9.505.204	15.051.520
Los Lagos	29.762.343	1.833.760	31.596.103	3.991.134	1.013.204	23.477.681	28.482.019
Aysén	2.192.689	145.787	2.338.476	3.901.948	351.464	23.289.656	27.543.068
Magallanes	759.968	0	759.968	15.612.469	82	3.244.661	38.857.212
TOTAL	**89.015.537**	**65.747.526**	**154.763.063**	**88.434.504**	**28.082.668**	**97.769.515**	**214.286.688**

Fuente: Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.

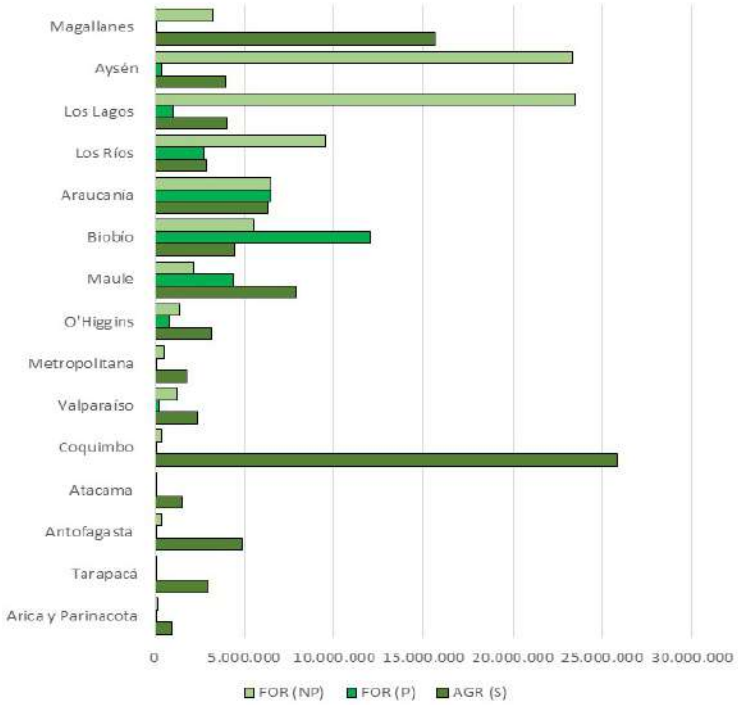
Tal como se aprecia en la **Figura 2.25** la región que más demanda usos no consuntivos por electricidad, es la región del Bío Bío, seguida por la región del Maule y O'Higgins. Finalmente, la demanda por concepto de la evapotranspiración, llegan a los 214.3 millones de m^3 y el subsector de demanda Forestal No Productivo, es el más importante (**Ver Figura 2.26**).

Figura 2.25. Demandas no consuntivas por regiones.



Fuente: Elaboración propia con base en Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.

Figura 2.26. Demandas por Evapotranspiración.



Fuente: Elaboración propia con base en Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.

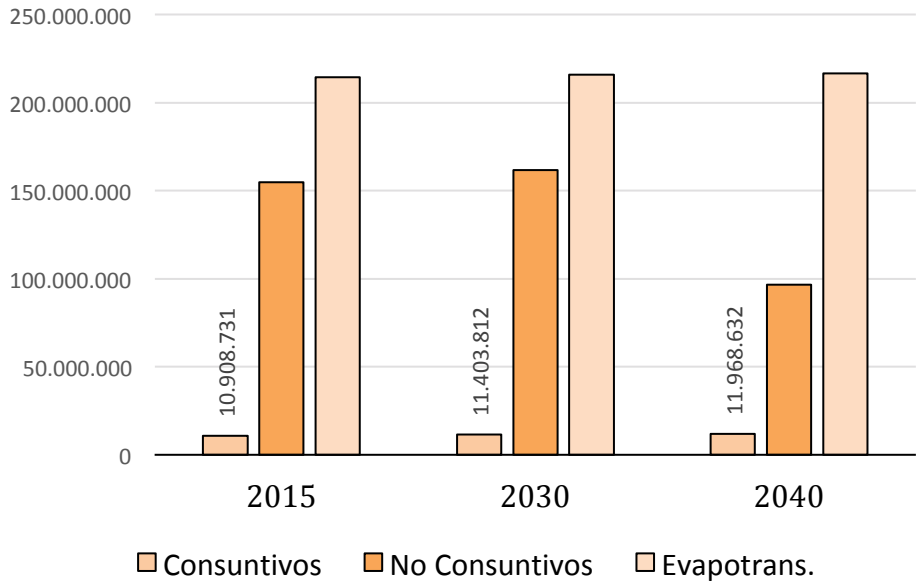
Proyecciones de las demandas por usos consuntivos, no consuntivos y evapotranspirativos.

El estudio proyecta la demanda para los usos consuntivos, no consuntivos y los derivados de la evapotranspiración, a los años 2030 y 2040, desagregando por sectores de consumo (**Ver Figura 2.27 y Cuadro 2.8**). Los resultados obtenidos indican que en términos globales crecen ligeramente las demandas consuntivas, disminuyen las no consuntivas y prácticamente se mantienen las demandas evapotranspirativas.

La principal razón tras la disminución de las demandas no consuntivas radica en la caída de la demanda futura derivadas de las actividades acuícolas y en una proporción bastante menor, por la disminución de la producción de hidroelectricidad.

Como es de esperar, las demandas evapotranspirativas se mantienen sin cambios destacables. El **Cuadro 2.9**, ilustra esta situación.

Figura 2.27. Evolución de las demandas consuntivas, No Consuntivas y Evapotranspirativas desde el año 2015 al 2030 y 2040. Cifras en Millones de m^3.



Fuente: Elaboración propia con base a Elaboración propia con base en Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.

Cuadro 2.8. Demandas No consuntivas futuras. Años 2030 y 2040. Cifras en millones de m^3.

	ACU		**ELECTRICIDAD**		**TOTAL**	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
XV	0	0	18.518	14.951	18.518	14.951
I	4.240	5.063	33.499	32.026	37.739	37.089
II	0	0	8.353	8.790	8.353	8.790
III	0	0	198.717	198.717	198.717	198.717
IV	556	211	214.735	229.268	215.290	229.479
V	853	248	1.166.331	878.372	1.167.184	878.620
XIII	4.908.972	1.165.658	5.487.195	4.780.766	10.396.166	5.946.423
VI	6	2	8.158.524	8.280.484	8.158.530	8.280.486
VII	3.090.439	869.194	11.464.061	6.972.880	14.554.500	7.842.074
VIII	4.060.730	1.144.837	39.215.317	39.592.590	43.276.046	40.737.428
IX	24.956.169	6.969.446	1.352.134	1.339.998	26.308.303	8.309.444
XIV	15.946.380	4.549.375	8.298.976	8.876.417	24.245.356	13.425.792
X	28.519.225	8.065.092	2.351.256	1.915.030	30.870.481	9.980.123
XI	1.753.138	408.433	211.277	92.206	1.964.415	500.639
XII	375.423	117.707	0	0	375.423	117.707
TOTAL	**83.616.129**	**23.295.265**	**78.178.893**	**73.212.496**	**161.795.022**	**96.507.761**

Fuente: Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.

Cuadro 2.9. Demandas Evapotranspirativas. Años 2030 y 2040. Cifras en Millones de m^3.

	DEMANDA EVAPOTRANSPIRATIVA FUTURA (Mm^3/año)							
	SECANO		FORESTAL (PLANT)		FORESTAL (N PLANT.)		TOTAL	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040
XV	793.988	656.071	43	48	155.897	155.899	949.929	812.018
I	3.204.009	3.206.686	968	969	108.432	108.432	3.313.410	3.316.087
II	5.282.348	5.281.119	1.374	1.376	372.550	372.551	5.656.272	5.655.045
III	1.439.161	1.425.431	1.140	1.144	18.371	18.373	1.458.672	1.444.948
IV	25.666.796	25.166.147	34.288	36.654	339.922	339.965	26.041.006	25.542.766
V	1.995.507	2.056.135	225.433	231.639	1.226.185	1.226.226	3.447.126	3.514.000
XIII	1.647.144	1.708.810	103.210	108.008	459.109	460.108	2.209.463	2.276.925
VI	2.971.641	2.899.717	923.966	1.111.055	1.276.031	1.275.961	5.171.637	5.286.733
VII	8.194.768	8.326.177	4.673.593	4.489.755	2.090.464	2.486.977	14.958.825	15.302.910
VIII	4.099.545	3.956.278	12.264.590	12.675.364	5.480.044	5.449.901	21.844.179	22.081.543
IX	6.183.248	6.057.093	6.536.371	6.667.595	6.480.569	6.468.150	19.200.189	19.192.838
XIV	2.562.477	2.464.736	2.846.535	2.931.660	9.499.435	9.495.089	14.908.447	14.891.485
X	3.845.313	3.819.426	1.093.247	1.150.092	23.475.049	23.473.294	28.413.609	28.442.812
XI	4.162.388	4.255.046	360.963	367.771	23.289.656	23.289.656	27.813.007	27.912.473
XII	17.358.297	17.553.385	95	105	23.244.691	23.244.711	40.603.083	40.798.200
TOTAL	**89.406.631**	**88.832.258**	**29.065.815**	**29.773.233**	**97.516.407**	**97.865.293**	**215.988.853**	**216.470.784**

Fuente: Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.

En el año 2019 se publicó un nuevo informe encargado por la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas a la Universidad de Chile, "Aplicación de la metodología de actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de la Macrozona Sur y parte norte de la Macrozona Austral". Este trabajo tuvo como objetivo determinar el balance hídrico en cuencas hidrográficas que se encuentren ubicadas entre la región del Biobío y parte norte de la región de Aysén. Específicamente, las cuencas en estudio corresponden a las ubicadas entre la cuenca del río Itata (Código BNA[8] 081) al norte, y las cuencas costeras e Islas entre río Palena y Río Aysén2 (código BNA 1101) y cuenca Archipiélagos de las Guaitecas y de los Chonos (código BNA 1102), al sur.

Este polígono incluye la cuenca del río Cisnes, el cual abarca prácticamente la totalidad del polígono. Para simplificar la referencia, se llamará el polígono BNA 1101 cómo "río Cisnes". Para cumplir el objetivo principal, se utilizó la metodología desarrollada en el estudio denominado "Actualización del Balance Hídrico Nacional" DGA (2017), y las modificaciones y mejoras desarrolladas en el

[8] Banco Nacional de Aguas (BNA), es un sistema que almacena toda la información de la red hidrométrica nacional y que se originó para definir las cuencas en el país. Por ello se denominan en términos informales como "Cuencas BNA".

estudio denominado "Aplicación de La Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de la Macrozona Norte y Centro" (DGA, 2018).

El estudio confirma las tendencias generales que muestran otros trabajos anteriores realizados por la propia Universidad de Chile y por la Pontificia Universidad Católica de Chile y por algunas consultoras especializadas. En cuanto a la disminución de caudales y escorrentías, no así de la evapotranspiración.

Cada nuevo estudio ha permitido testear las metodologías y seleccionar sus componentes más confiables, lo que se puede advertir también en el enunciado de los objetivos específicos de este estudio, cuáles son los siguientes:

> *"1. Recopilar datos hidrometeorológicos complementarios a los obtenidos en el estudio anterior (DGA, 2018). Esta recopilación se aplica a las cuencas de las macrozonas sur y parte norte de la austral antes mencionadas, y tiene por objeto mejorar la estimación del balance.*
>
> *2. Realizar una estimación del balance hídrico a nivel de cuenca en función de las condiciones geográficas, climáticas y datos hidrometeorológicos disponibles. Para esto, se debe utilizar la metodología desarrollada en el estudio denominado "Actualización del Balance Hídrico Nacional" (DGA, 2017), la cual debe ser adaptada para las cuencas consideradas en el presente estudio.*
>
> *3. Realizar estimaciones del balance hídrico a nivel de cuenca en función de proyecciones climáticas de las variables de entrada, considerando como horizonte los años 2030, 2040 y 2050.*
>
> *4. Elaborar un proyecto SIG (Sistema de Información Geográfica) que permita la presentación y despliegue de las distintas componentes del balance, con su distribución espacial y temporal".*

En el **Cuadro 2.10** se exponen las variaciones experimentadas por las principales variables componentes del Balance Hídrico desarrollados en estudios anteriores, esta vez para 11 cuencas de la zona antes señalada, en la coinciden las clasificaciones BNA y DARH[9] . Las variables en cuestión son las precipitaciones, la escorrentía y la evapotranspiración.

[9] DARH, Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA).

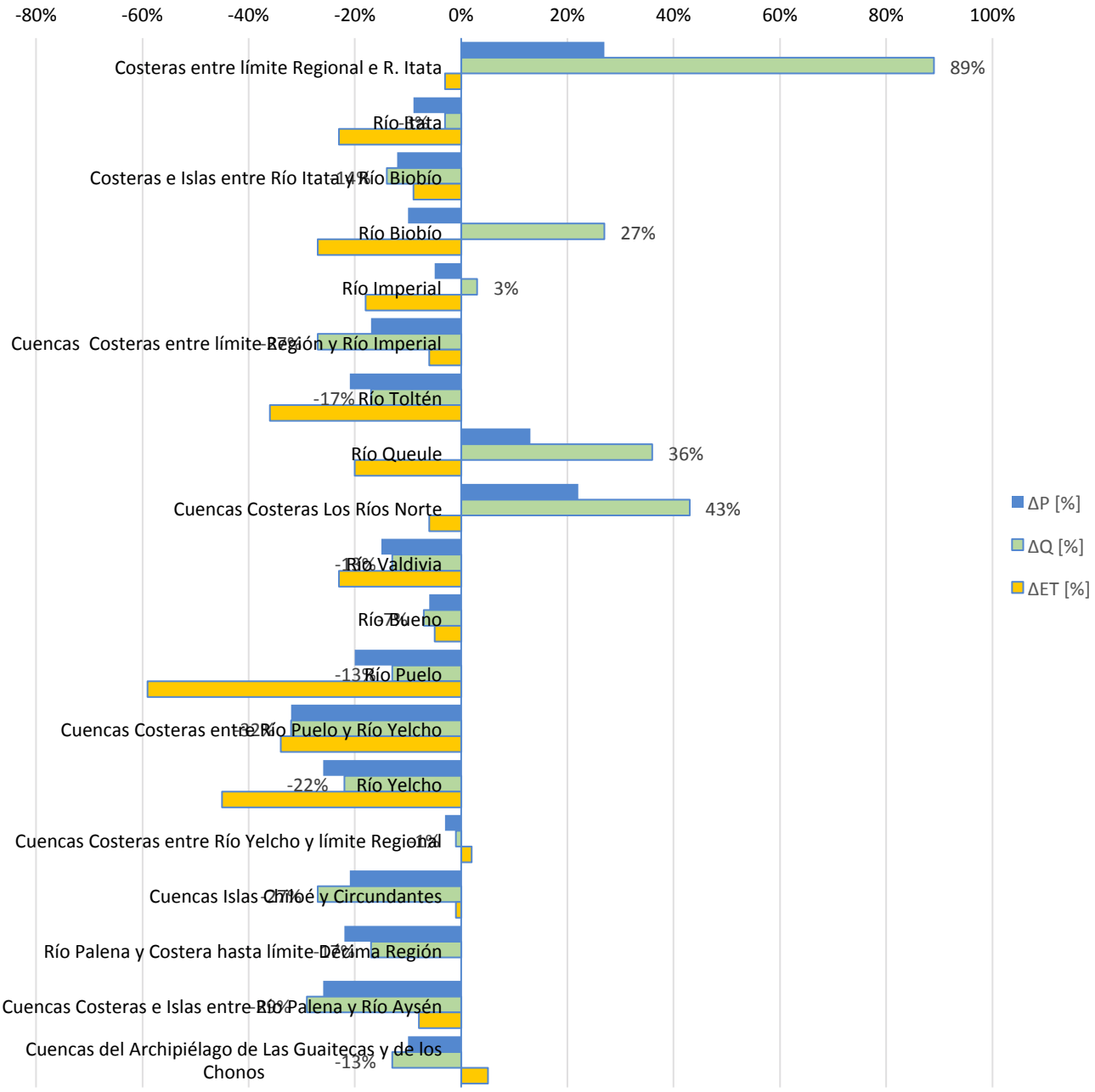
Cuadro 2.10. Variaciones de distintas componentes del balance hídrico el periodo (1985-2015) y periodo (1955-1985).

DARH	Nombre	ΔP [mm]	ΔQ [mm]	ΔET [mm]	ΔP [%]	ΔQ [%]	ΔET [%]
800	Costeras entre límite Regional e R. Itata	214,9	230,8	-15,5	27%	89%	-3%
801	Río Itata	-136,6	-31,2	-133,4	-9%	-3%	-23%
802	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	-139	-76,7	-61,5	-12%	-14%	-9%
803	Río Biobío	-181,1	273,3	-164	-10%	27%	-27%
900	Río Imperial	-76,2	27,1	-106,4	-5%	-3%	18%
901	Cuencas Costeras entre límite Región y Río Imperial	-315,4	-333,4	-35,8	-17%	-27%	-6%
903	Río Toltén	-609,5	-398,1	-214,5	-21%	-17%	-36%
904	Río Queule	196,4	323,1	-126,2	13%	36%	-20%
1400	Cuencas Costeras Los Ríos Norte	342,3	381,3	-38,8	22%	43%	-6%
1401	Río Valdivia	-394,3	-278,3	-136,3	-15%	-13%	-23%
1403	Río Bueno	-145,4	-132,9	-27,1	-6%	-7%	-5%
1006	Río Puelo	-602,1	-339	-269,5	-20%	-13%	-59%
1007	Cuencas Costeras entre Río Puelo y Río Yelcho	-1566,5	-1397,8	-174,5	-32%	-32%	-34%
1008	Río Yelcho	-759	-557,8	-183,7	-26%	-22%	-45%
1009	Cuencas Costeras entre Río Yelcho y límite Regional	-95,7	-24,7	7,4	-3%	-1%	2%
1010	Cuencas Islas Chiloé y Circundantes	-520,5	-514,7	-3,1	-21%	-27%	-1%
1100	Río Palena y Costera hasta límite Décima Región	-557,8	-368,6 -	191,5	-22%	-17% -	43%
1101	Cuencas Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén	-939	-914,9	-33,02	-26%	-29%	-8%
1102	Cuencas del Archipiélago de Las Guaitecas y de los Chonos	-269,7	-291,9	25,8	-10%	-13%	5%

Fuente: Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de la macrozona sur y parte norte de la macrozona austral. DGA – MOP Universidad de Chile 2019.

Los Déficits y Superávits de las tres variables antes indicadas, expresados como porciento, se observan en la **Figura 2.28**.

Figura 2.28. Comparación principales componentes del balance hídrico en zona de estudio para las cuencas donde se encontró equivalencia entre códigos del Banco Nacional de Aguas BNA y el Departamento Administración de Recursos Hídricos (DARH).



Fuente: Elaboración propia con base en Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de la macrozona sur y parte norte de la macrozona austral. DGA – MOP Universidad de Chile 2019

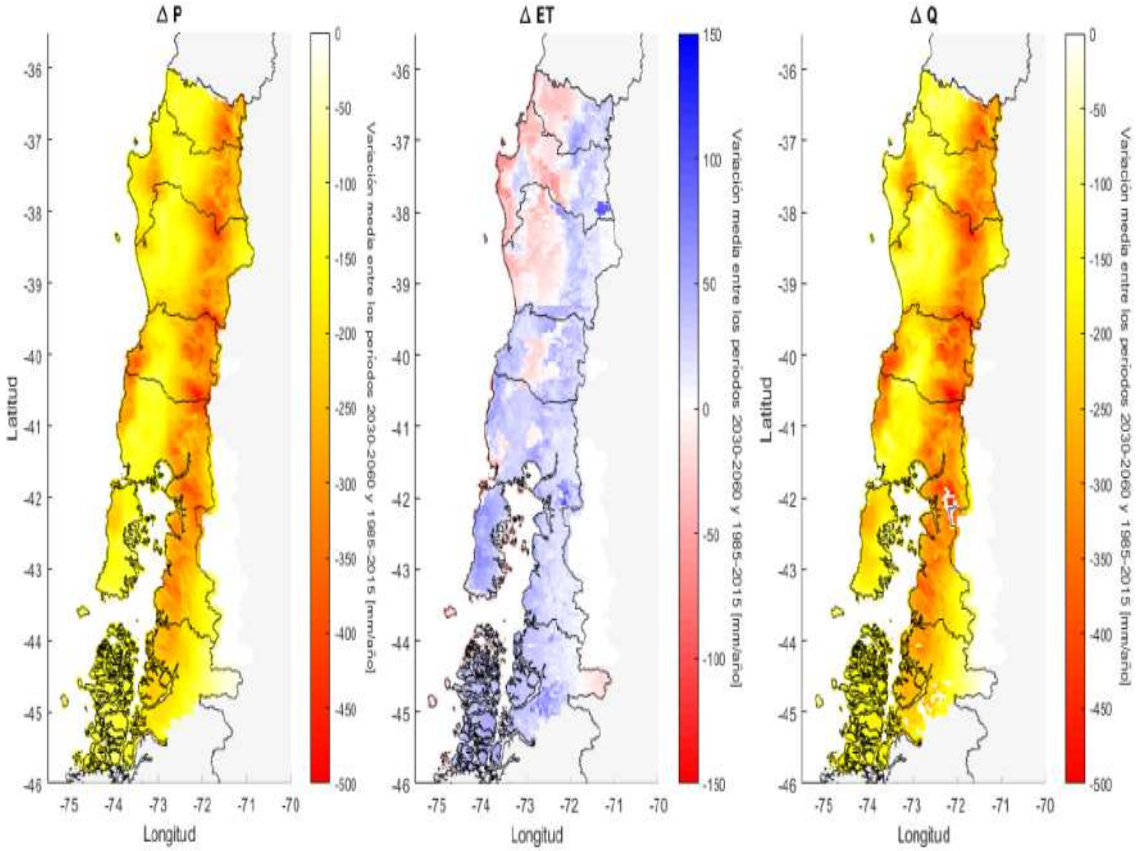
Notas: ΔP = Variación en las Precipitaciones; ΔQ = Variación en la Escorrentía; ΔET = Variaciones en la Evapotranspiració

2.2.2.7. Análisis considerando cambio climático

En el estudio se comparó el período abril abr/2030-mar/2060 con abr/1985-mar/2015, promediando cuatro modelos (MCG) utilizados para hacer

proyecciones, obteniéndose como resultado una reducción generalizada de la precipitación en toda la zona de estudio, tal como se aprecia en la **Figura 2.29**. Esta reducción provoca, en todas las cuencas y para todos los Modelos utilizados, una reducción en la escorrentía, no así de la evapotranspiración. Esta última variable tiene un comportamiento variable según la cuenca que se analice.

Figura 2.29. Variación promedio entre los cuatro Modelos de Circulación General (GCMs) seleccionados para los flujos de precipitación (panel izquierdo), evapotranspiración (panel central) y escorrentía (panel derecho). Los periodos de comparación corresponden a abr/2030-mar/2060 y abr/1985-mar/2015.



Fuente: Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de la macrozona sur y parte norte de la macrozona austral. DGA – MOP Universidad de Chile 2019.

Los modelos de Circulación General (GCM) utilizados para la comparación, las instituciones que los generaron y los criterios por los cuales fueron seleccionados, aparecen a continuación.

Cuadro 2.11. Modelos de Circulación General utilizados en el estudio.

Modelo	Institución	Sensibilidad climática
CSIRO-MK3-6-0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence, Australia	Baja Extrema
CCSM4	National Center for Atmospheric Research, USA	Baja moderada
MIROC-ESM	Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (University of Tokyo), and National Institute for Environmental Studies, Japan.	Alta moderada
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace, France	Alta extrema

Los criterios para elegir estos modelos se basan en un conjunto de criterios, descritos con mayor detalle en DGA (2017) y consideran i) Respuesta regional a modos globales de variabilidad climática ii) Sensibilidad climática iii) Cambios regionales.

Otro estudio realizado también por la Universidad de Chile el área de Hidrología del Departamento de Ingeniería Civil analizó 174 cuencas para actualizar el Balance Hídrico Nacional terminado en el 2020 pero aún no publicado, fue presentado por sus autores a los medios de comunicación a fines del año 2020 y en el transcurso del 2019. Los principales hallazgos de este trabajo son los siguientes: Hacia el año 2060 se proyecta una situación de escasez de agua de hasta un 50% para algunas regiones del país. Para el período 2030-2060, la disponibilidad de agua en el norte y centro de Chile podría disminuir a la mitad y para otras zonas, las cifras tampoco son muy alentadoras.

A nivel de Macrozonas, la situación se caracterizaría por lo siguiente:

Zona Norte y Centro de Chile. En las últimas tres décadas los caudales de las cuencas del Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito y Maule han disminuido entre 13% y 37% mientras que en casi todas las cuencas se registra una disminución en la precipitación promedio de un 29%.

Las proyecciones futuras muestran también una fuerte reducción en la disponibilidad de agua en la zona, sobre todo en la cordillera de la región del Maule, pues los modelos hidrológicos estiman que en algunas cuencas las disminuciones de caudal serían cercanas al 30%, aunque uno de los modelos más extremos indica que esta disminución alcanzaría hasta 50% para el período 2030-2060.

También se proyecta que las precipitaciones podrían aumentar en algunas zonas, particularmente en el norte y en la parte más austral de Chile, mientras que desde la región Metropolitana al sur dominan las tendencias negativas con una caída en las precipitaciones que podría llegar hasta un 25%.

Zona Sur. El informe estudia desde el río Itata, en la región del Ñuble, hasta el río Palena y cuencas del archipiélago de Las Guaitecas y de los Chonos, en la región de Los Lagos. Gran parte de las cuencas de la zona sur del país, presentan una baja de caudal que oscila entre 3 y 32%, a excepción de los ríos Bío-Bío, Imperial y Queule, que habrían experimentado aumentos significativos.

Uno de los grandes cambios entre los períodos analizados se presenta en las precipitaciones, con una baja promedio de 10% para la zona y 37% para la cuenca más desfavorable. Esta diferencia muestra que, en promedio, se tienen 866 mm menos de precipitación anual, respecto al estudio (DGA, 1987). Esta tendencia al secamiento es dramática en toda la zona de estudio, pudiendo alcanzar en algunas zonas disminuciones por sobre 1.000 mm al año.

Los sectores cordilleranos, tanto de la Costa como de los Andes, proyectan disminuciones de montos sustantivos, que varían entre los 200 y más de 700 mm anualmente y los sectores del valle también presentan disminuciones, pero de menor magnitud.

Estas proyecciones indican disminuciones de hasta un 40% en la disponibilidad de agua para la macrozona sur, siendo un tanto más alentadoras las proyecciones para la parte austral, donde la proyección más desfavorable es una disminución inferior al 8%. Esto último como producto de un incremento en la escorrentía debido al derretimiento glaciar en los campos de hielo que sirven como embalses naturales de agua dulce.

Zona Austral y Rapa Nui. Parte del informe del Balance Hídrico Nacional abarcó desde el río Aysén, en la región del mismo nombre, hasta las cuencas de Tierra del Fuego e islas al sur del Canal Beagle. Una comparación entre el balance de 1985-2015 y otro realizado para el período 1955-1985, muestra disminuciones de un 20% a 60% en los caudales, lo que se condice con diferencias observables en la estimación de precipitaciones para ambos estudios.

En relación con el balance de 1987, la Zona Austral evidencia importantes áreas con descenso de precipitaciones y algunas menores con incremento. En promedio, se registra una disminución de 1.200 mm anuales, lo que representa una baja del 40%.

Los escenarios futuros muestran una incidencia del cambio climático que podría disminuir los caudales hasta en un 5% promedio. En cuanto a precipitaciones, el modelo más severo proyecta disminuciones que podrían llegar a un 6% para todas las cuencas de la zona, lo que impactaría la escorrentía en magnitudes similares. Otros modelos estiman un aumento de las precipitaciones en torno al 3% en las cuencas de la Región de Magallanes. El anterior balance estaba vigente desde el año 1987, el cual no incorporaba escenarios de cambio climático. Estas diferencias están asociadas a dos señales climáticas distintas sobre cambio de precipitación, una que proyecta disminuciones de 50 a 200 mm anuales hasta los 52° de latitud, y otra que proyecta aumentos de 50 a 100 mm al año desde los 52° de latitud al sur, zona que corresponde esencialmente a la pampa patagónica.

Dichas variaciones repercuten directamente en los montos de escorrentía, proyectándose disminuciones de ésta en las zonas donde habrá menos precipitación y aumentos, de menor magnitud, en zonas con aumento de precipitación. Esto último se explica por aumentos en los montos de evapotranspiración, asociados a alzas de temperatura.

Isla de Pascua. El balance indica que las precipitaciones anuales promedio habrían aumentado en 180 mm, lo que representa un alza de 16% respecto al período 1955 a 1985. En esta zona se estima que la escorrentía media anual disminuirá en promedio un 8%, mientras que la evapotranspiración media anual aumentará un 12%, producto de un aumento promedio de 1 °C hacia el período 2030-2060. La baja en la disponibilidad de agua en Rapa Nui estaría explicada directamente por este factor, ya que las variaciones en las precipitaciones son poco significativas bajo los cuatro modelos de análisis.

2.3. LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS: UN ANÁLISIS DE LA TENENCIA, PROPIEDAD Y CONCENTRACIÓN A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL.

2.3.1. Antecedentes

Los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) están regulados principalmente por la Constitución Política de la República, el Código de Aguas, el Decreto 203 del Ministerio de Obras Públicas que dispone normas de exploración y explotación de aguas subterráneas y el Decreto Supremo 1.220 que aprueba el reglamento del Catastro Público de Aguas. En su Artículo 5to. El Código de aguas establece que ésta es un bien nacional de uso público, pero al mismo tiempo la Constitución Política en su artículo 19 Número 24 dispone que los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos. Se trata de un aspecto ampliamente debatido y cuestionado por abogados constitucionalistas de distintas tendencias como evidentemente contradictorio.

De acuerdo con lo anterior, los DAA son derechos reales que recaen sobre las aguas y que permiten a su titular extraer y usar el caudal específico de agua que se señala en la respectiva resolución de la Dirección General de Aguas ("DGA"), que los otorga. Los DAA son de dominio del titular y están protegidos por la Constitución de la República, pudiendo ser objeto de enajenación o gravámenes de la misma manera que los bienes raíces inscritos.

Las aguas se dividen en marítimas y terrestres, (artículo 1 del Código de aguas) pero las disposiciones del Código de aguas sólo son aplicables a las aguas terrestres que pueden ser de naturaleza superficial o subterránea. Por su parte, los DAA son clasificados por el Código de aguas de acuerdo a sus características esenciales, las que determinan la forma de ejercicio del mismo. De esta manera, un DAA puede ser consuntivo o no consuntivo; de ejercicio permanente o de ejercicio eventual y de ejercicio continuo, discontinuo o alternado.

Aguas Superficiales y Subterráneas: Son aguas superficiales aquellas que se encuentran naturalmente a la vista. Éstas pueden ser a su vez, corrientes si escurren por cauces naturales o artificiales, o detenidas, si se acumulan en depósitos naturales o artificiales como lagos, lagunas, estanques o embalses. Son

aguas subterráneas aquellas que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas.

Derechos Consuntivos y No consuntivos: Consuntivos son aquellos derechos que facultan a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad (por ejemplo, riego, agua potable, uso industrial, procesos de la minería, etc.). Por su parte, son DAA no consuntivos aquellos que permiten emplear el agua sin consumirla y obliga a sus titulares a restituirla en la misma calidad, cantidad y oportunidad (por ejemplo: generación eléctrica, pisciculturas, etc.).

Derechos de Ejercicio Permanente y Derechos de Ejercicio Eventual: De ejercicio permanente, son aquellos que facultan a su titular para usar el agua en la dotación que corresponda, salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad suficiente para satisfacer íntegramente todos los DAA de ejercicio permanente que existan en dicha fuente, en cuyo caso la captación de dichos DAA debe reducirse a prorrata.

Los demás son de ejercicio eventual, entendiendo por aquellos los que sólo facultan para usar el agua en las épocas en que el caudal matriz tenga un sobrante después de abastecidos los DAA de ejercicio permanente y los DAA de ejercicio eventual constituidos con anterioridad.

Derechos de Ejercicio Continuo, de Ejercicio Discontinuo o Alternado: Los DAA de ejercicio continuo permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las 24 horas del día, los 365 días del año; los de ejercicio discontinuo sólo permiten usar el agua durante determinados períodos; y los derechos de ejercicio alternado son aquellos en que el uso del agua se distribuye entre dos o más personas que se turnan sucesivamente.

Adquisición de los DAA en Chile. Los DAA se constituyen originariamente por la DGA, mediante una resolución fundada, pronunciada dentro de un procedimiento administrativo en el que se debe comprobar que existe disponibilidad del recurso hídrico y que el nuevo DAA que se constituya no afectará derechos de terceros ya existentes. La resolución de la DGA produce efecto a partir de la fecha en la que la Contraloría General de la República ha tomado razón de dicha resolución, es decir, ha constado que la resolución fue tramitada conforme a la ley. La resolución de la DGA que otorga un DAA, debidamente tomada de razón por la Contraloría,

debe ser reducida a escritura pública, para posteriormente inscribirse en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente.

Sólo entonces, a partir de dicha inscripción, el o los titulares de la resolución constitutiva (aquellos en cuyo favor se dictó la resolución) adquirirán la posesión del DAA respectivo. Por otra parte, los DAA pueden ser objeto de transferencia, transmisión y adquisición por prescripción adquisitiva de acuerdo con las disposiciones generales del Código Civil.

Registro en el Catastro Público de Aguas. El artículo 122 del Código de aguas establece que "la Dirección General de Aguas deberá llevar un Catastro Público de Aguas en el que constará toda la información que tenga relación con ellas". En dicho catastro, se inscriben los DAA, para lo cual el particular debe remitir la inscripción en el Registro Público de Aguas del Conservador de Bienes Raíces del respectivo DAA a la DGA.

Si bien la posesión del DAA se adquiere a través de la inscripción en el Registro Público de Aguas, la incorporación en el Catastro Público habilita al titular para realizar una serie de actos ante la DGA y otros servicios públicos, lo excluye de otros. El artículo 33, inciso segundo del Reglamento del Catastro Público establece que: "La Dirección General de Aguas no recepcionará solicitud alguna relativa a los derechos de aprovechamiento de aguas antes señalados, como las dirigidas a obtener las autorizaciones para la construcción, modificación, cambio o unificación de bocatomas, (artículos 151 y siguientes del Código de Aguas); o a obtener el cambio de fuente de abastecimiento, a que se refieren los artículos 158 y siguientes del Código de Aguas; o a obtener la autorización del traslado del ejercicio de los derechos de aprovechamiento, a que se refieren los artículos 163 del mismo Código; o en general, cualquier solicitud relacionada con su derecho, incluidas las presentaciones a que se refieren los artículos 132 y siguientes del Código de Aguas, a menos que los interesados exhiban copia autorizada del registro respectivo en el Catastro Público de Aguas. Respecto de los derechos no inscritos en dicho registro, "no se podrá realizar respecto de ellos acto alguno ante la Dirección de Aguas ni la Superintendencia de Servicios Sanitarios."

Derechos y Obligaciones o deberes asociados a los DAA. Derecho y Obligación de constituir servidumbres necesarias para el ejercicio de los DAA. De acuerdo con el artículo 25 del CA, "el derecho de aprovechamiento conlleva, por el ministerio de la ley, la facultad de imponer todas las servidumbres necesarias para su ejercicio,

sin perjuicio de las indemnizaciones correspondientes. ”Así, el titular de un DAA podrá establecer a su favor una servidumbre de acueducto, por ejemplo, para conducir las aguas que tiene derecho a aprovechar desde su punto de captación hasta el lugar donde serán aprovechadas y, posteriormente si corresponde, al punto donde dichas aguas deben ser restituidas.

Caudal ecológico mínimo: De acuerdo a lo establecido por el inciso 1° del artículo 129 bis 1 de la Ley N° 20.017 de 2005, que introdujo modificaciones en el Código de Aguas, se señala que “Al constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo, el cual sólo afectará a los nuevos derechos que se constituyan, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial”.

El caudal ecológico mínimo se establece en la resolución constitutiva del DAA y, por tanto, debe ser respetado por el titular.

Otras obligaciones. En virtud del artículo 149 del CA, en las resoluciones que otorgan DAA la DGA puede establecer “otras especificaciones técnicas relacionadas con la naturaleza especial del respectivo derecho y las modalidades que lo afecten, con el objeto de conservar el medioambiente o proteger derechos de terceros.” Ejemplo de lo anterior es, dejar pasar de manera permanente aguas abajo del punto de captación, un caudal mínimo a todo evento para preservar el equilibrio ecológico del sector.

Pago de Patentes por no uso de un DAA. La Ley N° 20.017 introdujo modificaciones al texto del Código de Aguas, estableciendo, entre otras materias, la obligación de pago de una patente anual a beneficio fiscal para los DAA respecto de los cuales su titular no haya construido las obras de captación y de restitución de sus respectivos DAA. Éstos estarán afectos al pago en la proporción no utilizada de sus respectivos caudales. Se entiende por obra de captación, (inciso final del nuevo artículo 129 bis 9 del CA):

a. Aguas superficiales: aquéllas que permitan incorporar las aguas a canales y a otras obras de conducción, aun cuando tales obras sean de carácter temporal y se renueven periódicamente.

b. Aguas subterráneas: aquellas que permitan su alumbramiento. El cálculo de las patentes para cada DAA es variable y depende de factores tales como si su uso es o no consuntivo, si su ejercicio es permanente o eventual, y de su ubicación geográfica. El resultado obtenido del cálculo de las patentes debe expresarse en UTM.

El pago de las patentes, conforme al artículo 129 bis 7 del CA, se efectuará en el mes de marzo de cada año, respecto de los DAA no utilizados total o parcialmente el año calendario inmediatamente anterior, debiendo la DGA publicar la resolución que contenga el listado de los DAA sujetos a esta obligación, en las proporciones que correspondan, individualizando el derecho y su titular. La publicación se efectuará el 15 de enero de cada año o al primer día hábil inmediato si aquel fuere feriado, en el Diario Oficial, en forma destacada en un periódico de la provincia respectiva y si no lo hubiere, en uno de la 7 capital de región correspondiente, considerándose esta publicación como notificación suficiente. El no pago de la patente puede dar origen a un procedimiento de remate del respectivo DAA.

2.3.2. Los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA)

2.3.2.1. La experiencia internacional

Numerosos estudios de centros científicos destacan la particularidad de Chile respecto de su legislación sobre el agua y en particular del tratamiento a los Derechos de Aprovechamiento de Aguas. Tanto la OCDE como el Centro de Derecho de Gestión de Aguas de la P. Universidad Católica de Chile, la Universidad de Concepción y la Universidad de Chile han abordado en profundidad este tema. Así, por ejemplo, en la revista "Huella Hídrica" del Centro de Derecho y Gestión de Aguas de la Pontificia Universidad Católica, se han publicado estudios el Agua en las Constituciones de Asia, África, Europa, Oceanía y América Europa[10]. De un total de 92 países analizados. Solo Chile aparece consagrando las existencias de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, entregados gratuitamente, a perpetuidad, transables, acumulables y heredables.

Estudios de la OCDE y de la Unión Europea[11] ponen de manifiesto también que, en la inmensa mayoría de los casos analizados, se han definido prioridades de usos,

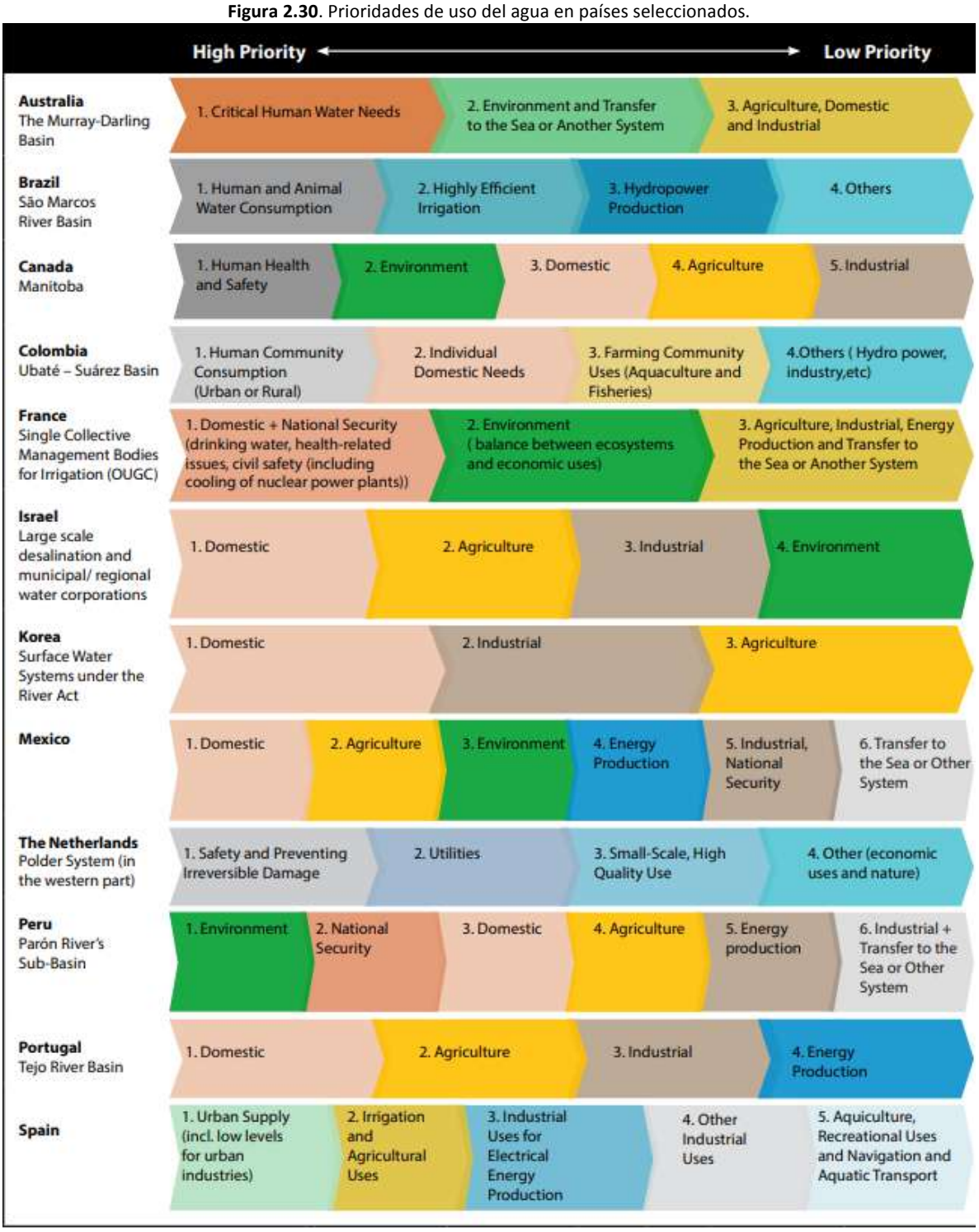
[10] Huella Hídrica Números 22; 23; 24; 27 y 28, artículos de Amalia Octavio.
[11] Ver por ejemplo Water Rosources Governance in Brazil OECD 2015,y OECD POLICY HIGHLIGHTS Water Resources Allocation. Sharing risks and opportunities.

privilegiando el consumo humano. El **Cuadro 2.12** y la **Figura 2.30** ilustran esta situación.

Cuadro 2.12. Duración de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas en países y cuencas seleccionados.

Ejemplos	**Número de años del Derecho de Aprovechamiento de Aguas y condiciones**
Australia (Murray – Darling Basin)	A perpetuidad Condicionado a **usos beneficiosos**
Australia (aguas superficiales y subterráneas)	No más de 90 años (Centrales hidroeléctricas) sujetos a la normativa ambiental 12 años máximo para riego
Brasil (Cuenca San Francisco y San Marcos)	10 años para riego hasta 2000 hás. $1m^3$/seg. Máximo para industrias, acuacultura, consumo animal, otros 20 años para riego sobre 2000 hás 35 años para represas de control de inundaciones o generación hidroeléctrica, provisión pública de agua y saneamiento
Canadá (New Foundland y Labrador)	5 a 50 años dependiendo el uso
Chile	Entrega gratuita a Perpetuidad
China (Cuenca del yellow river)	De 5 a 10 años renovables
Colombia (Cuena Ubaté – Suarez)	10 años para concesiones 50 años para servicios públicos o construcciones de interés público o social
Francia (Cuerpo simples de regadío)	De pocos años a varias décadas para uso permanente (agua para bebida o extracción) 6 meses uso temporal para riego
Japón (Sistema del Rio Tone-gawua)	10 años con la excepción de 20 años para hidroenergía
Corea (Sistema de aguas superficiales bajo el Acta para los Ríos)	10 años renovables
Luxemburgo	De 5 a 20 años renovables
México	De 5 a 30 años, renovables
Nueva Zelanda (Región Waikato)	15 años renovables, pero de acuerdo con el Acta para el manejo de los Recursos Naturales, puede llegar hasta los 35 años. Los propietarios o tenedores de los derechos de agua, tiene prioridad para renovar por un nuevo período
Perú	Perpetuidad condicionada a la continuidad de la actividad
España	Máximo 75 años
Reino Unido (Se requiere licencias de extracción en Inglaterra y Gales	12 años sujeto a revisiones periódicas de la disponibilidad de agua, con posibilidades de renovación

Figura 2.30. Prioridades de uso del agua en países seleccionados.



Fuente: OECD POLICY HIGHLIGHTS Water Resources Allocation. Sharing risks and opportunities.

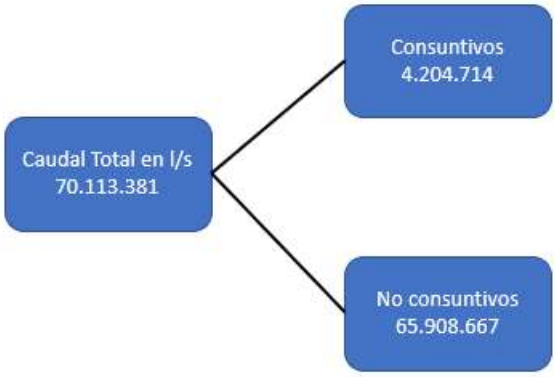
2.3.2.2. Panorama nacional

A nivel nacional se han entregado 127.752 DAA, de los cuales 114.339 son derechos consuntivos y 13.413 de derechos no consuntivos[12]. En términos de caudales otorgados, un total de 4.204.714 litros por segundo corresponde a derechos consuntivos y 65.908.667 l/s en derechos no consuntivos (**Ver Figura 2.31**).

Cabe consignar que los caudales otorgados en los DAA se otorgan en litros por segundo y en acciones, las que son una fracción del caudal o un río determinado. Por esta razón, no todas las acciones tienen el mimo valor equivalente el l/s.

Como se puede apreciar en la **Figura 2.32**, los DAA consuntivos pueden corresponder a aguas de fuentes subterráneas, a aguas superficiales y corrientes y a aguas superficiales detenidas.

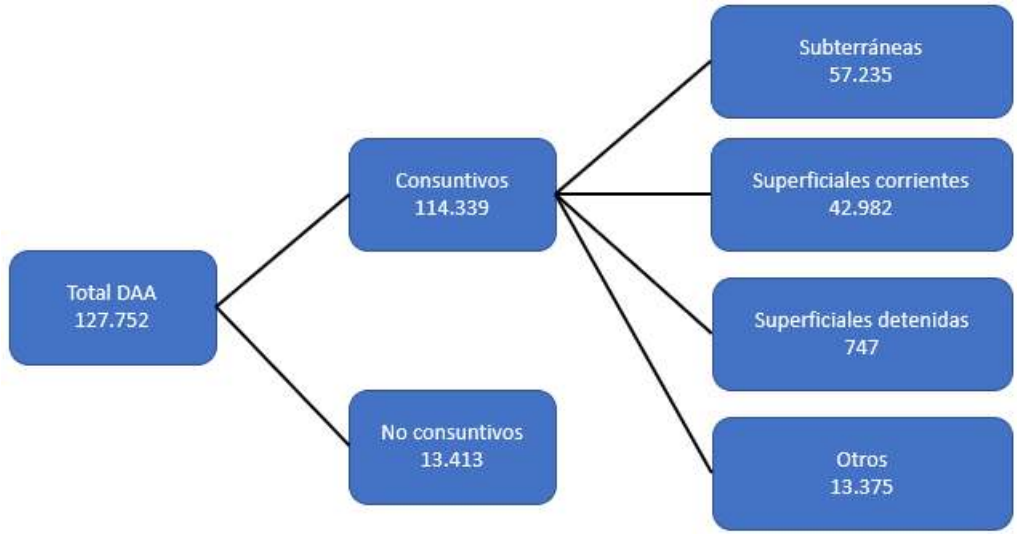
Figura 2.31. Caudales asociados a los DAA otorgados a nivel nacional.



Fuente: Elaboración propia con antecedentes del registro de DAA de la DGA.

[12] Información contenida en las bases de datos de la DGA, los que son actualizados periódicamente.

Figura 2.32. Panorama Nacional. Titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas.

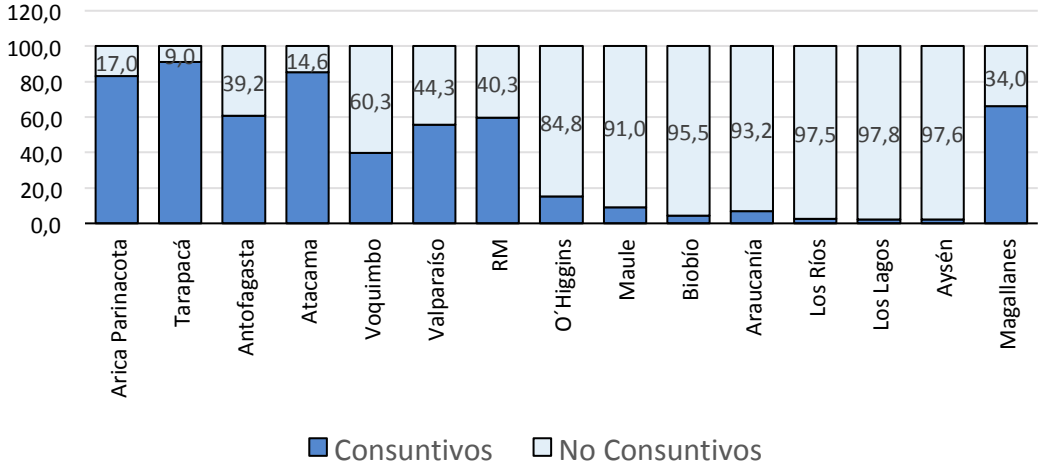


Fuente: Elaboración propia con antecedentes del registro de DAA de la DGA.

2.3.2.3. Panorama regional

A nivel regional el número de titulares de DAA consuntivos predominan en las cuatro primeras regiones del país de norte a sur, y en el extremos sur en la región de Magallanes. A la inversa, los DAA no consuntivos predominan en el resto de las regiones, particularmente en el centro y centro sur, alcanzando su máximo en las regiones de Los Lagos, Los Ríos y La Araucanía (**Ver Figura 2.33**).

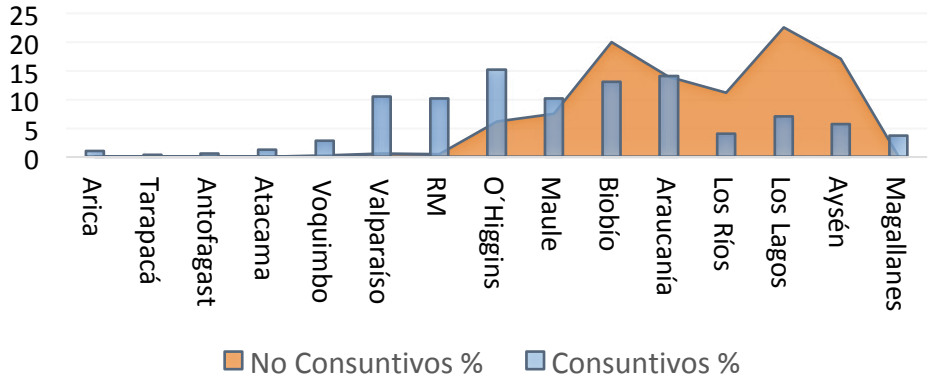
Figura 2.33. Distribución de los caudales de los DAA consuntivos y no consuntivos por regiones.



Fuente: Elaboración propia con antecedentes del registro de DAA en la DGA.

En términos de caudales, los DAA No consuntivos alcanzan sus máximos en la Región del Biobío, Los Lagos y Aysén (**Ver Figura 2.34**).

Figura 2.34. Caudales de DAA Consuntivos y no consuntivos por regiones.



Fuente: Elaboración propia con antecedentes del registro de DAA en la DGA

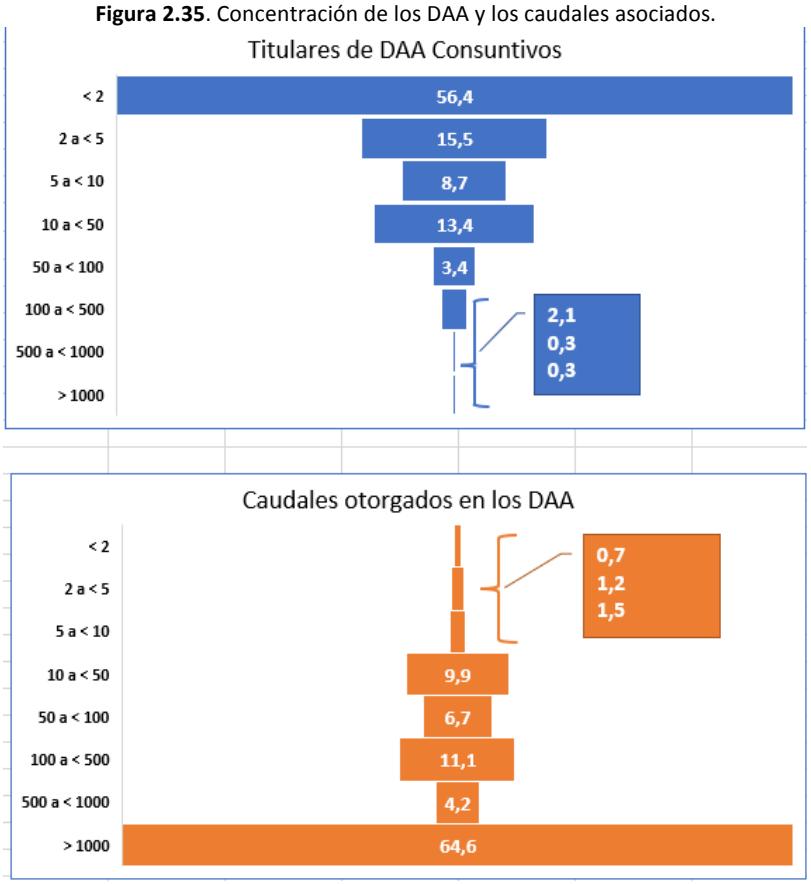
2.3.2.4. La concentración de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Para conocer acerca de la concentración de la propiedad de los caudales asociados a los DAA entregados, éstos se desagregaron en los siguientes ocho tramos:

a. Menos de 2 l/s
b. De 2 a menos de 5 l/s
c. De 5 a menos de 10 l/s
d. De 10 a menos de 50 l/s
e. De 50 a menos de 100 l/s
f. De 100 a menos de 500 l/s
g. De 500 a menos de 1.000 l/s
h. Más de 1.000 l/s

Los resultados obtenidos muestran un elevadísimo grado de concentración de los caudales otorgados en los DAA en el país. A nivel nacional, el 56,4% de los titulares, accede al 0,7% del caudal total entregado en los DAA. En contrapartida, el 0,3% de los titulares posee el 64,6% de los caudales (**Ver Figura 2.35**).

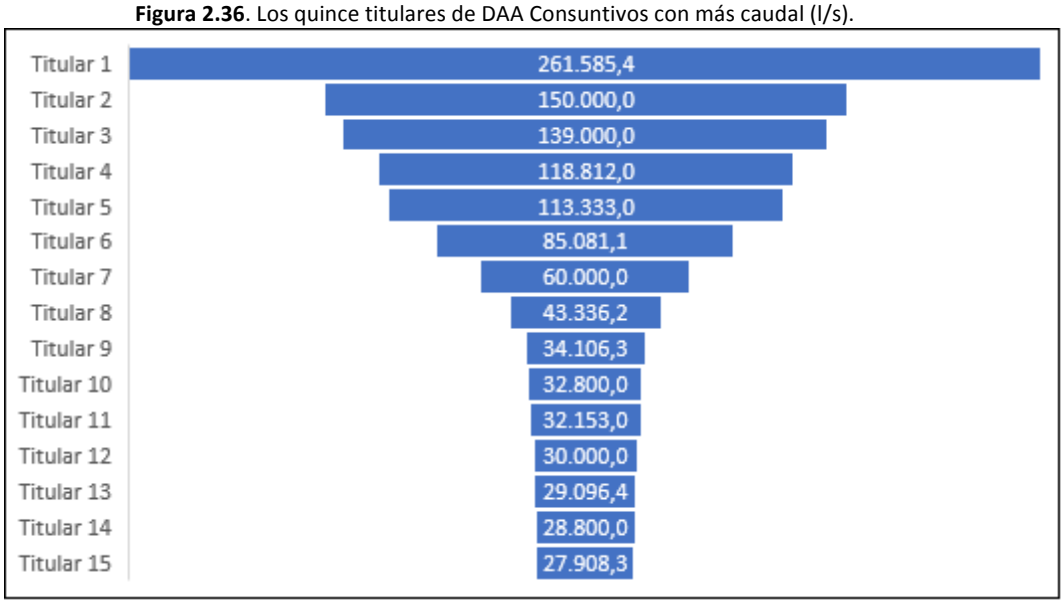
Figura 2.35. Concentración de los DAA y los caudales asociados.



Fuente: Elaboración propia con antecedentes del registro de DAA de la DGA.

Otro antecedentes respecto de la concentración de DAA Consuntivos, es que los 15 titulares con mayor caudal asignado, concentra mas de cuarta parte del total nacional (28,3%) (**Ver Figura 2.36**).

Figura 2.36. Los quince titulares de DAA Consuntivos con más caudal (l/s).



Fuente: Elaboración propia con antecedentes del registro de DAA de la DGA.

El Indice GINI de Concentración y la Curva de Lorenz

El índice de Gini, o coeficiente de Gini, es una medida de la distribución del ingreso entre la población, desarrollada por el estadístico italiano Karada Gini en 1912. Suele utilizarse como indicador de desigualdad económica, midiendo la distribución de la renta o, con menor frecuencia, la distribución de la riqueza entre la población. El coeficiente varía de 0 (o 0%) a 1 (o 100%), donde 0 significa igualdad perfecta y 1 significa desigualdad perfecta.

Este índice se utiliza para medir diferentes formas de concentración de ingresos, bienes, y en este caso, de Derechos de Aprovechamiento de Agua.

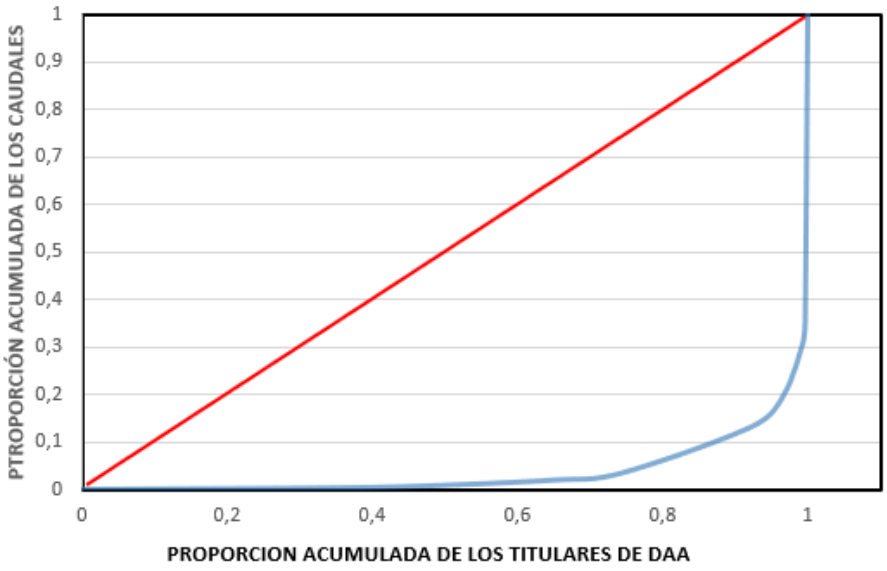
Para realizar la estimación se procedió a agrupar los titulares de DAA consuntivos a nivel nacional, según los caudales otorgados en litros por segundo. Se definieron los siguientes tramos:

- Grupo 1: Menos de 1 l/S
- Grupo 2: de 1 a < de 2 l7S
- Grupo 3: de 2 a < 5 l/s
- Grupo 4. De 5 a < 10 l/s
- Grupo 5: de 10 a <50 l/s
- Grupo 6: de 50 a <100 l/s
- Grupo 7: de 100 a <500 a l/s
- Grupo 8.de Más de <1000 l/s
- Grupo 9: Más de 1000 l/s

La aguda concentración de los DAA, que se puede apreciar a partir de los antecedentes antes expuestos se refleja en un Índice de Concentración de Gini, extremadamente elevado. Mucho más elevado aún que el de la concentración de ingresos. Las estimaciones realizadas arrojan un Índice de 0,81.

A continuación, se muestra la curva de Lorenz y la estimación del Índice de Gini (**Ver Figura 2.37 y Cuadro 2.13**).

Figura 2.37. Coeficiente de Gini y Curva de Lorenz para los DAA Consuntivos en Chile.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.13. Data para estimación del índice Gini y la curva de Lorenz.

Tramo	Caudal Promedio	Número de Titulares	Numero Titulares Acumulados	No Titulares X Caudal Total	Titulares Acumulados por Caudal	P	Q	P-Q
< de 1	0,4	34095	34.095	12.175	12.175	0,34	0,00289546	0,34
1 a < de 2	1,3	13309	47.404	17.345	29.520	0,47	0,00702061	0,46
2 a < 5	2,9	17758	65.162	51.254	80.774	0,65	0,01921031	0,63
de 5 a < de 10	6,7	9747	74.909	65.074	145.848	0,74	0,03468674	0,71
de 10 a < de 50	22,9	18210	93.119	416.675	562.523	0,93	0,13378389	0,79
50 a < 100	66,2	4255	97.374	281.795	844.318	0,97	0,20080268	0,77
de 100 a < 500	177,5	2623	99.997	465.500	1.309.818	0,99	0,31151175	0,68
de 500 a < 1000	678,9	261	100.258	177.199	1.487.017	1,00	0,35365479	0,64
> de 1000	7591,3	358	100.616	2.717.697	4.204.714	1,00	1	0,75

2.4. POLÍTICAS PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS

En esta sección se examinarán las alternativas no convencionales que apuntan a aprovechar nuevas fuentes de aguas o a trasladar agua de una parte del territorio donde es abundante u otra donde es escasa.

De acuerdo a lo anterior, la sección se organiza de acuerdo a los dos siguientes criterios:

a) Políticas para incrementar la oferta
- 1.- Reúso
- 2.- Desalación
- 3.- Cosecha de aguas lluvias y neblinas
- 4.- Trasvases

b) Para regular la demanda
1.- Mejorar eficiencia de los productores más rezagados.
2.- Promover mayor reciclaje en la industria y la minería.

2.4.1. Reúso de aguas servidas

Introducción. La creciente escasez de agua como consecuencia del crecimiento de la demanda más los impactos del cambio climático, están creando una compleja situación para muchos países del mundo, entre ellos, Chile que presenta un elevado estrés hídrico y que ha experimentado una de las sequías más agudas y extensas de su historia.

Esta situación tiende a agudizarse por lo que el reúso de las aguas servidas tratadas (AST) cobra cada vez más importancia a nivel mundial. Se estima que la producción anual de aguas residuales en todo el mundo alcanza a los 411 km^3 (411 mil millones de m^3). Se espera que dicha producción de aguas residuales sea de 470 km^3 en 2030 y 574 km^3 en 2050, es decir, 14% y 40% de aumento con respecto a 2020, respectivamente.

Las aguas residuales transportan cantidades significativas de macronutrientes. En conjunto, se estima que 28,0 millones de toneladas métricas de nitrógeno 3,2 millones de toneladas métricas de fósforo y 6,8 millones de toneladas métricas de potasio están presentes en las aguas residuales municipales producidas a nivel mundial.

Los principales destinos para las aguas residuales tratadas, es la recarga de acuíferos y lagos, usos industriales e incluso, para consumo humano, como es el caso de Singapur. Aunque estamos lejos de alcanzar todo el potencial de recuperación de recursos de las aguas residuales, cada año se incrementan y se disponen de sistemas más eficientes de recuperación, especialmente en los países de ingresos y medio altos[13] (**Ver Figura 2.38**).

En los Estados Unidos, se trata el 75% de las aguas utilizadas, pero se reutiliza apenas el 3,8% de ellas. En contraposición, el Estado de California utiliza cerca del 44% de las AST en la agricultura y en recarga de acuíferos, y en Arizona y Texas la utilización de AST progresa en la medida que disminuyen las precipitaciones.

En el 2008, el Condado de Orange de California, realizó una inversión público-privada de US$ 623 millones para crear un sistema de abastecimiento de aguas subterráneas (Groundwater Replenishment System), uno de los sistemas de reúso indirecto más grande del mundo que beneficia a 19 ciudades y 850 mil habitantes y provee a dos industrias privadas, cubriendo entre 25% y 30% de la demanda de agua con 382 millones de litros al día[14].

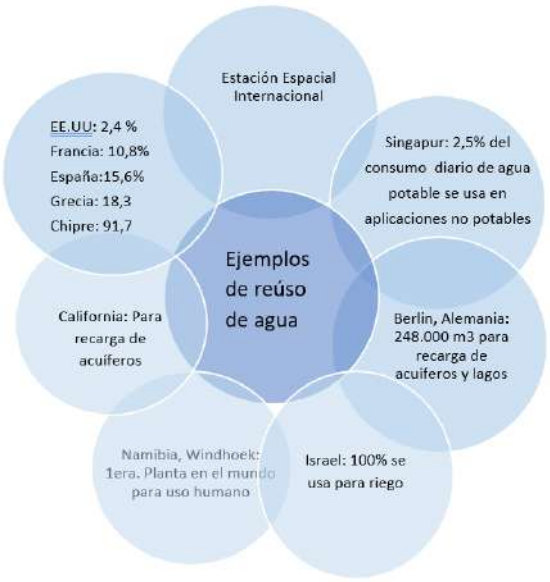
El sistema utiliza el agua proveniente de hogares, restaurantes, lavanderías y hoteles, la que pasa por tres procesos: microfiltración, ósmosis inversa y desinfección de oxidación avanzada de rayos ultravioletas. Luego el agua es bombeada a 36 pozos profundos y a tres lagos artificiales para que entre a las cuencas subterráneas, se mezcle con el agua natural de la cuenca y luego ésta sea extraída para consumo humano.

De otra parte, está el caso de Singapur único país del mundo que trata aguas residuales para consumo humano. Para ello utiliza procesos de osmosis inversa, que eliminan casi totalmente los contaminantes. En 2016 Singapur reutilizaba el 30% de sus aguas residuales y la meta a largo plazo es incorporarlas a su matriz hídrica para diversificar sus fuentes, dependientes en alto grado de las importaciones desde de Malasia. Singapur produce agua reciclada ultra limpia y de alta calidad, llamada NEWater, con cinco plantas que cubren el 40% de la demanda de agua nacional y que se espera que a 2060 cubran el 55%.

[13] Manzoor Qadir. Potential of municipal wastewater for resource recovery and reuse. Chapter 13. Water and Climate Change Sustainable Development, Environmental and Policy Issues 2022, Pages 263-271

14 Fundación Chile, REÚSO DE AGUAS RESIDUALES, EL AGUA DEL FUTURO QUE YA TIENE CALIFORNIA. 30 de agosto 2021.

Figura 2.38. Algunos ejemplos mundiales de reutilización de aguas servidas tratadas.

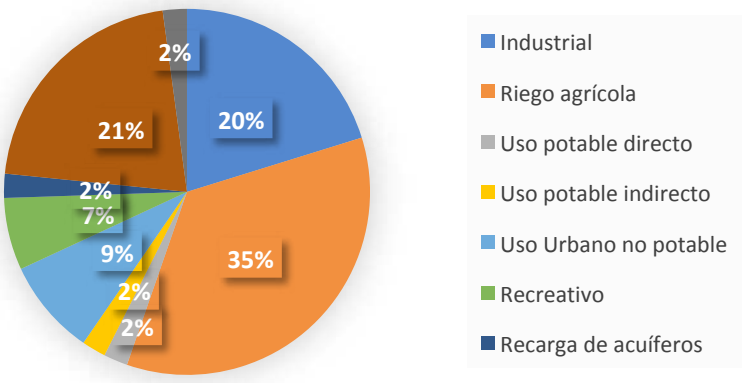


Fuente: Elaboración propia basada en Water Intelligence.

Se estima que en promedio el agua reciclada utiliza un tercio de la energía requerida en la desalinización, porque el agua que llega a la planta no contiene mucho cloruro de sodio y concentración de sales. El costo del agua de este sistema es de entre US$ 700 y US$ 800 por 1.233.000 litros, es decir, US $0,0006 por litro, un costo mayorista que es la mitad del precio del agua importada de los ríos Sacramento y de Colorado para cubrir la sequía.

A nivel mundial, el principal uso de las aguas servidas tratadas (AST), es el riego agrícola, el riego de áreas verdes y la recarga de acuíferos (**Ver Figura 2.39**). Estos tres destinos dan cuenta del 76% del total. El gráfico que sigue muestra los principales usos dados a las aguas tratadas.

Figura 2.39. Uso de aguas tratadas a nivel mundial.



Fuente: Elaboración propia en base a Intelligence. En https://www.globalwaterintel.com/

La situación en Chile. En Chile hay plantas de reúso en sectores industriales y mineros, implementadas debido a la escasez de agua y en algunos casos por mandato corporativo para cumplir estándares internacionales. **En el sector agrícola existe un solo caso operativo en la localidad de Cerrillos de Tama**ya en Ovalle, Región de Coquimbo. En 2016, Fundación Chile lideró la construcción de una planta de reúso de aguas residuales, un proceso asociativo que involucró al Comité de Agua Potable Rural (APR) de la zona y a agricultores, financiado por el programa de Fondos de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R).

La aguda y prolongada sequía vivida por el país, la disminución de las precipitaciones y el aumento de la demanda, han puesto de relieve la importancia y urgencia de buscar nuevas fuentes de aguas y el reúso es una de las alternativas que concita mayor interés. El reúso de AST contribuiría a aumentar la oferta particularmente para la agricultura, la recarga de acuíferos y para las demandas evapotranspirativas. Sin embargo, para que estas aguas puedan ser utilizadas para riego, se requiere realizar un proceso de filtración, tratamiento secundario y desinfección.

Para depurar las aguas servidas y dejarla apta para su uso, se aplica un pretratamiento que consiste en extraer los sólidos de mayor tamaño, luego de un tratamiento primario para **reducir el contenido de partículas en suspensión del agua ya sea mediante sedimentación, flotación u otros procesos.** El tratamiento secundario consiste en un conjunto de procesos biológicos que pretenden **eliminar la materia orgánica** que hay en las aguas residuales. El tratamiento terciario por su parte consiste en la **eliminación de los agentes patógenos**, sobre todo bacterias fecales y de los nutrientes. Además, es necesario que el cultivo no tenga contacto con el agua de riego, que tenga menos de 1.000 coliformes fecales/100 ml y una DBO5[15] menor a 30 mg/l[16].

2.4.1.1. Las potencialidades de las plantas de tratamientos de aguas residuales

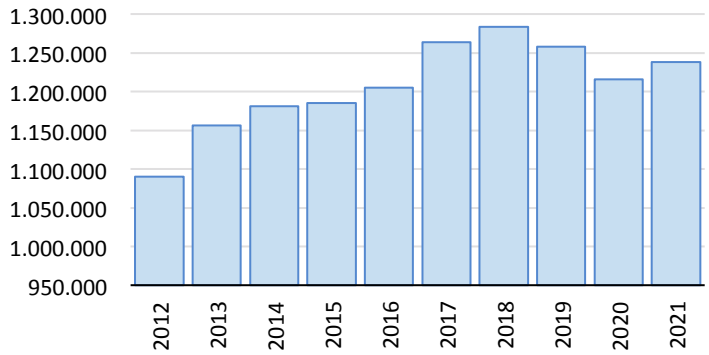
Actualmente, existen 301 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAS) que operan sobre cerca de 1.238,4 millones de m^3 de aguas servidas al año, lo que corresponde a un caudal medio de 39,3 m^3/seg (**Ver Figura 2.40**).

[15] DBOS: Demandas Biológica de Oxígeno.

[16] Flores Ramírez, Tomás Pablo, Tesis de grado Ingeniería Civil, Universidad de Chile, 2020. Propuesta para el manejo y tratamiento de aguas de uso agrícola: aplicación en la zona Norte de Chile.

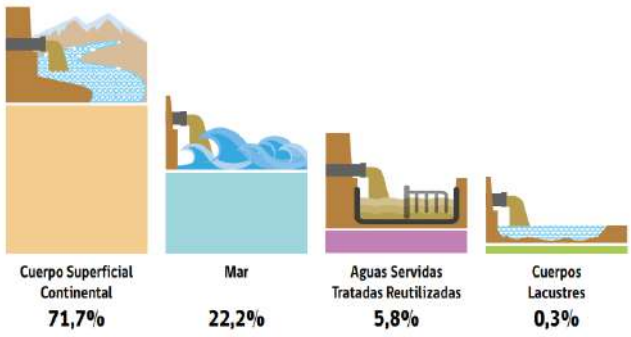
De acuerdo a la información disponible (**Ver Figura 2.41**), el 72% de las aguas residuales tratadas se descargan a los cuerpos de agua superficiales, continentales o marinos; un 22.2% (8,8 m^3) de ese caudal se descarga al mar a través de emisarios submarinos, los cuales solo incluyen un tratamiento primario; y solo un 5.8% del agua tratada se reutiliza directamente y en forma planificada en distintos usos (SISS, 2021).

Figura 2.40. Volumen de aguas servidas tratadas (Miles de m^3 al año).



Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Figura 2.41. Destinos de las aguas servidas tratadas.



Fuente: Informe de gestión del sector sanitario 2021. SSSA.

El volumen de AST reutilizado en el año 2021 alcanzó a los 72 millones de metros cúbicos (5,8% del valor total de AST tratadas en el país), equivalentes a 2.200 litros por segundo.

Si se trataran debidamente las descargas de aguas por emisarios al mar, se dispondría de 275 millones de m^3 al año (22,2% del total de las AST), equivalentes a 8,7 m^3/segundo. Con este caudal, se podrían regar 34.364 hectáreas de paltos o 27.492 hectáreas de uva de mesa. Esta nueva superficie en producción representa un aumento del 114,6% respecto de la superficie plantada al año 2021 con paltos y un aumento del 131,5% respecto de la superficie actualmente plantada con uva de mesa.

El cuadro a continuación muestra los incrementos del Valor Bruto de Producción y del empleo en caso de poder incrementar las superficies plantadas de paltos y de uva de mesa utilizando toda el agua tratada que actualmente se vierte al mar vía emisarios.

Cuadro 2.14. Incrementos de superficie, VBP y empleo si se utilizan las AST actualmente vertidas al mar.

Cultivo	Nuevas Has	VBP/ha	VBP Tot (USD)	Jornales/Há	Total Jornales
Palto	34.366	3.093	106.292.705	54	1.855.756
Uva de Mesa	27.492	2.331	64.085.608	34	934.744

Fuente: Elaboración propia con antecedentes de ODEPA y de la SISS.

Como se puede apreciar, los aumentos de las superficies indicadas tendrían impactos significativos para el país y especialmente para las regiones de Valparaíso y de O´Higgins que son donde más se cultivan paltas y uva de mesa.

2.4.1.2. Los desafíos

Se han identificado tres líneas de desafíos importantes:

a) En relación a la calidad de las ATS para su uso en riego
b) Respecto de la capacidad y condiciones técnicas de las plantas de Tratamiento de Aguas Servidas
c) Respecto del marco legal sobre la propiedad de las ATS
d) Respecto de los cambios necesarios a la infraestructura regulación para tratamiento de las aguas servidas

En cuanto a la calidad de las ATS, cabe señalar que[17]:

- Los parámetros controlados por la norma de vertido (DS 90/2000) no son todos los que exige la normativa para los distintos tipos aprovechamientos. El cumplimiento de la normativa de vertido por las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas no es un antecedente suficiente para asegurar que el caudal puede ser utilizado en riego sin restricciones, por lo cual es necesario realizar una evaluación caso a caso.
- Los vertidos de emisarios submarinos no son aptos para el uso agrícola ya que sus requerimientos de emisión no consideran la calidad exigida y no da cuenta de todos los parámetros exigidos para este uso.

Cabe destacar sin embargo que la nueva normativa de aguas grises establece pisos mínimos de la calidad del agua destinada a ciertos usos, las que no podrían ser mayores en el caso de las aguas servidas tratadas.

[17] Diagua, Desarrollo de un Modelo Regulatorio-Institucional-Financiero que Viabilice el Reúso de las Aguas Residuales en Chile" Informe Final Junio 2019. En Desarrollo de Marco Regulatorio-Institucional-Financiero que Viabilice el Reúso de AST (diagua.cl)

En cuanto a las condiciones y capacidades de las Plantas de Tratamiento d Aguas Servidas (PTAS) cabe señalar que el 42% son calificadas como "vulnerables", lo cual implica que están en riesgo, puesto que están operando cerca de su límite previsto tanto respecto de la capacidad hidráulica como la capacidad de tratamiento orgánico.

Respecto del marco legal, es necesario recordar que existe un conflicto de interpretación de las normas respecto de la propiedad de las aguas servidas tratadas. Algunos especialistas sostienen que éstas pertenecen a las empresas sanitarias que hacen el tratamiento de depuración de las aguas. Otros especialistas en cambio afirman que los verdaderos propietarios de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas son sus titulares. El tema de la propiedad sobre las aguas servidas tratadas por las empresas sanitarias, antes de que sean vertidas a cauces naturales, no está resuelto con claridad. Incluso los Servicios Públicos con competencia en la materia no comparten una misma posición al respecto, y los tribunales de justicia no han emitido pronunciamientos claros y persistentes a su respecto[18].

Esta postura ha dado lugar también a que desde las Plantas de Tratamiento se levante el argumento de que no existen los estímulos económicos suficientes para realizar las inversiones requeridas para adecuarse a normas de uso más exigentes, ni tampoco para realizar nuevas inversiones.

Es necesario señalar que el tratamiento de las aguas servidas presenta dos aristas; primero, si bien es cierto que tratar aguas grises permitiría contar con una fuente menos contaminada y por tanto menos costosa de habilitarla como apta para uso en riego, implica separar las aguas a nivel domiciliario para conducirla por vías diferenciadas del resto de las aguas servidas, a los lugares de tratamiento. Ello implicaría crear nuevas infraestructuras de transporte y acopio con un costo adicional importante, sin embargo, sería posible iniciarlo por ejemplo con conjuntos habitacionales acotados, que estén preparados para separar las aguas grises del resto. También los sistemas diferenciados de separación de las aguas podrían destinarse a el agua de riego no agrícola para los mismos conjuntos habitacionales acotados.

Otra opción es tratar todas las aguas servidas vaciadas al mar vía emisarios, dejándolas aptas para usos de riego. Ello implicaría costos adicionales para

[18] Diagua, Op Cit.

equipar las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas para realizar tratamientos secundarios y otros que fueran necesarios.

Por último, es necesario considerar los beneficios de poder ampliar la superficie de los cultivos señalados a más del doble y sus impactos económicos, sociales y ambientales versus los costos de habilitar las plantas de tratamiento para dejar las ATS aptas para riego.

La síntesis de las potencialidades y desafíos para el aprovechamiento de las ATS, se presenta en el siguiente **Cuadro 2.15**.

Cuadro 2.15. Resumen de potencialidades y trabas para el aprovechamiento de las Aguas Servidas Tratadas.

Potencialidades	**Desafíos**		
Oferta de 8,3 m^3/seg. adicionales	Legales		Económicos
Alta demanda por nuevas fuentes de agua para riego agrícola, riego no agrícola, recarga de acuíferos	- Normas más exigentes para viabilizar usos como el riego y recarga de acuíferos. - Implementación del sistema de tratamientos adicionales puede ser complejo	Definir propiedad de las AST	-El caudal que estaría disponible es relativamente limitado a pesar de que permitiría incrementar sustantivamente las superficies cultivadas de paltos o de uva de mesa. -Se requiere un marco regulatorio claro -Generar los incentivos económicos adecuados para promover la inversión en infraestructura y tecnologías

Fuente: Elaboración propia con antecedentes de la SISS y de Desarrollo de un Modelo Regulatorio-Institucional-Financiero que Viabilice el Reúso de las Aguas Residuales en Chile" Informe Final Junio 2019.

2.4.2. Desalación

Existen una multitud de plantas desalinizadoras en el mundo, pero si se consideran solo aquellas de mayor tamaño que posibilitan el abastecimiento de agua y actividades productivas de relevantes, se puede decir que el mundo cuenta actualmente con unas 20.000 plantas desaladoras, de las que 9.000 tratan agua de mar y 11.000 que tratan aguas salobres. En conjunto estas plantas producen 95.37 millones de metros cúbicos al día.

Parte importante de estas plantas han sido construidas en la última década como consecuencias de la mayor demanda por de agua, la disminución de la oferta y los efectos del cambio climático y están concentradas en los países del Medio Oriente y últimamente su número y capacidad de producción, han crecido

sustantivamente en China e India, países con mucha población y escasez de recursos hídricos.

El costo de producir agua desalada se ha reducido a más de la mitad en las tres últimas décadas, llegando en la actualidad a 0,5 USD/m3 de agua. Sin embargo, esta no es la única razón que explica el aumento de las plantas desaladoras. El crecimiento de la población y de las actividades productivas simultáneamente con la reducción de precipitaciones, ocurrencias de sequías agudas y prolongadas, obliga en muchos casos a desalar agua de mar para asegurar el abastecimiento al menos para la población. Es lo que ocurre en California, Arizona y desde luego en algunas localidades de Chile, tales como Antofagasta a los noventa y actualmente, Copiapó.

Situaciones críticas en otros lugares del mundo, como por ejemplo Sud África, California y Arizona en los Estados Unidos y en el pasado reciente, Australia, impulsaron la construcción de nuevas plantas desaladoras. En California, por ejemplo, a unos 50 km al norte de San Diego, se encuentra la planta de desalinización Claude Lewis Carlsbad, el mayor esfuerzo para convertir el agua salada en agua dulce en América del Norte. Diariamente se producen 190 millones de m3 diarios. La planta desalinizadora de Carlsbad, entró en pleno funcionamiento en 2015, y produce cerca del 10% del agua dulce que los 3,1 millones de personas en la región a aproximadamente el doble del costo de la otra fuente principal de agua.

Una segunda planta, similar a Carlsbad, se está construyendo en Huntington Beach, California, con la misma capacidad de producción. Actualmente hay 11 plantas de desalinización en California, y se propone construir 10 plantas más en el futuro próximo.

Del punto de vista ambiental otro factor de preocupación es que la operación de estas grandes plantas desaladoras puede implicar aumentos importantes en las emisiones de GEI cuando las fuentes de energía utilizadas provienen de combustibles fósiles, como es lo que ocurre en la mayor parte del mundo, particularmente en la mayor parte de los países del oriente medio ricos en petróleo.

De otro lado la producción y deposición de salmuera en el mar, también es motivo de preocupación. Un reciente estudio del Instituto de las Naciones Unidas para el

Agua, el Medio Ambiente y la Salud publicado a principios de este año, sostiene que el problema de los residuos de salmuera se ha subestimado en un 50% y que, cuando se mezcla con los productos químicos destinados a evitar que los sistemas se ensucien, la salmuera es tóxica y causa una grave contaminación. Cabe señalar que se requieren dos litros de agua de mar para producir uno de agua dulce. El resto se debe devolver al mar.

En términos de costos una alternativa más conveniente, es desalar aguas salobres no marinas, cuando se cuentan con fuentes de aguas de esas características. Dado que el mayor componente de costos es la energía para eliminar la sal, y que las aguas salobres tiene una concentración muy baja, la energía requerida para el proceso es sustantivamente menor. En Estados Unidos, Arizona y Texas han construido un gran número de plantas para trabajar con aguas salobres, aprovechando que disponen de depósitos importantes de ellas.

2.4.2.1. La situación y las perspectivas para Chile

Chile cuenta con actualmente con 23 plantas desaladoras (con capacidad de producción superior a 10 l/s), las que en conjunto tienen una capacitad de producción de 8.019 l/s. Se espera que al 2023 con la entrada en operaciones de nuevas plantas, la producción llegue a los 10.800 l/s y que para el 2032, se triplique.

Existen además numerosas plantas desaladoras de pequeño tamaño para atender necesidades de agua potable para sectores rurales aislados y caletas pesqueras entre otros. Solo para el sistema de Agua Potable Rural (APR) se han identificado 42 plantas desaladoras más.

Del total de agua desalada producida, el 78% tiene como destino la minería, el 19% las empresas sanitarias, y el 3% restante, otro tipo de empresas.

En el caso de la minería del cobre el 68% del agua desalada utilizada corresponde a agua dulce y el 32% agua desalada. Se espera que al año 2032 el 68% del agua utilizada, sea desalada.

Dado el crecimiento de las actividades mineras, el aumento del consumo humano y la disminución de la disponibilidad de agua como consecuencia del cambio climático, aumentarán el número y capacidad de producción de nuevas plantas desaladoras. Gran parte de ello corresponde a nuevos

proyectos, al menos 11, que entrarán en operación en el corto y mediano plazo para ampliar capacidades de plantas ya existentes, reemplazar otras y también nuevos proyectos. La mayoría de ellos estarán ubicados en las regiones de Antofagasta y Atacama.

Hacia 2031 **la Región de Antofagasta liderará la cantidad de plantas desaladoras en el país,** las que abastecerán el 66% del consumo de la industria del cobre en esa región. Le seguirán Atacama, con un consumo de 16%; Tarapacá, con el 14%, y Coquimbo, con un 4% de su consumo de agua proveniente del mar.

Entre los 15 proyectos de desaladoras que están en carpeta destacan el proyecto de infraestructura complementaria INCO, que la empresa Antofagasta Minerals construye en Coquimbo y que incluye una tubería de 150 km de longitud para transporte de agua; la Planta Desaladora Distrito Norte de Codelco en Antofagasta; Quebrada Blanca Hipógenos de Teck en Tarapacá, y el proyecto Santo Domingo de Capstone Mining en Atacama[19].
De acuerdo a la Asociación Chilena de desalinización (ACADES), hoy hay una capacidad de producción de 9543 litros por segundo (**Ver Cuadro 2.16**), cifra que se duplicará al 2026 y triplicaría al 2032. En los próximos 10 años vamos a triplicar la capacidad instalada en Chile', comenta Carlos Foxley, presidente de la Asociación Chilena de Desalinización (ACADES), sobre el potencial de las plantas de desalación de agua de mar que se proyecta construir en el país.

[19] Reporte Minero Febrero de 2021. En https://www.reporteminero.cl/noticia/mineria-sustentable/2021/02/industria-minera-desaladoras

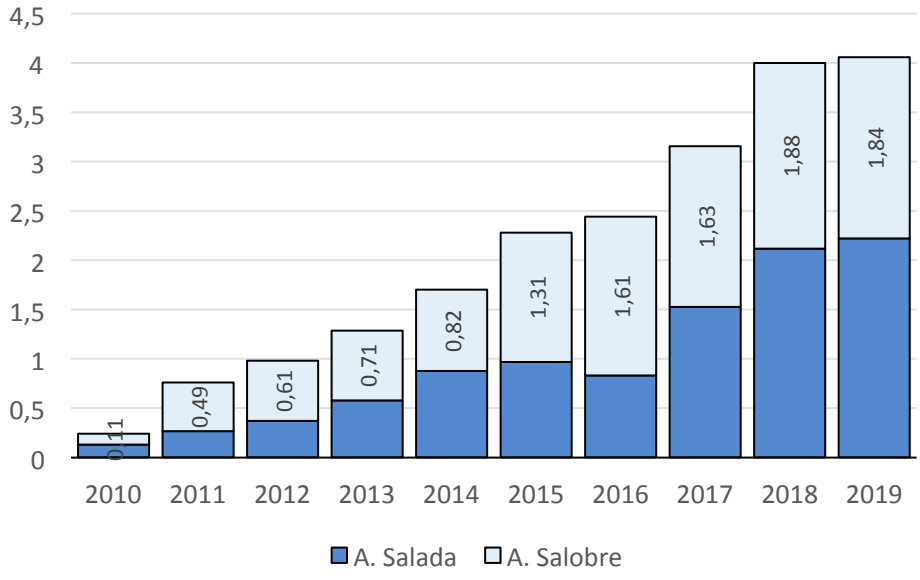
Cuadro 2.16. Plantas desaladoras.

Región	Nombre	litros/seg.	Uso
Arica Parinacota	Planta Desaladora Arica	412	Agua Potable
Tarapacá	Planta Desaladora Chavanallita	9.25	Agua Potable
Antofagasta	Minera Escondida 1	525	Minería
Antofagasta	Minera Escondida EWSE	2.500	Minería
Antofagasta	Minera Escondida EWSE	833	Minería
Antofagasta	Spence (Caitan)	1.000	Minería
Atacama	Candelaria	500	Minería
Atacama	Mantoverde	120	Minería
Antofagasta	Planta Desaladora Hornitos	4.3	Agua Potable
Atacama	Aguas Cap	600	Minería
Antofagasta	ADASA La Chimba	1.053	Agua Potable
Antofagasta	ADASA Tocopilla	75	Agua Potable
Antofagasta	ADASA Taltal	23	Agua Potable
Antofagasta	Paposo	1.4	Agua Potable
Atacama	Águas Atacama	450	Agua Potable
Atacama	Planta Desaladora Bahía Caldera	95.6	Agua Potable
Coquimbo	Comité APR Chungungo	5.6	Agua Potable
Atacama	Guacolda	70	Mixto
RM	Angamos & Cochrane	60	Industria
Antofagasta	Engie Tocopilla & Mejillones	40	Minería
Biobío	Colbún, Coronel	30	Mixto
Magallanes	Methanex	40	Hidrogeno verde
Atacama	Gasatacama	30	Agua Potable
Antofagasta	Molymet	10	
XI	Islas Huicha APR	2.8	
	Total	**9.543**	

Fuente: Elaboración propia con antecedentes de Asociación Chilena de desalinización (ACADES).

En el caso de la minería, el agua para desalar proviene del mar y de fuentes salobres en tierra (**Ver Figura 2.42**). Entre el año 2010 y el 2019, la desalación de agua de mar creció 17 veces, en tanto que, para las aguas salobres, el crecimiento fue de 14 veces.

Figura 2.42. Evolución histórica de la producción de agua desalada para la minería a partir de agua de mar y de fuentes salobres.



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de ACADES.

2.4.2.2. Los desafíos

Los antecedentes entregados por el IPCC en sus informes destacan claramente la vulnerabilidad de Chile frente a los impactos negativos del Cambio Climático, especialmente respecto a la disponibilidad de recursos hídricos debido a la reducción de las precipitaciones previstas en prácticamente todo el territorio nacional. La megasequía experimentada por varios años y sobre la cual desconocemos hasta cuando puede extenderse a pesar de las precipitaciones registradas en el presente año, marca un escenario al menos preocupante. Por otro lado, se constata que la demanda nacional por agua ha crecido estrechamente acoplada al desarrollo social y el crecimiento económico. Lo antes señalado pone de relieve la necesidad imperiosa de priorizar el desarrollo de nuevas fuentes de aguas. AL respecto destaca el dinámico crecimiento de las plantas desaladoras de agua para abastecer la minería y el consumo humano en aquellas localidades donde la situación es crítica y no es posible esperar por otro tipo de soluciones.

En este contexto se plantean las propuestas que siguen a continuación:

1.- Avanzar en el marco jurídico que asegure un tratamiento adecuado del agua de mar y la sustentabilidad de dicho recurso. A este respecto especial importancia reviste la definición de las autorizaciones, concesiones o derechos para extraer agua de mar para desalar. La propuesta de Ley para la desalación del agua de mar aún aprobado a pesar de la dinámica adquirida por la instalación de plantas desaladoras para paliar la escasez de agua dulce para fines de producción minera industrial y consumo humano.

2.- Coherente con lo anterior formular una **Estrategia Nacional de Desalinización que establezca las orientaciones y prioridades en el uso del agua de mar y de la instalación de plantas desalinizadoras.**

3.- **Modificar el procedimiento de solicitud y caducidad de las concesiones marítimas, estableciendo la prevalencia del uso de las aguas para el consumo humano y doméstico y saneamiento, así como,** también, para **la mantención de un caudal ecológico en los acuíferos.**

4.- Buscar junto al MOP y otras instancias públicas relacionadas al tema, reducir los tiempos entre la presentación de un proyecto para una desaladora y su puesta en marcha. Actualmente puede llevar seis años en el mejor de los casos.

5.- Promover el desarrollo junto a las universidades, otras empresas y el sector público, proyectos de generación de energía renovables y de menor costo que los basados en combustibles convencionales.

6.- Reforzar el desarrollo de proyectos multiusos a fin de dar mayor escala y reducir costos unitarios.

7.- Preparar formación de recursos humanos capacitados para trabajar en investigación y desarrollo de tecnologías para desalación amigables con el medio ambiente y de menor costos unitarios.

2.4.3. Cosecha de Aguas de Lluvias

La cosecha de agua de lluvia data de siglos atrás, existen ejemplos de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia desde la antigüedad, como por ejemplo la cisterna de Yerebatan Sarayi, construida en Estambul por orden de César Justiniano (527-565 dC), la que tiene capacidad para almacenar 80 mil metros cúbicos de agua de lluvia.

La mayoría de las técnicas de captación de lluvia tienen un origen empírico y han sido desarrolladas a lo largo del tiempo, a partir de las civilizaciones ancestrales de Meso y Sudamérica y de otras regiones del mundo. En los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones.

En América Latina, Brasil es el país que más ha desarrollado y mejorado estas tecnologías, desarrollando dos grandes programas, uno destinado a captar agua para bebida y otro para para producir hortalizas para el grupo familiar y además para obtener agua potabilizada para el grupo familiar.

A raíz del éxito de estas iniciativas tanto para resolver problemas concretos en áreas con poca agua y donde habitan especialmente campesinos pobres, se han desarrollado otros proyectos en México, El Salvador, Honduras, Argentina y otros.

Hay una gran variedad de técnicas adaptadas a diferentes situaciones, las que cumplen diferentes finalidades. Como técnica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se entiende la práctica (obra o procedimiento técnico) capaz de, individualmente o combinadas con otras, aumentar la disponibilidad de agua en el predio, para uso doméstico, animal o vegetal.

Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia. Estas técnicas pueden ser agrupadas en grandes modalidades de captación de agua de lluvia, como las siguientes:

Microcaptación: Consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, en áreas contiguas al área sembrada o plantada, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos. Las técnicas de microcaptación usan las propiedades hidrológicas de un área con pendiente, lisa, poco permeable y sin vegetación, para que genere escorrentía superficial, y las de otra área contigua y aguas abajo, con surcos, bordos, camellones u hoyos, para captar la escorrentía y abastecer el suelo y los cultivos allí sembrados. También es denominada como captación in situ, por tratarse de un proceso de captación y uso en un lugar cercano o contiguo. Por sus características, las técnicas de microcaptación se destinan al suministro de agua para cultivos.

Macrocaptación: Consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas al cultivo (macrocaptación interna) o apartadas del área de cultivo (macrocaptación externa), para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechada por las plantas. Las técnicas de macrocaptación son más complejas que las de microcaptación. Incorporan como principio hidrológico la utilización de un área productora de escorrentía superficial (pendiente más elevada, suelo delgado, área rocosa, etc.), sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo. Entre ambas debe haber estructuras de contención, de conducción de agua, como acequias, canales, zanjas, surcos o camellones.

El agua captada puede también ser utilizada para abastecer estructuras de almacenamiento, como estanques o embalses temporales, para diferentes finalidades. También se puede considerar como técnica de macrocaptación la derivación de fuentes de agua externas al área de cultivo, como torrentes, avenidas y cuencas, mediante bocatomas. La mayor parte de las macrocaptaciones se utilizan en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas.

Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas: No todos consideran la captación y derivación de manantiales y cursos de agua establecidos (nacientes, arroyos, embalses) como captación de agua de lluvia propiamente tal. Sin embargo, estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas. Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez). Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: Esta es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas, hormigón, mampostería o plástico. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico.

2.4.3.1. Experiencias en Chile

En Chile destaca la experiencia del INIA, inicialmente en el secano de la región de O´Higgins, donde las precipitaciones vienen disminuyendo sostenidamente durante los últimos años. Ello ha impulsado a desarrollar e implementar acciones de adaptación, como la instalación de sistemas de captación de agua de lluvias. Como resultado de la sequía, muchas municipalidades de la región tienen que apoyar a las familias con el abastecimiento de agua mediante camión aljibe, entre diciembre y mayo. Esta situación se ve agravada cuando se producen discontinuidades en el suministro; por ejemplo, en el caso de huelgas en el sector de suministro con camiones aljibe, lo que incrementa la probabilidad de conflictos sociales.

En el año 2009-2010, con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Unión Europea, se inició un proyecto para captación de agua de lluvias por pequeños agricultores. En esa época, los agricultores realizaban captación de agua de lluvia mediante almacenamiento en botellas de plástico de diferentes capacidades y depósitos metálicos de 200 litros.

Los tejados de las casas se emplean como superficie colectora del agua de lluvia. El agua es conducida mediante tubos de PVC a estanques que pueden tener una capacidad de 5.400 a 20.000 litros. Es importante que las estructuras de almacenamiento sean resistentes a los sismos, lo que contrasta con otras estructuras utilizadas en América Latina y el Caribe, como por ejemplo en el semiárido brasileño, con menores requisitos estructurales. Otros sistemas de

captación efectivos son los atrapanieblas, que captan el agua de la humedad que se estrella contra una malla, produciendo un agua de mucha calidad.

Cabe destacar el potencial del riego tecnificado por goteo en sistemas de producción de hortalizas en pequeños invernaderos familiares aplicando técnicas de cultivo hidropónico que permiten obtener varias cosechas.

Otro aspecto destacable de esta tecnología es la producción de forraje hidropónico, especialmente útil para la alimentación de pollos y conejos, que se comen todo el "pastel de forraje", incluidas hojas, tallos y raíces, tiernos y nutritivos. Estos sistemas han sido aplicados por agricultores que también son propietarios de restaurantes y que crían conejos para abastecer el negocio.

Otro sistema de captación de agua de lluvia es el tranque acumulador, orientado a pequeños y grandes agricultores. El agua es captada mediante terrazas colectoras y conducida por caminos con una pendiente ligera que llevan el agua hasta depósitos de entre de 1.000 y 1.500 metros cúbicos.

La Universidad de Talca ha desarrollado desde hace varios años, iniciativas para diseñar sistemas de captación de aguas de lluvias en sectores rurales y urbanos de pequeño tamaño.

Con motivo de la gran sequía que afecta al país, durante el segundo período de gobierno de la presidenta Michelle Bachelet, se desarrolló un programa piloto para implementar este tipo de soluciones en regiones del sur del país con graves déficits de precipitaciones. Este programa contribuyó a resolver problemas concretos de las familias campesinas, pero también encontró dificultades imprevistas como por ejemplo la oposición de algunas municipalidades que había desarrollado lazos con los proveedores de agua a través de camiones aljibes.

El recrudecimiento de la sequía y los efectos del cambio climático, hacen necesario retomar estas iniciativas y escalarlas para llegar a muchas más familias rurales

2.4.4. Trasvase de aguas

2.4.4.1. Río Submarino

Este proyecto está diseñado para trasladar agua a lo largo de la costa, desde la zona al norte y potencialmente hasta Arica. Según sus promotores, una de las ventajas de este proyecto es que se puede construir por partes de acuerdo con la demanda por agua en las distintas localidades costeras.

Se aprovecharían las aguas de la desembocadura de los ríos, no afectando a ningún usuario, los que, por definición, están aguas arriba. El proyecto del Río Submarino consiste es esencia en transportar aguas, cuyos derechos de aprovechamiento pertenecen a la Dirección de Obras Hidráulicas, es decir, el Estado de Chile.

En cuanto a los beneficiarios, se estima que cerca de 3 millones de personas viven en las zonas necesitadas, las que están agrupadas en distintas organizaciones como por ejemplo Comités de Agua Potable Rural. A ello se podrían sumar las mineras, particularmente las pequeñas que no tienen acceso a la desalación y el sector agrícola incluyendo pequeños, medianos y grandes propietarios.

Actualmente, el proyecto se encuentra siendo evaluado en el Ministerio de Obras Públicas para determinar si se declara de interés público; si ocurre, entraría a la Etapa de Proposición que incluye la realización de numerosos estudios (ingeniería de detalle, estudio impacto ambiental, consulta ciudadana e indígena, permisos, modelo de negocio, etc.) para finalmente entrar a la Licitación y Adjudicación de su construcción que tardaría cuatro años hasta el primer tramo que entregaría agua en el primer destino requerido.

De acuerdo con los promotores del proyecto, la tecnología a emplear consiste en una innovación desarrollada por Vía Marina para el transporte de grandes cantidades de agua sobre amplias distancias bajo el mar, que a través del tubo flexible SubmaFlex busca satisfacer principalmente las necesidades hídricas del sector agrícola.

Esta construido por un tejido de fibras textiles termoplásticas de alta resistencia similares al Kevlar, material de los chalecos antibalas, estructura que respeta las normas internacionales y chilenas en materia de contacto alimentario.

El tubo, que alcanzaría hasta 4 metros de diámetro, es similar a las mangueras de bomberos y está constituido por varias capas superpuestas para alcanzar la resistencia adecuada.

Su vida útil es de más 50 años y está diseñado con un coeficiente de seguridad de 3; esto quiere decir que debe resistir una presión interna de hasta tres veces la presión máxima del servicio, cuando usualmente el coeficiente de seguridad de cualquier tubería es de 2.

Las instalaciones terrestres antigolpes de ariete aseguran la permanencia de una presión interna mínima suficiente para resistir la presión externa sin que el ducto colapse. Sin embargo, si ese fuera el caso por cualquier motivo, una vez restablecida la presión interna adecuada, el tubo vuelve a hincharse como un globo.

Cabe destacar que el sistema contempla métodos de reparación del ducto en el fondo del mar, si es que fuese necesario.

Proyecto Piloto. En octubre de 2019, en un voto unánime de aprobación, el Concejo de la Municipalidad de Puerto Aysén, aprobó una subvención que permitirá el financiamiento para la construcción de un río submarino que lleve agua a la comunidad de Isla Las Huichas a través de un ducto submarino.

La iniciativa tiene carácter de piloto del proyecto Aquatacama, y su inversión se estima entre US$ 14 y 15 millones. El proyecto transportará más del doble del agua dulce consumida hoy en la isla. La toma se realizará en la isla Melchor, en el río Brenner que descarga al lago Francisco Encina y está situado a aproximadamente 50msnm, lo que representa una situación gravitacional óptima para realizar el proceso de transporte sin la necesidad de inyectar fuerza motriz.

La longitud del ducto submarino será de aproximadamente 15km. y su material consiste en un plástico resistente similar al que usan los chalecos antibalas y que le permite ser más fuerte que el acero y más flexible que la fibra de carbono.

El tubo recorre el relieve del lecho submarino que alcanza cerca de 200m de profundidad desde Isla Melchor hasta alcanzar la Isla Las Huichas, lastrado, pero no anclado; transportando agua dulce que es más liviana que la del mar. El ducto

tiende a flotar y ante una avería solo basta levantarlo a la superficie del mar, parcharlo y volver a poner peso para que retorne a su posición original.

Suponiendo que el proyecto logra obtener el visto bueno de Ministerio de Obras Públicas, su factibilidad definitiva dependerá de varios factores, entre los cuales se pueden destacar los siguientes;

a. de la seguridad de contar con los Derechos de Aprovechamiento de Aguas que pertenecen a la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP y con los caudales que éstos asignan
b. de los costos directos e indirectos del proyecto
c. de que la tecnología, que será puesta a prueba en el proyecto piloto a implementar en la isla Huichas en la región de Aysén.
d. Del costo unitario para el consumidor final (Agricultura, Minería)
e. De la disposición a pagar de los consumidores.

2.4.4.2. Carretera Hídrica

La *Carretera Hídrica* consiste en un proyecto de cinco tramos de canalización, los cuales permitirían transportar agua desde el sur hacia el norte del país, específicamente desde la Región del Bío Bío hasta Atacama. Algunos de los beneficios, serían la duplicación de las exportaciones agroalimentarias de Chile, la generación de 1.000.000 de puestos de empleo, y una inversión estimada de 30.000 millones de dólares.

“La longitud total de los tramos suma cerca de 3.900 kilómetros, ya que se trata de un trazado serpentino entre esas regiones”, afirman los impulsores en un comunicado. Además, esperan que la *Carretera Hídrica* se pueda hacer como concesión a través de una alianza público-privada. El agua para la Carretera Hídrica sería extraída específicamente del río Queuco, un afluente del rio Bío Bío utilizando los derechos disponibles que tienen los privados o el Estado. Según el principal promotor del proyecto, se tratade derechos de aprovechamiento de aguas, que se utilizan cuando los agricultores no los requieren, en el período invernal, y agrega que actualmente el 85% de las aguas de Chile se va al mar.

La carretera partiría en Los Ángeles y terminaría en Copiapó, que tiene mil entregando aguas en las zonas que se pueden ir incorporando, dando dar seguridad de riego a 150.000 hectáreas actuales e incorpora 450.000. También contempla la canalización de La Araucanía, que significan algo más de 250.000 hectáreas", y la habilitación de terrenos que hoy no son aptos para la agricultura.

El costo del proyecto fluctuaría entre los US$ 19.000 millones hasta un tope máximo de US$ 30.000 millones su implementación requeriría en total de unos doce años entre los estudios detallados de ingeniería (4 años) y su construcción.

Los detractores del proyecto destacan principalmente la menor disponibilidad de agua que implicará el cambio climático y posiblemente la no disponibilidad de los propietarios de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas a desprenderse de ellos. Otro argumento resalta las malas experiencias con los trasvases de agua, especialmente en España, y por último, se destacan los impactos negativos que puede implicar sobre las comunidades aledañas al lugar de inicio de la carretera, así como efectos negativos sobre la biodiversidad.

2.5. BIBLIOGRAFÍA

Barreto, T., Borja, P., y Moraes, L. (2014). PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BAIANO:
DISCUTINDO RESULTADOS. 12.º Congresso da Água

Castillo, R., Barriga, F., Fernández, L., Gómez, G., Ortega, M.K., Álvez, A., y Vidal, G. (2022). *Estudio Comparado de la Regulación de Cosecha de Aguas Lluvias*. Recuperado de https://www.crhiam.cl/wp-content/uploads/2022/09/N%C2%BA44_Serie-comunicacional-CRHIAM-Estudio-comparado-de-la-regulaci%C3%B3n-de-cosecha-de-aguas-lluvias.pdf

Centro UC Derecho y Gestión de Aguas. (2021a). *El agua en las Constituciones de América*. Recuperado de http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/285-hh22vff/file

Centro UC Derecho y Gestión de Aguas. (2021a). *El agua en las Constituciones de Oceanía*. Recuperado de http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/297-hh23oceania-1/file

Centro UC Derecho y Gestión de Aguas. (2021a). *El agua en las Constituciones de Europa*. Recuperado de http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/311-hh24-el-agua-en-las-constituciones-de-europa/file

Centro UC Derecho y Gestión de Aguas. (2021a). *El agua en las Constituciones de África*. Recuperado de http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/359-hh27africa2/file

Centro UC Derecho y Gestión de Aguas. (2021b). *El agua en las Constituciones de Asia*. Recuperado de http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/357-hh28asia/file

Centro UC Derecho y Gestión de Aguas. (2022). *Proyectos de ley sobre desalinización de agua de mar. En particular, el Boletín N°11.608-09*. Recuperado de http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/documentos/new/615-hh-n-37-desalinizacion/file

Consejo de Concesiones. (2021). *Acta Ordinaria Sesión Ordinaria de noviembre de 2021*. Recuperado de https://concesiones.mop.gob.cl/Consejo_Concesiones/Documents/2021/Acta_Ordinaria_2021_Noviembre_20211130.pdf

Crocco, J. (2021). *Megasequía: Diagnóstico, impactos y propuestas*. Recuperado de https://www.infraestructurapublica.cl/wp-content/uploads/2021/04/MEGASEQUIA.pdf

Derecho e Ingeniería del Agua. (2019). *"Desarrollo de un Modelo Regulatorio-Institucional-Financiero que Viabilice el Reúso de las Aguas Residuales en Chile"* Informe Final. Recuperado de http://diagua.cl/wp-content/uploads/2019/10/Propuesta-de-Marco-Regulatorio-para-Reu%CC%81so-de-AST-2019.pdf

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusamme- narbeit, Centro de Energía Universidad de Chile y Ministerio de Energía. (2020). *Identificación de zonas para el desarrollo de proyectos integrales de agua y energía*. Recuperado de https://4echile.cl/wp-content/uploads/2022/01/Informe_final-Agua-y-Energia.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2019). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LA MACROZONA SUR Y PARTE NORTE DE LA MACROZONA AUSTRAL, SIT N° 441. M*. Recuperado de https://snia.mop.gob.cl/sad/REH5878v1.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2020). *PRONÓSTICO DE CAUDALES DE DESHIELO TEMPORADA DE RIEGO 2020-2021*. Recuperado de https://media.elmostrador.cl/2021/08/Pronostico_2020_2021.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2021). *PRONÓSTICO DE CAUDALES DE DESHIELO TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022*. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Documents/Pronostico_2021_2022.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2022a). *Informe Hidrometeorológico Semanal*. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Paginas/default.aspx

Dirección General de Aguas (DGA). (2022b). Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

Donoso, G., y Rivera, D. (2019). Desafíos del reúso de aguas residuales tratadas en Chile. En A. Cairampoma, P. Villegas, *Gestión de aguas residuales: vertimiento, tratamiento y reutilización. Séptimas Jornadas de Derecho de Aguas* (pp. 71-88). Lima, Perú.

Global Water Intelligence. (2015). *Industrial Water Technology Markets 2015*. Recuperado de

https://www.globalwaterintel.com/client_media/uploaded/Chantal/Industrial_Water_Technology_Markets_sample_chapter.pdf

Global Water Intelligence. (2021). *Water Treatment Systems MARKET ANALYSIS, 2017 - 2030 BASE YEAR: 2021*.

Julio, N., Figueroa, R., y Ponce, R. (2021). *Gobernanza y Gestión del Agua en el Marco de la Seguridad Hídrica*. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1pCtpfQYQbpXRZi9KT0BVUpOXYrIfnBhH/view

Marquet, P.A., Gaxiola, A., Áviña-Thieme, M., Pica-Téllez, A., Vicuña, S., Alaniz, A., Etcheverry, G., González, D., Jara, V. & Menares, L. (2022). *Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47883/S2100898_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Obras Públicas. (2020). *Mesa Nacional del Agua: Primer Informe*. Recuperado de https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29307

Morales, P. (2021). *Escasez hídrica en Chile*. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32023/3/Escasez%20hi%CC%81drica%20en%20Chile%20y%20las%20proyecciones%20del%20recurso.pdf

Natural Resources Defense Council (NRDC). (2020). *La gran estafa hídrica: reguemos Chile es una respuesta delirante y equivocada a la megasequía en Chile*. Recuperado de https://www.nrdc.org/sites/default/files/hydro-highway-robbery-reguemos-chile-ib-sp.pdf

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2017). *Estudio de Adaptación a la Restricción de Recursos Hídricos en Chile*. Recuperado de https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/3682/EstudioRecursosHidricos201712.pdf

Oficina Internacional del Agua. (2013). *Desarrollando habilidades para el mejor manejo del agua*. Recuperado de https://www.oiagua.eu/avancementdenosprojets/desarrollando-habilidades-para-el-mejor-manejo-del-agua

Pimiento, J.A., y García, G. (2021*). Lecturas de derecho de aguas. El derecho de aguas en Latinoamérica y Europa*. Recuperado de https://publicaciones.uexternado.edu.co/gpd-lecturas-de-derecho-de-aguas-9789587906165.html

Ponce, R., Rivera, D., Godoy, A., Figueroa, R. (2020). *Evaluación Económica de un Proyecto de Carretera Hídrica*. Concepción, Chile. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1X7eGglZEfF0dX41rJLoeBCQVUC2F3lF3/view

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018. Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión del Agua*. Recuperado de https://reliefweb.int/report/world/soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-la-gesti-n-del-agua

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2021). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021. El Valor del Agua. Datos y Cifras*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647

Stehr, A., Álvarez, C., Álvarez, P., Arumí, J.L., Baeza, C., Barra, R.,…Yevenes, M. (2019). *Recursos hídricos en Chile: Impactos y adaptación al cambio climático*. Recuperado de https://cdn.digital.gob.cl/filer_public/e6/ff/e6ff260a-d926-4210-83e6-ad7b840b320c/19agua-recursos-hidricos-stehr.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2021). *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2021*. Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-19743_recurso_1.pdf

Sustainable Minerals Institute Centre of Excellence Chile. (2019). *Estudio de Interconexión Hídrica: Oportunidades y Desafíos para Chile*. Recuperado de https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2019/05/Interconexi%C3%B3n-H%C3%ADdrica-IFinal-Rev-C.pdf

UNESCO y ONU-Agua. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611.locale=es

UN-Water. (2021). *Summary Progress Update 2021 – SDG 6 – water and sanitation for all. Version: July 2021*. Geneva, Switzerland.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País:

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

BOSQUES NATIVOS



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

BOSQUES NATIVOS

Autores:
Antonio Lara Aguilar (1) (2) (3)
Rocío Urrutia-Jalabert (2) (4)
Alejandro Miranda Cerpa (2) (5)
Mauro González-Cangas (1) (2) (6)
Carlos Zamorano-Elgueta (2) (4)

(1) Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
(2) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Santiago.
(3) Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, Valdivia.
(4) Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad de Aysén, Coyhaique.
(5) Laboratorio de Ecología del Paisaje y Conservación, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de
La Frontera, Temuco.
(6) Center of Fire and Socioecosystem Resilience (FireSes)

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 3. BOSQUES NATIVOS

Antonio Lara[1,2,3], Rocío Urrutia-Jalabert[2,4], Alejandro Miranda[2,5], Mauro González[1,2,6], Carlos Zamorano-Elgueta[2,4] 1. Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.2 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Santiago. 3 Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, Valdivia- 4. Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad de Aysén, Coyhaique. 5. Laboratorio de Ecología del Paisaje y Conservación, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera, Temuco. 6. Center of Fire and Socioecosystem Resilience (FireSes)

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **6**

AGRADECIMIENTOS **8**

BOSQUES NATIVOS **10**

3.1. ÁREA DE BOSQUE NATIVO *11*

3.2. CAMBIOS RECIENTES EN EL ÁREA DE BOSQUE NATIVO *16*

3.2.1. Causas de disminución del área (pérdida) de bosques nativos en el periodo 2001 - 2019. 18

3.3. INCENDIOS *23*

3.4. DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES NATIVOS *33*

3.4.1. Hacia una definición de bosques degradados 33

3.4.2. Estimación de Degradación de Bosques Nativos en Chile 34

3.4.3. Propuestas metodológicas recientes 37

3.4. VULNERABILIDAD DE LOS BOSQUES NATIVOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO *40*

3.4.1. Reducción del vigor en bosques mediterráneos asociado a la megasequía de 2010-2022 40

3.4.2. Cambios en el crecimiento de los bosques mediterráneos y templados asociados al cambio climático 42

3.4.3. Otros impactos de las sequías y el cambio climático sobre los bosques templados 46

3.4.4. ARClim, Atlas de Riesgos Climáticos para los Bosques Nativos 47

3.5. INICIATIVAS DEL ESTADO Y COMPROMISOS NACIONALES PARA LA GESTIÓN DE BOSQUES EN EL MARCO DEL CAMBIO CLIMÁTICO *49*

3.5.1. Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Chile 49

3.5.2. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) 50

3.5.3. Proyecto + Bosques, juntos contra el cambio climático 51

3.5.4. Mercado voluntario del Carbono 57

3.6. POLÍTICAS PÚBLICAS RESPECTO DEL BOSQUE NATIVO *62*

3.6.1. Principales Avances y desafíos para la conservación, manejo y restauración del bosque nativo 62

3.6.2. Principales Desafíos 70

3.6.3. Propuestas de Políticas Públicas 78

3.7. PROPUESTA CONSTITUCIONAL *81*

3.7.1. Constitución de 1980 81
3.7.2. Inclusión de los bosques naturales o nativos en constituciones de otros países de Sudamérica. 82
3.7.3. Propuesta de la Convención Constituyente 83
3.7.4. Elementos que se recomienda recoger en una nueva propuesta de constitución 85
3.8. CONCLUSIÓN FINAL *86*
3.9. AGRADECIMIENTOS *87*
3.10. BIBLIOGRAFÍA *88*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Antonio Lara (por su dirección de este capítulo en los 8 Informes), Marcos Cortés, Cristián Echeverría, René Reyes, Rocío Urrutia, Mauro González, Alejandro Miranda, Adison Altamirano, Carlos Zamorano.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la

Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

BOSQUES NATIVOS

Autores: Antonio Lara[1,2,3], Rocío Urrutia-Jalabert[2,4], Alejandro Miranda[2,5] Mauro González-Cangas[1,2.6], Carlos Zamorano-Elgueta[2,4]

Este capítulo tiene por objetivo hacer un diagnóstico actualizado de la situación del bosque nativo en cuanto a su área total, tasas de pérdida debido a cambio hacia otros usos del suelo plantaciones forestales de especies exóticas, habilitación de terrenos agrícolas, urbanización y otros). Se presentan y analizan las estadísticas de incendios forestales debido a diferentes causas, y la degradación de bosques nativos. Además, se analizan los impactos de estos procesos sobre las emisiones y capturas de carbono tanto de bosques nativos como de plantaciones forestales, y de los esfuerzos que se están realizando para reducir las emisiones y aumentar las capturas de estos ecosistemas. Examina las contribuciones nacionalmente determinadas NDC) con que Chile está comprometido ante la Convención de Cambio Climático relativas a forestación y restauración, así como las acciones climáticas que nuestro país está desarrollando, y los fondos que se han creado para ello. También documenta los impactos del cambio climático de distintos tipos de bosques nativos y su vulnerabilidad ante dichos cambios. El capítulo de bosques nativos en esta versión del informe país enfatiza el análisis de las políticas públicas en cuanto a los avances logrados y los principales desafíos, así como en las recomendaciones para dichas políticas.

A partir del análisis efectuado se presentan las siguientes cinco propuestas de políticas consideradas prioritarias: 1) Dotar al Estado de una institucionalidad robusta y actualizada, a través de la creación del Servicio Nacional Forestal SERNAFOR) y del Servicio de Biodiversidad SBAP); 2) Aumentar significativamente el financiamiento público para lograr la administración, regulación, conservación, restauración y el manejo sustentable del bosque nativo; 3) Reforzar la divulgación y educación en torno al bosque nativo así como de los espacios para la discusión a fin de superar la falta de acuerdos entre las partes interesadas respecto del bosque nativo y las plantaciones forestales y 4) El Estado debe promover la

[1] Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
[2] Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Santiago.
[3] Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, Valdivia.
[4] Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad de Aysén, Coyhaique.
[5] Laboratorio de Ecología del Paisaje y Conservación, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales Universidad de La Frontera, Temuco.
[6] Center of Fire and Socioecosystem Resilience (FireSes)

coordinación y coherencia entre sus instituciones y políticas así como ampliar e intensificar la cooperación con propietarios, organizaciones de la sociedad civil y sector privado así como en el ámbito internacional construyendo sobre importantes logros alcanzados en materia de restauración y conservación. 5) Generación y/o fortalecimiento de NDC, incentivos y otras acciones del Estado para promover la adaptación al cambio climático en lo que es pertinente a los bosques nativos.

Por último, a partir del análisis de los artículos de la propuesta de la Convención Constituyente efectuadas en 2022, relativas a los bosques nativos y a los derechos de la naturaleza se propone la incorporación de la perspectiva, conceptos y contenido de estos artículos a una nueva propuesta de constitución, con la única excepción de la letra h) del artículo 202 (administración de los bosques y las áreas protegidas como una atribución de las regiones).

3.1. ÁREA DE BOSQUE NATIVO

Entre los años 1994 y 1997 se realizó el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, conocido y nombrado en adelante como Catastro. Su objetivo fue cartografiar los bosques nativos y demás categorías de uso/cobertura del suelo en Chile, incluyendo principalmente a las plantaciones forestales, humedales, matorrales, praderas naturales, terrenos de uso agropecuario y áreas urbanas (CONAF et al., 1999). La cartografía se hizo sobre la base de la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales y verificación en terreno del 30% de las unidades cartográficas identificadas. El objetivo final del Catastro fue generar un sistema de información geográfico conteniendo la cobertura vegetacional y uso del suelo, que sirviera de línea de base para evaluar a futuro los cambios en la cobertura de bosque y otros usos/coberturas del suelo (CONAF et al., 1999). El Catastro logró cartografiar, clasificar y determinar la superficie existente de bosque nativo a nivel nacional, estimándose un total de **13,4 millones de ha** cubiertos por este tipo de cobertura. Además, tuvo el mérito de que al usar una metodología robusta logró que existiera acuerdo entre el gobierno, empresas, ONGs y otros actores, respecto a la superficie, características y ubicación de los bosques nativos (Lara, 1998). Según se describió en la época en que se terminó este estudio: "*La solidez del catastro pone fin a la incertidumbre y polémica respecto a la disponibilidad y calidad del bosque nativo y genera un nivel de acuerdo sin precedentes entre los diferentes actores del sector forestal, quienes han aceptado el estudio y sus resultados*" (Lara, 1998).

Una vez terminado el Catastro en 1997, CONAF empezó a realizar, el proyecto denominado "Monitoreo de cambios y Actualizaciones" en forma gradual para las distintas regiones administrativas. Estos estudios son conocidos en adelante como Monitoreos mencionando la o las regiones que abarcan. El carácter público y la obligación por parte de CONAF de mantener un catastro de recursos vegetacionales quedó establecida en la Ley de Bosque Nativo y Fomento Forestal Ley 20283 de 2008, en adelante Ley de Bosque Nativo) en donde se señala que las regiones deben ser actualizadas permanentemente en un periodo no superior a 10 años.

De acuerdo a las últimas actualizaciones de CONAF, la superficie total de bosque nativo en el país es de **14.737.486 ha,** ocupando un **19,4**% del territorio nacional (**Ver Cuadro 3.1**). Esta cifra supera en más de un millón de hectáreas el área estimada por el Catastro original 13,4 millones de ha, CONAF et al., 1999), diferencia que ha sido atribuida a modificaciones metodológicas como la principal razón de los cambios reportados CONAF, 2011; Miranda et al., 2018). Otros estudios independientes en general indican menores áreas de bosque nativo respecto de CONAF. Por ejemplo, el estudio cartográfico de Heilmayr *et al*. 2016), estima que entre las regiones de Valparaíso y Los lagos la superficie de bosque nativo es de 5.418.048 ha, mientras que el catastro de bosque nativo estima una superficie de 7.434.567 ha. Zhao *et al*. 2016) estiman 6.162.000 ha de bosque nativo para estas regiones, y 11.421.844 ha a nivel nacional. Las diferencias entre las estimaciones se deben a la definición de la categoría bosque nativo, la cual en el caso de CONAF es menos restrictiva que las de los otros dos estudios, dado que CONAF realiza las estimaciones mediante la digitalización manual de los fragmentos de bosque, mientras los otros trabajos usan métodos digitales de clasificación de imágenes satelitales.

Como fue mencionado anteriormente, desde que el catastro de vegetación nativa concluyó en 1999, CONAF junto a equipos profesionales de la Universidad Austral de Chile y otras instituciones, ha venido desarrollando el proyecto Monitoreo de Cambios y Actualizaciones del Catastro de Vegetación Nativa para diferentes períodos y regiones CONAF, 2011). Recientemente se realizó una evaluación de dicho sistema de monitoreo de bosque nativo que realiza CONAF, respecto a su capacidad como sistema de monitoreo, poniendo a prueba tres criterios básicos que FAO establece como mínimos: i) comparabilidad, ii) replicabilidad y iii) calidad Miranda et al., 2018). Los resultados obtenidos muestran que el sistema de

monitoreo tiene aún desafíos pendientes para estimar los cambios de superficie de los bosques en Chile.

Cuadro 3.1. Superficie de bosque nativo por región.

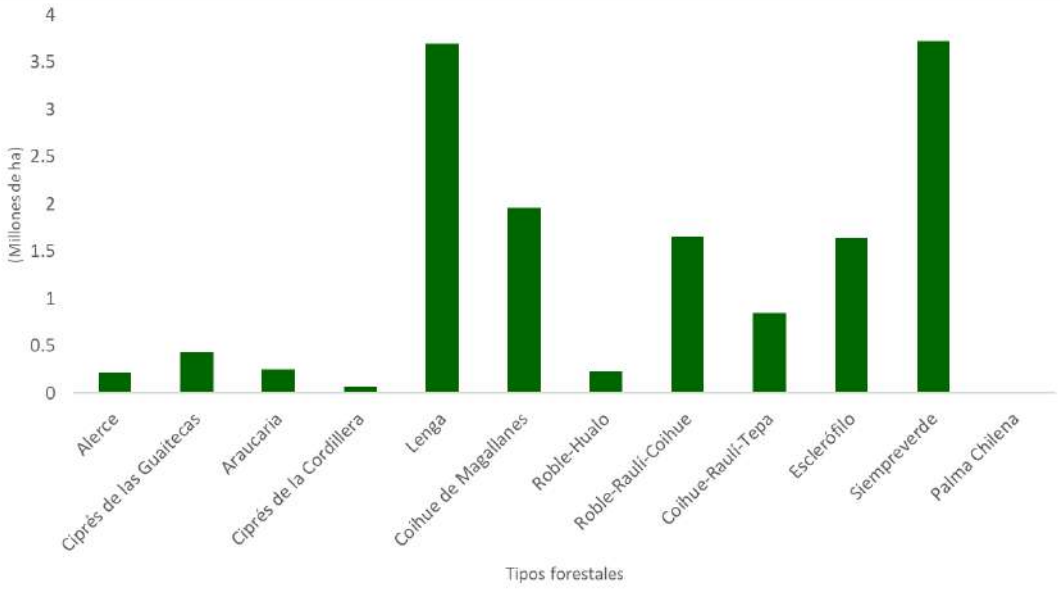
Región	Bosque Nativo Adulto	Bosque Nativo Renoval	Bosque Nativo Adulto-Renoval	Bosque Nativo Achaparrado	Total	Año de Actualización
Arica y Parinacota	0	0	47.151	0	47.1.51	2014
Tarapacá	31.684	1.562	0	0	33.246	2016
Antofagasta	11.897	0	2	0	11.899	2018-2019
Atacama	3.066	156	3	0	3.224	2018
Coquimbo	48.475	0	0	0	48.475	2015
Valparaíso	1.150	482.013	927	26	484.116	2012
Metropolitana	19	346.697	17.239	0	363.955	2012
O'Higgins	6.948	434.391	16.903	1.067	459.309	2012
Maule	12.299	534.632	20.563	14.021	581.515	2016
Ñuble	9.068	201.786	8.423	28.703	247.980	2015
Biobío	76.739	419.284	56.723	44.826	597.573	2015
La Araucanía	275.196	483.275	120.173	85.508	964.153	2013
Los Ríos	444.746	289.694	128.678	45.414	908.531	2013
Los Lagos	1.418.612	742.423	253.268	413.134	2.827.436	2012
Aysén	2.534.750	459.931	245.919	1.158.144	4.398.745	2011
Magallanes y de La Antártica	911.456	140.741	816.822	891.158	2.760.177	2017-2019
Total	5.786.104	4.536.586	1.732.793	2.682.001	14.737.485	

Fuente: CONAF, 2022. Estimaciones a julio de 2021 http://sit.conaf.cl/

Las diferencias con informes previos se deben a actualizaciones regionales del catastro de bosque nativo, así como también a nuevas definiciones de bosques en zonas áridas lo que permitió por primera vez describir bosques naturales en las regiones de Antofagasta y Atacama con 11.899 y 3.224 ha respectivamente, siendo estos definidos principalmente como bosques adultos (**Ver Cuadro 3.1**). Dichos cambios metodológicos, que se han producido en las diferentes actualizaciones del catastro de bosque nativo han sido reportados como una de las causales más relevante de los cambios observados en el tiempo (Miranda et al. 2018), introduciendo altos niveles de incertidumbre en la estimación de los cambios que han ocurrido en la superficie de bosque nativo desde el desarrollo del catastro original CONAF et al., (1999). Como ejemplo, el catastro original definió como bosque nativo a las formaciones en las cuales los árboles nativos tuvieran una altura de al menos 2 metros y 25% de cobertura arbórea para las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, y actualmente la categoría bosque nativo en estas regiones considera una cobertura mínima de 10%. Esto origina la inclusión de nuevos parches de bosque nativo donde previamente éstos no se habían considerado o el aumento de la superficie en algunas regiones que, por ejemplo, significó casi triplicar el área considerada como bosque nativo. Estos cambios y sus efectos se encuentran detallados en Miranda et al. 2018) y Lara et al., 2019).

De acuerdo con los datos actualizados por CONAF, la mayor superficie de bosques en Chile corresponde a bosques adultos 39%), ubicados principalmente entre las regiones de Los Lagos y Magallanes (**Ver Cuadro 3.1**). Muchos de estos bosques a su vez han sido considerado como ecosistemas prístinos o paisajes intactos (Potapov et al., 2017). Los tipos forestales presentes en el país corresponden a Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Araucaria, Ciprés de la Cordillera, Lenga, Coihue de Magallanes, Roble-Hualo, Roble-Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, Esclerófilo, Siempreverde, y Palma Chilena (**Ver Figura 3.1**). Las especies dominantes de cada tipo forestal (nombres comunes y nombres científicos) se indican en el **Cuadro 3.2**. El tipo forestal Lenga representa el 25,1% de los bosques nativos del país, de los cuales el 75% se encuentra en las regiones de Aysén y Magallanes. Así mismo, los bosques del tipo forestal Siempreverdes representan un 25,3% de los bosques a nivel nacional, de los cuales un 93% se encuentran entre las regiones de Los Lagos y Magallanes.

Figura 3.1. Superficie de bosques nativos según tipo forestal.



Fuente: CONAF, 2022. Estimaciones a julio de 2021 http://sit.conaf.cl/

Cuadro 3.2. Nombres comunes y científicos de las especies dominantes de los distintos tipos forestales, a partir de Donoso (1981).

Tipo Forestal	**Especies Dominantes**[(1)]	
	Nombre común	**Nombre científico**
Alerce	Alerce, Coihue de Magallanes, Coihue de Chiloé	*Fitzroya cupressoides, Nothofagus betuloides, N. nitida*
Ciprés de las Guaitecas	Ciprés de las Guaytecas, Tepú.	*Pilgerodendron uviferum, Tepualia stipularis*
Araucaria	Araucaria, Lenga, Coihue	*Araucaria araucana, Nothofagus pumilio, N. dombeyi*
Ciprés de la Cordillera	Ciprés de la cordillera	*Austrocedrus chilensis*
Lenga	Lenga (incluye también bosques de Nirre)	*Nothfagus pumilio, N antarctica*
Coihue de Magallanes	Coihue de Magallanes	*Nothofagus betuloides*
Roble-Hualo	Diferentes combinaciones de las siguientes especies: Roble, Hualo, Huala, Ruil	*Nothofagus obliqua, N glauca, N. leonii, N. alessandri*
Coihue-Raulí-Tepa	Coihue, Raulí, Tepa	*N. dombeyi, N. alpina, L. philippiana*
Esclerófilo	Espino, Quillay, Peumo, Litre, Boldo, Maitén, Bollén, Frangel, Belloto del Norte	*Acacia caven, Quillaja saponaria, Cryptocarya alba, Peumus boldus, Maytenus boaria, Kageneckia oblonga, K. angustifolia, Beilschmiedia miersii*
Siempreverde	Coihue, Coihue de Chiloé, Ulmo Tepa, Olivillo, Tineo, Canelo, Mañío de hojas cortas, Mañío de hojas punzantes, Luma, Meli	*Nothofagus nitida, N. dombeyi, Eucryphia cordifolia, Laureliopsis philippiana, Aextoxicon punctatum, Weinmannia trichosperma, Drimys winteri, Podocarpus nubigenu, Saxegothaea conspicua, Amomyrtus luma, A. meli)*
Palma Chilena	Palma chilena, Litre, Quillay, Boldo	*Jubaea chilensis, Lithraea caustica, Quillaja saponaria, Peumus boldus*

[(1)] Los tipos forestales Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Araucaria, Ciprés de la Cordillera, y Palma Chilena, están definidos por la presencia de las especies que los definen, según una densidad mínima establecida en el D.S. 285 (Ministerio de Agricultura 1980). Los demás tipos forestales incluyen combinaciones de diferentes proporciones de algunas de las especies dominantes y, en algunos casos, formaciones de una sola especie arbórea.

3.2. CAMBIOS RECIENTES EN EL ÁREA DE BOSQUE NATIVO

Recientemente la Corporación Nacional Forestal ha iniciado un monitoreo de cambios en el bosque nativo que pretende obtener informes de cambio cada dos años. Dichos informes bi-anuales surgen a raíz de la necesidad de reportar pérdidas ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático según el anexo técnico de resultados REDD+ (ver punto 3.5.2) (CONAF, 2021). También han sido utilizados para el reporte del Inventario de Gases de Efectos Invernadero INGEI), cuya última actualización fue el 2020 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). Si bien es un sistema que tiene una reciente implementación, ya tiene resultados de cambio entre los años 2001-2013, 2013-2016, 2016-2017 y 2017-2019. La cartografía se encuentra disponible en el Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales SIMEF; https://simef.minagri.gob.cl/).

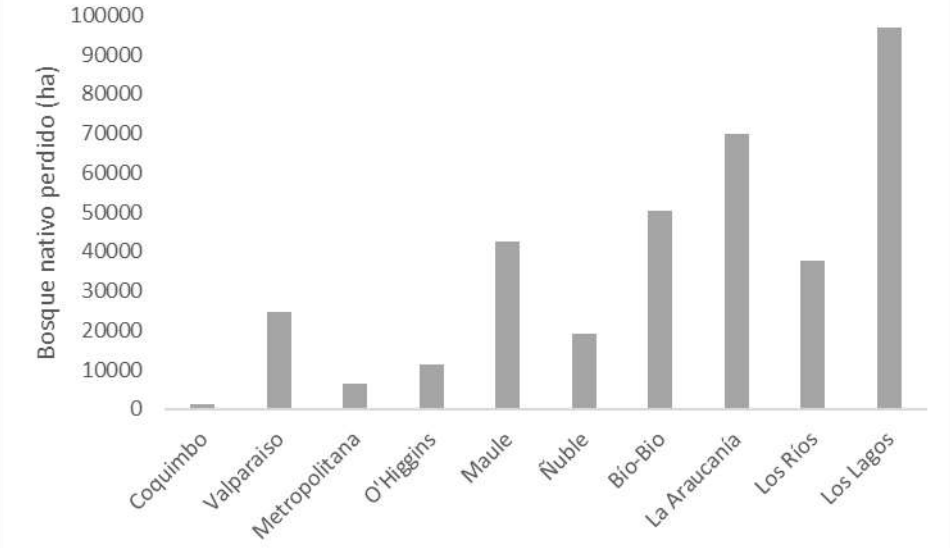
Según las cifras oficiales del sistema de monitoreo de bosque nativo realizado por CONAF, y publicados en SIMEF, entre los años 2001 y 2019 ha habido una pérdida de bosque nativo total de 359.889 ha (promedio 19.994 ha anuales) entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. La región de Aysén no ha sido actualizada, siendo su última medición en el año 2010, habiendo perdido desde el año 1996 4.942 ha (Lara et al., 2019). Por otro lado, la región de Magallanes ha sido actualizada recientemente y se han estimado pérdidas de bosque nativo de 75.153 ha entre los años 2005 y 2019. Estas cifras corresponden a cambios en la cobertura terrestre, es decir cambios en áreas que el año 2001 estaban cubiertas por bosque nativo y en 2019 corresponden a otro tipo de cobertura vegetacional y uso del suelo. Es importante considerar la variabilidad interanual, ya que los incendios pueden aumentar notoriamente las cifras anuales, tal como ocurrió en 2017 en que éstos afectaron a 90.000 ha de bosque nativo (ver punto 3.3). El análisis anterior demuestra como diversas amenazas aún están impactando fuertemente a los bosques nativos y comprometiendo su conservación, y los diversos servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad. Hay que considerar además que estas cifras no incluyen las áreas afectadas por incendios forestales o por la degradación de los mismos por cortas sin métodos silviculturales adecuados, tema que se discute en el punto 3.2.2.2.

En este capítulo hemos optado por no considerar el ingreso de nuevas áreas de bosque ya que en su mayoría corresponden a renovales jóvenes que han

alcanzado los umbrales de altura y cobertura de los árboles para ser incluidos en la categoría de bosque nativo y no son comprables ni podrían compensar la pérdida de renovales de un mayor desarrollo y menos aún con los de bosque adulto. Estos umbrales corresponden a una cobertura arbórea mayor a 10% en algunas regiones, y mayor a 25% en otras, y alturas entre 2 y 4 metros. Por el contrario, las áreas de bosque nativo que se han perdido y que se muestran en la **Figura 3.2** corresponden a bosques adultos, adulto-renoval y renovales de mayor desarrollo, con una composición, provisión de bienes y servicios ecosistémicos, opciones de manejo y valor de conservación muy superiores.

La suma de las pérdidas de bosque nativo, en el período comprendido entre 2001 y 2019, para las regiones de Coquimbo a los Lagos alcanza las 359.888 ha. Sin embargo, si se consideran las cifras no reportadas de otras regiones, la superficie afectada en las últimas dos décadas es cercana a las 450 mil ha, lo que corresponde a un promedio de 25 mil ha/año de pérdidas para dicho período (Miranda et al. 2017). Las mayores pérdidas de bosque nativo por cambios a otros tipos de cobertura vegetacional y uso del suelo se registraron en las regiones de Los Lagos y Araucanía con 96.782 ha y 69.833 ha, respectivamente, y las menores pérdidas ocurrieron en las regiones de Coquimbo y Metropolitana con 1.053 ha y 6.527 ha, respectivamente (**Ver Figura 3.2**).

Figura 3.2. Estimación oficial de Pérdidas de Bosque Nativo por regiones en el período global 2001 - 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de proyecto Monitoreo de Cambios y Actualizaciones del Catastro.

3.2.1. Causas de disminución del área (pérdida) de bosques nativos en el periodo 2001 - 2019.

Chile central y centro-sur (33° - 43° S) estaba dominado principalmente por bosques naturales y matorrales en el periodo prehispánico (Lara et al., 2012). Desde entonces, la pérdida de bosque nativo se ha convertido en el principal cambio de cobertura del suelo en la región, habiéndose reducido en más del 50% de su área original, siendo convertido principalmente a praderas, matorrales, áreas agrícolas y plantaciones forestales (Lara et al., 2012). Las principales fuerzas subyacentes de cambio de cobertura del suelo desde mediados del siglo XIX han sido grandes incendios de origen antrópico y talas para la expansión de la agricultura y la ganadería promovidas por el Estado en el periodo denominado de colonización Euro-Chilena (Donoso y Lara, 1995; Armesto et al., 2010). En décadas más recientes, uno de los principales contribuidores a la pérdida de bosque nativo fue el incentivo para la expansión de plantaciones forestales promovido mediante el decreto de ley 701 de 1974. Esta política forestal y los incentivos a las plantaciones forestales fueron renovados en democracia, continuando operativos hasta el año 2013 (Lara y Veblen, 1993, Lara et al., 2015;2017). Desde las décadas de 1950s y 1960s la erosión del suelo provocada por la agricultura y la ganadería extensiva propició un escenario favorable para la forestación en áreas consideradas como de uso preferentemente forestal (Otero, 2006; Miranda et al., 2017). Si bien con diferentes patrones espaciales y temporales, en las últimas cuatro décadas, el centro y centro sur de Chile ha tenido un alto dinamismo de coberturas de bosques naturales (Miranda et al., 2015). Esto ha determinado que el bosque nativo remanente se concentre principalmente en la Cordillera de los Andes o en fragmentos aislados en la Cordillera de Costa y depresión intermedia compitiendo con otros usos del suelo tales como la agricultura y las plantaciones forestales (Miranda et al., 2015; 2017).

Según cifras oficiales, los mayores contribuidores a la pérdida de bosque nativo en el período 2001-2019 han sido su transformación a plantaciones forestales (38% del total) y cambio hacia matorrales (28% del total), así como transformación a uso agrícola (cultivos y frutales, 20% del total). La pérdida de bosque nativo debido a su conversión a uso agrícola se concentra entre las regiones de Valparaíso y O´Higgins (13.700 ha que representan un 54% del total nacional), lo cual en parte puede atribuirse en una proporción no determinada a la expansión de los cultivos de paltos. Estos resultados son consistentes con los aportados por estudios anteriores en cuanto a los contribuidores de pérdida (Lara y Veblen, 1993; Lara et al., 1996; Armesto et al., 2010; Lara et al., 2011; Heilmayr et al.,

2016; Miranda et al., 2017). El detalle por región y diferentes contribuidores se observan en el **Cuadro 3.3** y **Figuras 3.3** y **3.4**. De acuerdo a estas estimaciones, esta pérdida se debe principalmente a cambios hacia plantaciones, matorrales, praderas y terrenos agropecuarios, suelos desnudos y asentamientos humanos, aunque también incluyen otras causas naturales como vulcanismo y deslizamiento de tierra (**Ver Cuadro 3.3**). En la región de Magallanes, las pérdidas de bosque nativo son atribuidas principalmente a la habilitación para uso agrícola y ganadero 56% del total regional) e intervenciones silvícolas 16% del total regional). Además de la pérdida directa de bosque nativo para la habilitación agrícola o sustitución por plantaciones forestales, hay pérdidas producidas por incendios forestales y degradación de los bosques que se suman al deterioro de estos ecosistemas naturales en todo el territorio nacional.

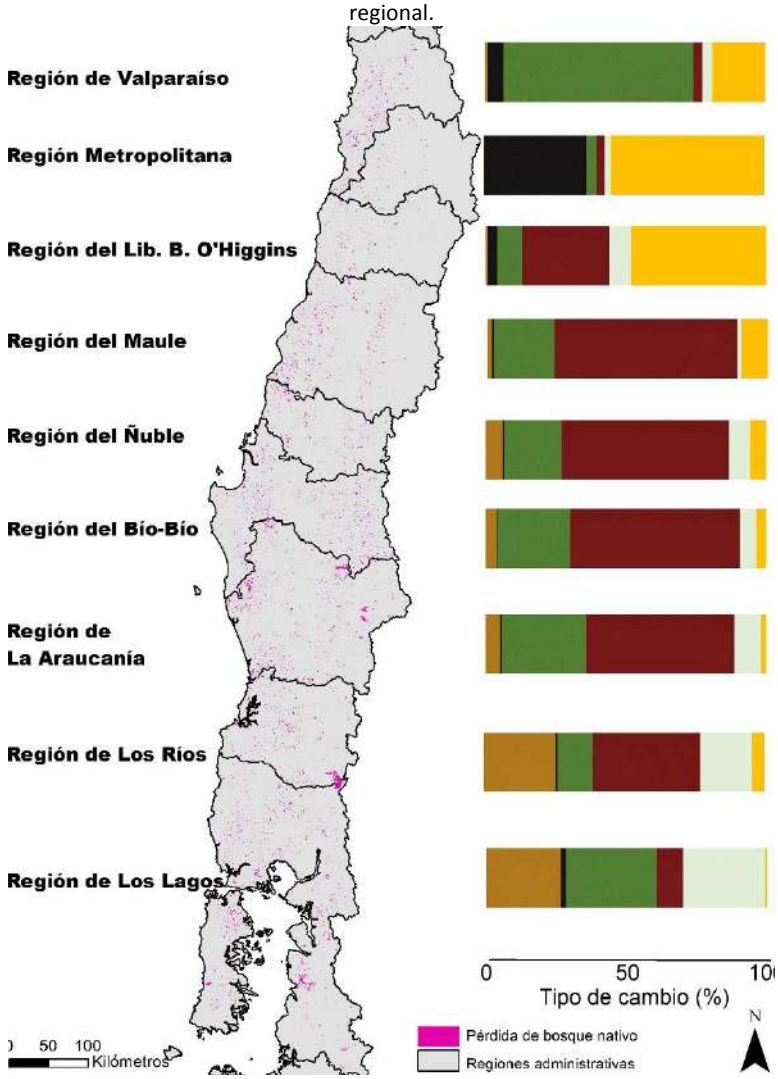
Estos resultados indican que las causales de cambio en periodos más recientes se mantienen similares a las históricas, aunque las tasas de cambio han disminuido con respecto a la colonización Euro-Chilena a mediados del siglo XIX y siguiente periodo de grandes cambios en los bosques naturales, en particular en la zona centro sur de Chile, entre los años 1974 y 1990 por el efecto de la expansión de la industria forestal Armesto et al., 2010; Miranda et al., 2017).

Cuadro 3.3. Distribución regional de la disminución de superficie hectáreas) de bosque nativo por sustitución por plantaciones forestales de especies exóticas, terrenos de uso agrícola (cultivos y frutales), praderas, matorrales, asentamientos (uso urbano e infraestructura) y otros en el período global 2001-2019.

Región	Período		Sustitución Por plantaciones forestales		Terrenos de uso agrícola		Praderas		Matorrales		Asentamientos		Otros		Total pérdida	
	Inicio	Final	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Coquimbo	2001	2019	0	0	700	3	3	0	45	0	227	3	78	0	1.053	0
Valparaíso	2001	2019	800	1	4.658	18	862	2	16.796	17	1.414	20	228	1	24.758	7
Metropolitana	2001	2019	193	0	3.571	14	141	0	241	0	2.379	33	2	0	6.527	2
L.B. O´Higgins	2001	2019	3.547	3	5.508	22	904	2	1.047	1	384	5	65	0	11.455	3
Maule	2001	2019	27.664	20	3.967	16	694	1	9.143	9	273	4	688	2	42.429	12
Ñuble	2001	2019	11.480	8	1.097	4	1.447	3	3.924	4	73	1	1.151	3	19.173	5
Biobío	2001	2019	26.665	20	933	4	4.756	10	15.136	15	236	3	2.557	6	50.283	14
La Araucanía	2001	2019	42.155	31	2.529	10	4.137	9	18.295	18	251	3	2.467	6	69.833	19
Los Ríos	2001	2019	14.359	11	1.629	6	6.954	14	4.854	5	210	3	9.588	23	37.594	10
Los Lagos	2001	2019	9.238	7	644	3	28.255	59	31.190	31	1.745	24	25.710	60	96.782	27
Total ha			136.103	38	25.235	7	48.153	13	100.671	28	7.191	2	42.535	12	359.888	100

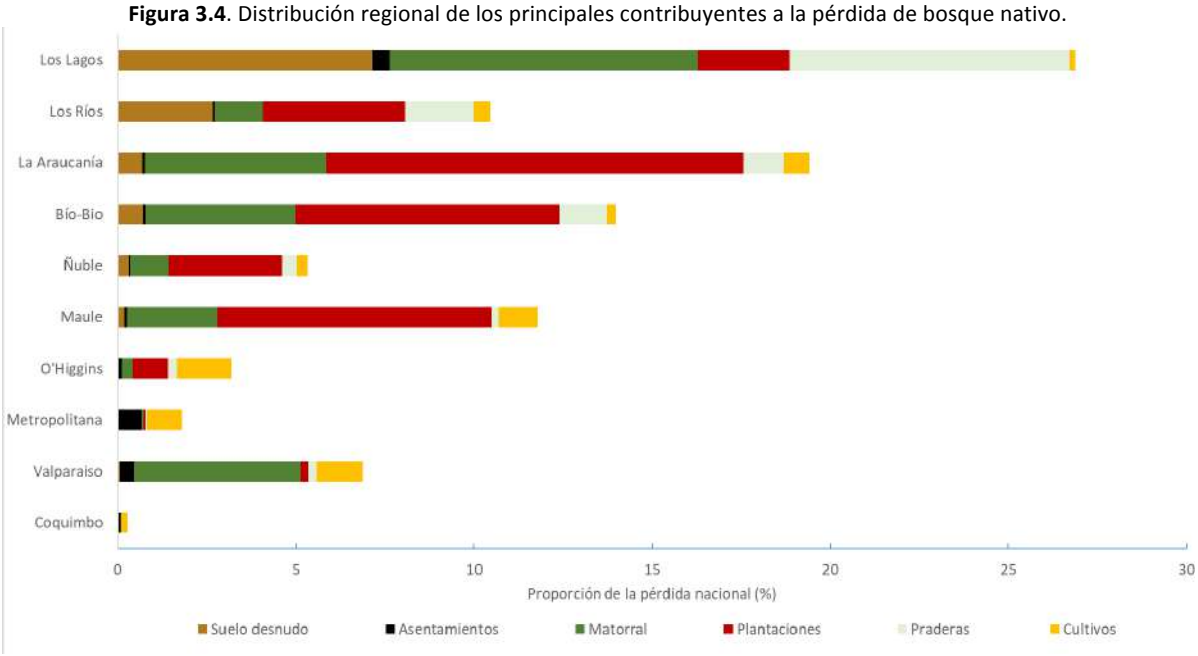
Fuente: Elaboración propia con datos de cambio de uso de la tierra (CONAF, 2022 https://simef.minagri.gob.cl/descargas

Figura 3.3. Pérdida proporcional de bosque nativo por región y por tipo de cambio para las regiones de Valparaíso a Los Lagos. Los colores de las barras representan cada uno de los principales tipos de cambios. café: suelo desnudo; negro: asentamientos; verde oscuro: matorrales; café oscuro: plantaciones; verde claro: praderas; amarillo: cultivos. Las barras representan la proporción del total regional.



Fuente: Elaboración propia con datos de cambio de uso de la tierra CONAF, 2022 https://simef.minagri.gob.cl/descargas

Figura 3.4. Distribución regional de los principales contribuyentes a la pérdida de bosque nativo.



Fuente: Elaboración propia con datos de cambio de uso de la tierra CONAF, 2022
https://simef.minagri.gob.cl/descargas

En general en el proceso de cambio de cobertura del suelo, y en particular en el proceso de pérdida de bosque nativo están involucrados diferentes procesos que operan a diferentes escalas espaciales y temporales. Estos procesos tienen efectos directos o indirectos sobre los ecosistemas, los que actúan de manera sinérgica determinando el nivel de degradación de los ecosistemas. Las fuerzas subyacentes que determinan ese cambio se relacionan con el contexto socioeconómico, en los cuales se encuentran insertos los ecosistemas. Factores demográficos, económicos, desarrollo tecnológico, políticos e institucionales y factores culturales, se conjugan para construir escenarios favorables o desfavorables para la conservación del bosque nativo. Los contribuidores directos de pérdida tales como la expansión de las plantaciones forestales, infraestructura, uso agrícola y la corta (principalmente para leña) cambian a lo largo del tiempo en función a cambios en estos factores subyacentes, así como también al cambio climático. Toda esta combinación de factores determina la dinámica del paisaje tanto en el tiempo como en el espacio.

De acuerdo a los datos de cambio recopilados en SIMEF se han observado diferencias en los últimos años en los principales contribuidores a la pérdida de bosque nativo. Analizamos el cambio en la contribución de cada una de las principales causales de pérdida de bosque nativo entre los periodos 2001-2017 y 2017-2019. De acuerdo a estos datos, la tasa de pérdida anual de bosque nativo debido a la expansión de asentamientos humanos y de tierras de cultivo han sido

las que han tenido un mayor incremento entre ambos períodos, con un 180% y 104% de incremento, respectivamente (**Cuadro 3.4**). En forma consistente con lo ya señalado, el incremento de la conversión del bosque nativo a terrenos agrícolas probablemente esté asociado a su reemplazo por cultivos de paltos. A su vez, destaca la tasa anual de pérdida de bosque nativo por plantaciones forestales, que llega a 8.500 ha para el período 2017-2019, como también la conversión a matorrales que en suma llegan a 4.171 en el mismo período. Cabe mencionar que los datos presentados en el **Cuadro 3.4** no consideran las potenciales pérdidas en el periodo de pandemia y posterior (2020-2022) y puede presumirse que la conversión hacia asentamientos, uso agrícola y plantaciones forestales que iban en aumento si se incluyera dicho período en el análisis daría una mayor tasa de pérdida comparado con 2001-2017, lo cual deberá verificarse cuando se actualicen estas cifras.

Cuadro 3.4. Cambios en la tasa anual de pérdida de bosque nativo de los diferentes contribuidores entre los periodos 2001-2017 y 2017-2019.

	Total pérdida (2001-2017 ha)	Total pérdida (2017-2019 ha)	Tasa anual pérdida (2001-2017 ha)	Tasa anual pérdida (2017-2019 ha)	Diferencia en tasas anuales (ha)	Cambio (%)
Áreas sin vegetación	33689	1402	2106	701	-1405	-66.7
Asentamientos	5440	1904	340	952	612	+180
Matorral	63116	6173	3945	3086	-858	-21.8
Matorral Arborescente	36469	2149	2279	1075	-1205	-52.9
Plantaciones forestales	126181	16982	7886	8491	605	+7.7
Praderas	44728	7800	2796	3900	1105	+39.5
Terrenos de uso Agrícola	20414	5208	1276	2604	1328	+104.1

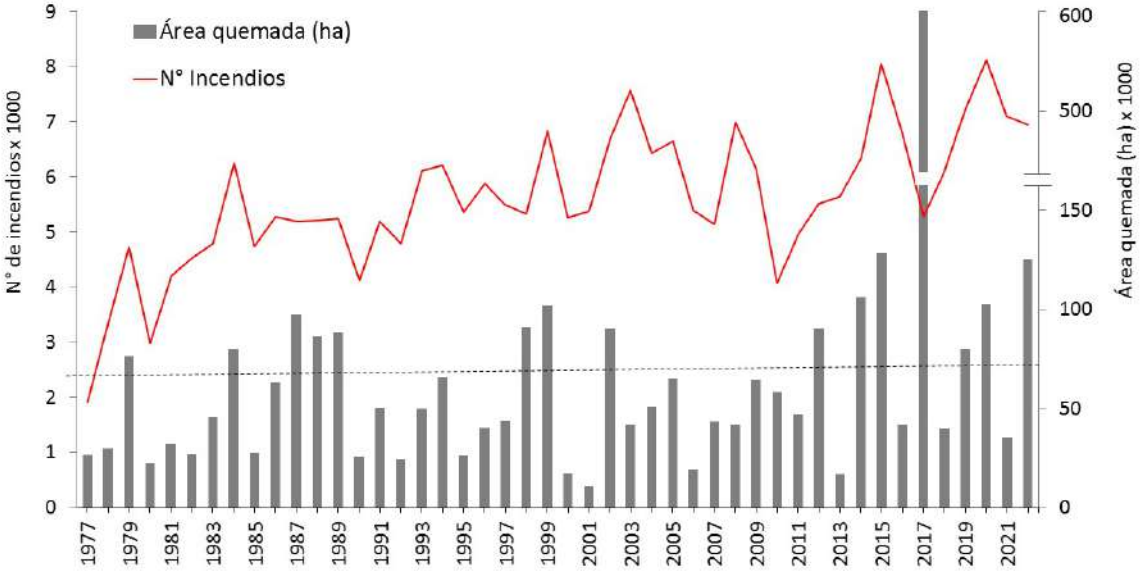
Fuente: Elaboración propia con datos de cambio de uso de la tierra CONAF, 2022 https://simef.minagri.gob.cl/descargas).

Es necesario mantener el monitoreo de la cobertura de bosque nativo y de los diferentes tipos de cobertura y uso del suelo a fin de observar continuamente los contribuidores de cambio en los bosques nativos para adecuar las políticas públicas a posibles cambios culturales, o incentivos que puedan operar a diferentes escalas espaciales y temporales para la expansión de las actividades humanas. También se requiere realizar estudios que permitan cuantificar la pérdida de bosques nativos debido al fenómeno de las parcelaciones rurales que tuvieron un incremento explosivo a partir de 2020 (ver 3.6.2). Las parcelaciones corresponden a un cambio de uso del suelo, que incluye las parcelas propiamente tal (mayoritariamente de 0,5 ha), caminos y otra infraestructura. Debido a los impactos ambientales y aumento del riesgo de incendios de las parcelaciones, se recomienda que CONAF incorpore esta categoría como uno de los contribuidores de pérdida de bosques nativos.

3.3. INCENDIOS

El número de incendios y el área quemada tiene una alta variabilidad interanual. Para los últimos 45 años el número promedio anual de incendios y área quemada alcanzan 5.598 eventos y 67.542 ha, respectivamente (**Figura 3.5**). La mayor ocurrencia de incendios se concentra entre las regiones de Valparaíso y Araucanía, principalmente en la cordillera de la costa y depresión central (**Figura 3.6**). En la última década la ocurrencia total de incendios ha aumentado consistentemente alcanzando en la temporada 2019-2020 el máximo histórico con más de 8.100 eventos (**Figura 3.5**). Similarmente a otras temporadas de la última década, las temporadas de incendio 2019-20 y 2021-22 sobresalieron del promedio histórico por el alto número de incendios y superficie quemada. En estas dos temporadas se quemaron en conjunto alrededor de 230.000 ha. Sin embargo, la temporada 2016-17 sigue batiendo todos los registros superando en 10 veces el promedio histórico quemado (*c*. 54.500 ha/año) entre 1976-77 y 2015-16. Durante esa temporada (2016-17) la superficie quemada alcanzó 570.197 ha, incluyendo aproximadamente 280.000 ha de plantaciones forestales y 90.000 ha de bosque nativo (**Figura 3.6**). La **Figura 3.7** muestra la distribución espacial de los incendios.

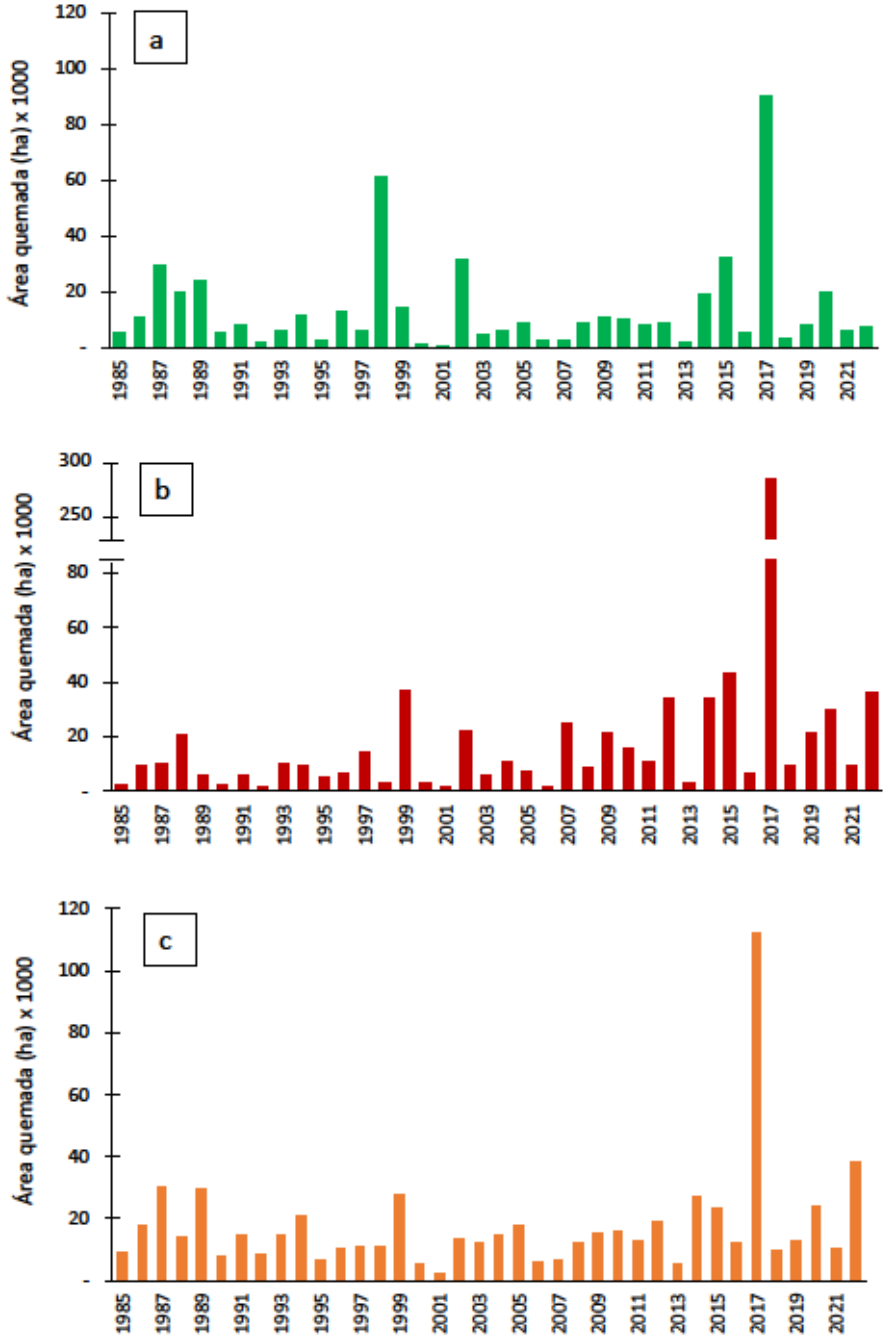
Figura 3.5. Número de incendios (línea) y área quemada (barras) entre las temporadas de incendio 1976-77 (indicada como 1977) y 2021-2022 (indicada como 2022). La línea horizontal representa el promedio quemado anualmente (67.542 ha) en el período.



Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de Incendios de CONAF.

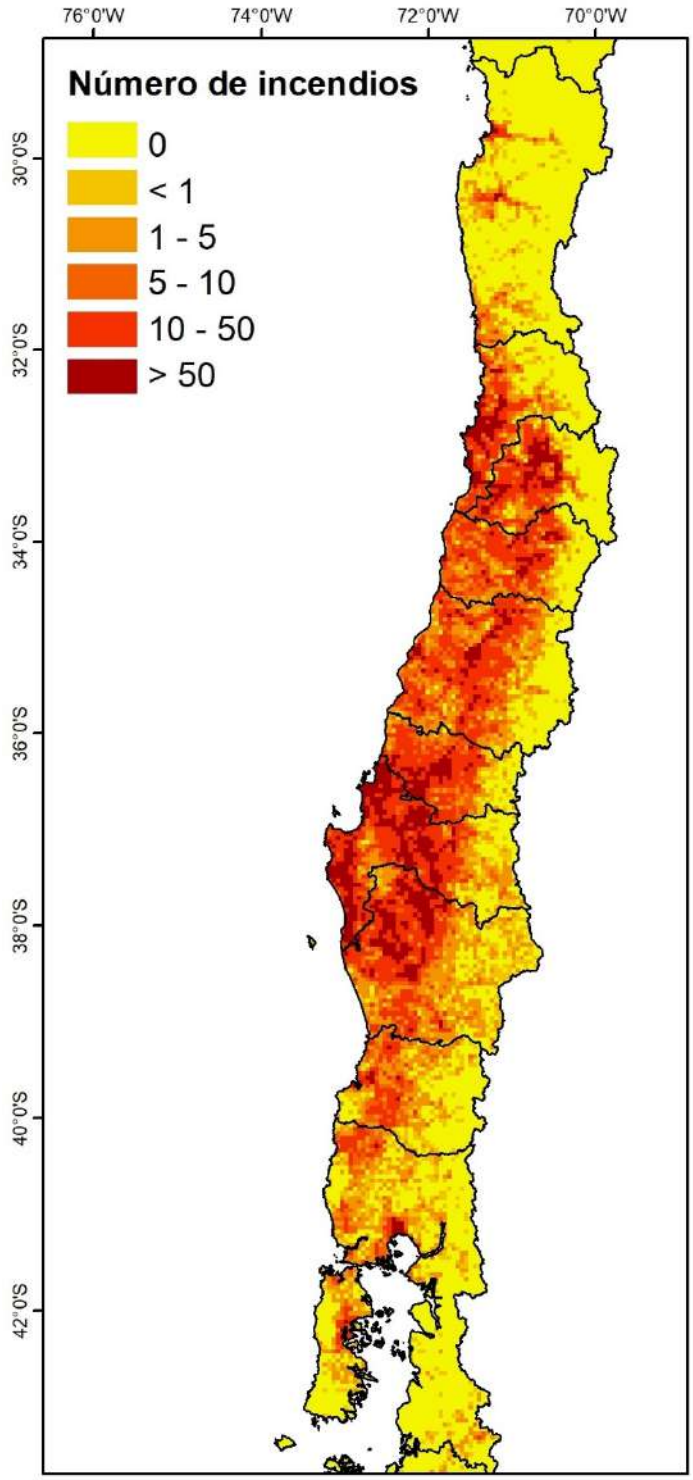
El área quemada para los distintos tipos de vegetación tiene una alta variabilidad interanual (**Figura 3.5** y **3.6**). El promedio del área quemada para el periodo 1985-2022 es de 13.502, 20.732 y 17.395 ha/año para bosque nativo, plantaciones y matorral, respectivamente. Excepto en las plantaciones, el bosque nativo, matorrales y pastizal han disminuido su importancia relativa en el área quemada a través de las últimas décadas (**Figura 3.8**). En las plantaciones forestales se observa una sostenida tendencia de aumento en la superficie quemada durante los distintos periodos (**Figura 3.8**). Considerando el último periodo (2010-2022), las plantaciones representan el principal tipo de cobertura vegetacional afectada por incendios con el 42% del área quemada (**Figura 3.8**).

Figura 3.6. Evolución temporal del área quemada para las principales coberturas de vegetación (a) bosque nativo, (b) plantaciones y (c) matorral para los períodos 1984-85 al 2021-22 Valparaíso a Los Lagos).



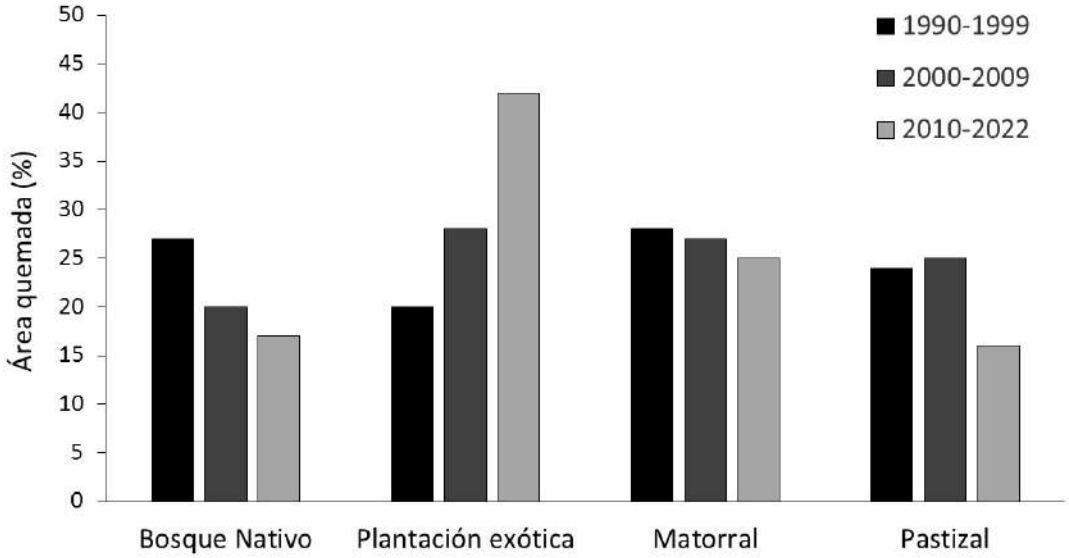
Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de Incendios de CONAF.

Figura 3.7. Distribución espacial de la ocurrencia de incendios en la región centro-sur de Chile para el período ocurridos entre las temporadas 1984-1985 y 2021-22 (últimos 38 años).



Fuente: Elaborado por I. Díaz-Hormazábal a partir de Estadísticas de Incendios de CONAF.

Figura 3.8. Cambio del área quemada relativa (como porcentaje respecto del total) para los principales tipos de cobertura de vegetación durante las últimas décadas (Valparaíso a Los Lagos).



Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de Incendios de CONAF.

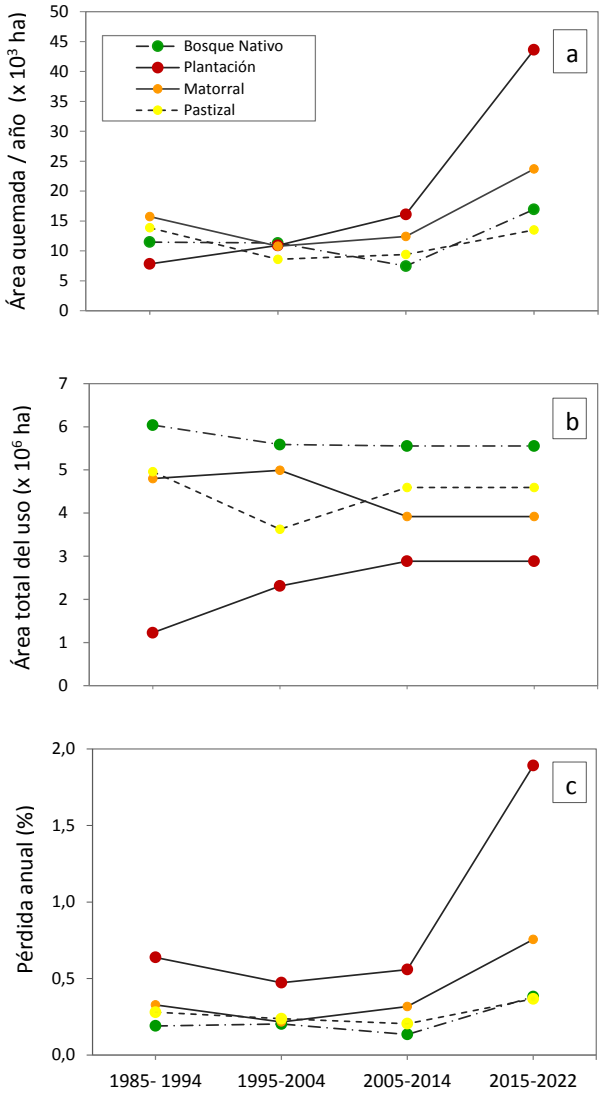
Al analizar las últimas cuatro décadas, el área quemada de las plantaciones forestales se ha incrementado fuertemente, en especial en el último periodo (2015-22) para el cual dicha área se triplico respecto al período 2005-2014 (**Figura 3.9**). Por su parte, el área cubierta por bosque nativo, matorral y pastizal mostraron una tendencia a la disminución o cierta estabilidad durante las tres primeras décadas, y un aumento en el área quemada en la última década (**Figura 3.9a**). De acuerdo a las estimaciones de Heilmayr et al. (2016), el área cubierta por bosque nativo y matorrales han disminuido su cobertura en las últimas décadas, y los pastizales han mantenido una relativa estabilidad en su superficie (**Figura 3.9b**), en contraste con las plantaciones forestales que han mostrado un aumento sostenido en las últimas décadas (**Figura 3.9 a y c**).

Si bien comparativamente el área de uso de suelo cubierta por plantaciones forestales es significativamente menor que los otros usos (bosque nativo, matorral y pastizal) la proporción de la pérdida anual de plantaciones por incendios es en promedio más del doble en todos los periodos analizados, triplicándose en la última década (1.89%; **Figura 3.9c**).

Estos resultados son una evidencia de que las plantaciones por su homogeneidad y continuidad se han vuelto cada vez más propensas a los incendios, en

comparación con otros usos del suelo (McWethy *et al*., 2018; Gonzalez *et al*., 2018).

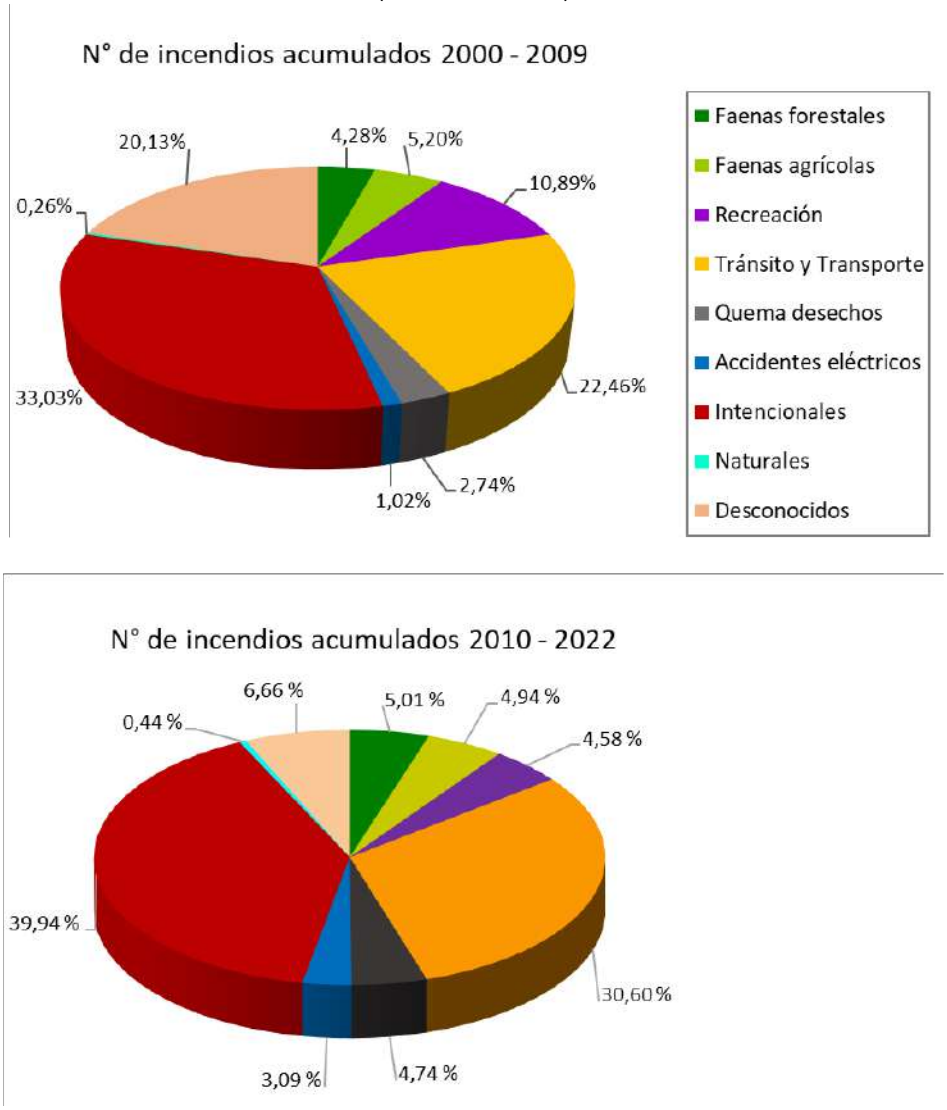
Figura 3.9. Área quemada y cambio de uso del suelo en las últimas tres décadas para las regiones de Valparaíso y Los Lagos.



Fuentes: a: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF;
b: Área por uso de suelo según Heilmayr et al. (2016) para 1986, 2001, 2011. c: área quemada anualmente / área total del respectivo uso del suelo*100 calculado con datos de las dos fuentes anteriores.

El factor humano es el principal responsable de la ocurrencia de incendios en Chile (**ver Figura 3.10**). Para el periodo 2010-2022, las causas de tipo accidental e intencional explican en conjunto alrededor del 93% de los incendios (excluidos los incendios naturales y aquellos de origen desconocido). Los incendios accidentales o por negligencia se incrementaron desde un 47% en 2000-2009 a un 53% en el periodo 2010-2022, siendo la quema de desechos, accidentes eléctricos y el tránsito y transporte las principales causas de este incremento, especialmente este último que aumentó de un 22% a un 31% durante ambos periodos. Por su parte, los incendios causados por actividades de recreación mostraron una disminución a la mitad entre ambos periodos. En el caso de los incendios intencionales, éstos se han incrementado desde un 33% a 40% entre 2000-09 y 2010-12. Los incendios ocasionados por causas naturales son menores al 1%, y han experimentado un ligero aumento en la última década. Incendios desconocidos, sin determinación de la causa de origen, disminuyeron de un 20% a 7% en el último periodo. Probablemente una importante proporción de estos incendios no determinados corresponden a causas humanas.

Figura 3.10. Causas de incendios y su evolución en las últimas dos décadas (2000-09 - 2010-22).



Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de Incendios de CONAF.

Durante el periodo 2010-2022 la zona centro-sur de Chile ha experimentado una intensa y prolongada megasequía con frecuentes olas de calor, que han favorecido la ocurrencia y propagación de los incendios forestales (Garreaud et al. 2017; Piticar 2018; Bowman et al. 2018; Urrutia et al. 2018; González et al. 2020). Por otra parte, la mayor extensión de la temporada, simultaneidad y duración de los incendios observada desde 2010 han tenido por consecuencia un fuerte incremento en el área total quemada y tamaño de los incendios en la zona centro-sur de Chile (González et al. 2018). Al comparar el área quemada de bosque nativo entre el periodo 2000-2009 y 2010-2022, se observa un significativo aumento de la superficie quemada de bosque nativo en la región central de Chile, principalmente entre las regiones de Coquimbo y Bío-Bío, destacando la región

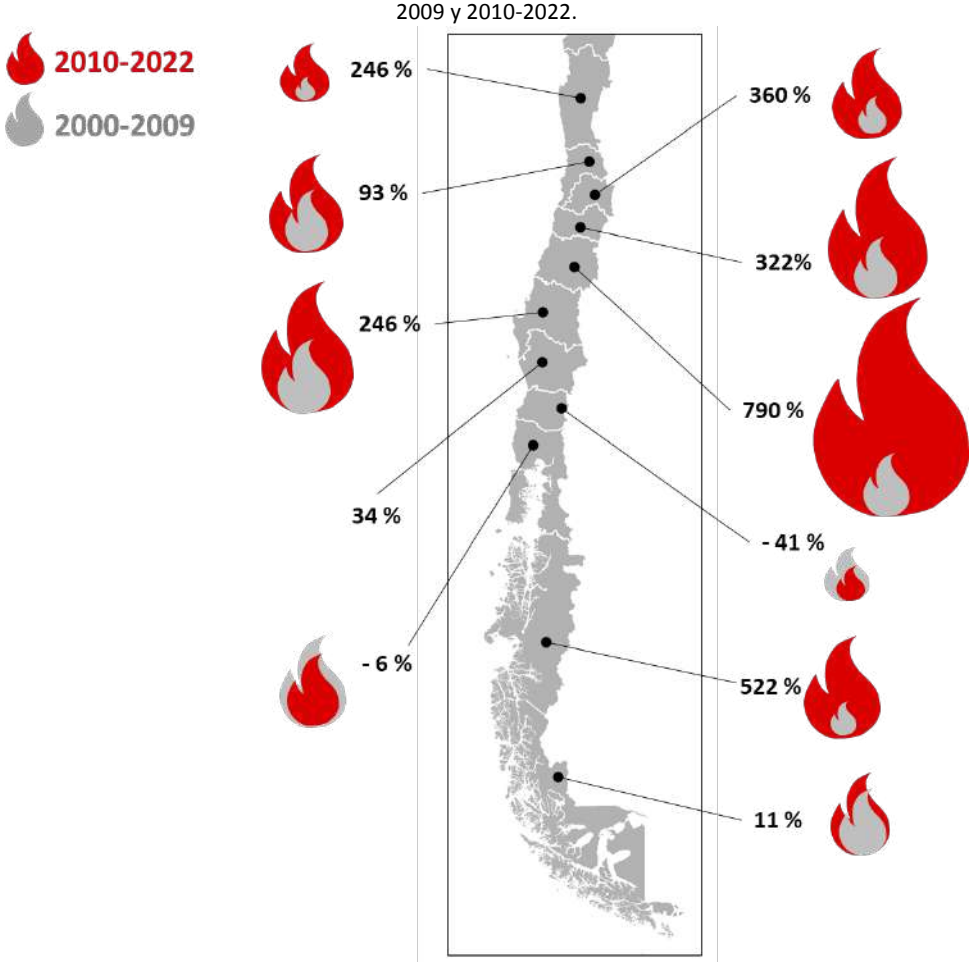
del Maule con 790% (**Figura 3.11**). En la zona austral, la región de Aysén destaca por el incremento de un 522% en el área quemada de bosque nativo asociado a un gran incendio en el año 2019 en la comuna de Cochrane.

Las predicciones de cambio climático para el centro-sur de Chile indican que a futuro las olas de calor y sequías serán más frecuentes, intensas y de mayor duración resultando en un aumento del riesgo de incendios (Piticar 2018; Pica-Téllez et al. 2020). Bajo este escenario, la planificación en el uso del suelo y las estrategias de manejo forestal deben enfocarse en configurar paisajes heterogéneos, limitando las plantaciones forestales extensas y homogéneas. Esto reduciría el riesgo de propagación de incendios no solo en las plantaciones sino hacia los bosques nativos, lo cual se observó en los incendios de 2017 (González et al. 2018). Lo anterior indica la necesidad de restauración consistente en re-convertir parte de las plantaciones en bosques nativos es una manera de avanzar hacia paisajes heterogéneos que incorporen los diferentes usos del suelo. Estos paisajes permitirían compatibilizar la provisión de diferentes bienes (por ejemplo, madera, productos agropecuarios), reducir el riesgo de incendios, y aumentar la provisión de agua y de otros servicios ecosistémicos, junto a incrementar la biodiversidad (Alvarez-Garretón et al., 2018; González-G-Gómez 2022; Lara et al., 2018)

Los incendios forestales y el cambio de uso del suelo son factores que han coaccionado en reducir y amenazar la biodiversidad en Chile central (Braun et al. 2021). En la zona costera de la región de Maule la propagación de los incendios ha sido favorecido por las masas continuas de plantaciones de Pinus radiata, amplificada además por las olas de calor y sequía asociadas al cambio climático (González et al 2018; McWhety et al. 2018). Los megaincendios del año 2017, afectaron a alrededor de 250.000 ha en esta región, incluyendo más de 26.000 ha de bosques nativos. Estos bosques corresponden principalmente a los denominados Bosques Maulinos, que incluyen los escasos y fragmentados bosques remanentes de *Nothofagus glauca* (hualo) y *Nothofagus alessandri* (ruil) (San Martin 2022). Esta última especie arbórea, catalogada como Monumento Natural y clasificada nacional e internacionalmente como una especie en peligro de extinción, cubre aproximadamente 314 ha de las cuales el 55% fue afectada por el megaincendio “Las Máquinas” el 2017 (Valencia et al. 2018; González et al. 2022). Las extremas condiciones meteorológicas caracterizadas por fuertes olas de calor y viento, sobrepuestas al efecto acumulado de la megasequía en el centro-sur de Chile desde el año 2012, el aumento de las igniciones intencionales

(**ver Figura 3.10**) y un paisaje dominado por plantaciones de *Pinus radiata* continuas y homogéneas que se encuentran adyacentes a los bosques de ruil favorecieron la rápida propagación y severidad del incendio (Valencia et al. 2018; Braun et al. 2021; González et al. 2022). Por otra parte, la regeneración masiva de pino post-incendios en los bosques de ruil impide la regeneración de las especies de árboles nativos y recuperación de estos bosques. Esto también ocurre en los bosques de hualo. Ante esto, se recomienda remover los pinos que han invadido estos bosques post-incendio y remover los pinos grandes de estos rodales ya que aportan las semillas (González *et al*., 2022).

Figura 3.11. Comparación de superficie quemada de bosque nativo por región entre periodo 2000-2009 y 2010-2022.



(1) El porcentaje indica el aumento (o disminución) del área quemada de bosque nativo en el período (2010-2022) respecto del periodo 2000-2009.
Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de Incendios de CONAF.

3.4. DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES NATIVOS

3.4.1. Hacia una definición de bosques degradados

La degradación de bosques es el segundo mayor responsable global de emisión de gases de efecto invernadero, sólo por debajo de la quema de combustibles fósiles (van der Werf et al. 2009). En Chile, la histórica sobreexplotación silvoagropecuaria ha derivado en que un 49,1% de la superficie del país se encuentre afectada por procesos de degradación de suelos (Flores et al. 2010), generando una tasa de emisión anual de 11,8 Gg CO2eq (UNFCCC 2018). Mientras la deforestación es relativamente simple de determinar e incluso predecir, aún permanece sin resolver el cómo cuantificar el umbral crítico que distingue un bosque degradado de uno no degradado. Es común afirmar que un bosque se encuentra degradado cuando su estructura, composición y funcionalidad ha sobrepasado inequívocamente un determinado umbral (Chazdon 2008, Vásquez-Grandón et al. 2018). Sin embargo, definir cuantitativamente dicho umbral es una tarea compleja (Fajardo et al. 2021). Las implicancias de esto son significativas, considerando no sólo los contextos socioecológicos que se relacionan con la degradación de bosques, sino que también por los compromisos internacionales que ha asumido nuestro país en relación a la restauración de ecosistemas forestales. En este sentido, se han desarrollado análisis exploratorios de umbrales de carga ganadera en bosques siempreverdes considerando la densidad de bostas como indicador, la cual se relaciona con una determinada intensidad ganadera. Ello basado en evidencia científica que ha demostrado que densidades superiores a dichos umbrales implican impactos directos en los ecosistemas forestales como la desaparición de helechos y de la regeneración de especies forestales que requieren de hábitats menos intervenidos para su establecimiento (Zamorano-Elgueta et al. 2014, Zamorano-Elgueta datos sin publicar).

En general, los esfuerzos para la restauración de bosques se limitan a la tarea de plantar árboles, comúnmente en áreas deforestadas o dónde existe un nulo o escaso establecimiento de la regeneración natural luego de alteraciones de origen antrópico. Para revertir la degradación de bosques, al ser este un proceso progresivo y de diversa magnitud, requiere de intervenciones que no necesariamente implican la plantación de árboles. Más aún, en un ecosistema con un estado incipiente de degradación bastaría con la erradicación de los factores responsables de dicho proceso para su restauración, por ejemplo mediante el establecimiento de cercos para impedir el acceso del ganado, siendo en

consecuencia más factible en términos de tiempo y costos económicos. Por otro lado, en áreas deforestadas y expuestas a procesos de erosión severos la prioridad no debiese ser el establecimiento de árboles, que posiblemente tendrán una muy alta mortalidad, sino más bien limitar, en una primera etapa, el impacto de los principales factores erosivos y promover la restauración de las propiedades de los suelos a través del establecimiento de herbáceas o especies arbustivas. Pero, como se ha señalado, es necesario determinar cuantitativamente el umbral crítico de degradación. También se requiere establecer los indicadores medibles que permitan establecer si un determinado rodal de bosque supera dicho umbral y por lo tanto puede considerarse degradado bajo criterios objetivos y con una metodología estándar.

3.4.2. Estimación de Degradación de Bosques Nativos en Chile

Chile ha asumido diversos compromisos internacionales en el contexto de avanzar en la mitigación y adaptación al cambio climático. Entre estos destaca la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), a través del cual nuestro país ha presentado sus Niveles de Referencia de Emisión Forestales/Niveles de Referencia Forestales (NREF/NRF). Estos representan la base para que países en desarrollo diseñen e implementen políticas e instrumentos de incentivos con el objeto de reducir las emisiones de GEI por la deforestación y procesos de degradación forestal. También para promover la conservación y la gestión sostenible de los bosques, así como fomentar el aumento de las reservas forestales de carbono, lo que se conoce comúnmente como REDD+ por sus siglas en inglés (ver también 3.5.2). Un NREF/NRF es un punto de referencia para evaluar el rendimiento de los países que están implementando sus actividades REDD+. Un NREF/ NRF debe caracterizar las emisiones históricas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y proyectarlas hacia el futuro, con la intención de medir el desempeño del enfoque de políticas asociadas a REDD+ (CONAF, 2016a).

Los NREF/NRF han sido definidos en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV), liderada por CONAF (ver también 3.5.2). Cabe señalar que Chile desarrolló sus NREF/NRF para cinco regiones administrativas, las cuales corresponden a las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, con el objetivo de avanzar hacia un NREF/NRF de carácter nacional en los próximos años (CONAF, 2016b). Las cinco regiones seleccionadas abarcan un 22% de la superficie total del país y un 41% del área cubierta por bosques nativos. Dentro de la ENCCRV se ha definido la degradación

forestal como “la reducción del contenido de Carbono de un bosque por la acción antrópica y con una intensidad que recomienda el cese de la actividad silvícola pero que no deriva en un cambio de uso de la tierra” (CONAF 2016b). Es decir, se mantiene una determinada cobertura forestal. Cabe hacer notar el erróneo significado con el que en esta definición de degradación forestal se hace referencia a la silvicultura, la cual en realidad representa justamente lo contrario. Es decir, la silvicultura es el arte de intervenir un bosque para la provisión de bienes y servicios sin que ello implique su degradación o sustitución por otra clase de uso del suelo. También se considera en la ENCCRV como degradación la sustitución de bosques nativos por plantaciones forestales y las emisiones de GEI como producto de incendios forestales, extracción de madera y productos no madereros (CONAF, 2016a).

El incluir la sustitución por plantaciones como una forma de degradación del bosque nativo es incorrecto pues dichas plantaciones no corresponden a bosques nativos degradados sino se trata del reemplazo permanente de un ecosistema por otro muy diferente. Su inclusión además es contradictoria pues en el monitoreo del bosque nativo que realiza periódicamente CONAF y los estudios científicos consideran el reemplazo por plantaciones como un cambio de uso de suelo, y una disminución del área de bosque nativo. Según cifras oficiales la sustitución por plantaciones ha representado el 38% de las pérdidas de bosque nativo entre 2001 y 2019 (**Ver Cuadro 3.3**). Además, en este caso no se trata de un proceso gradual ni paulatino, sino que a cambio abrupto en la cobertura vegetacional, en la diversidad de plantas y animales, régimen hidrológico y aumento repentino y significativo de las emisiones de CO_2 al reemplazar un área anteriormente cubierta por bosque nativo temporalmente a suelo desnudo luego de ser talado. El posterior desarrollo de la plantación sigue trayectorias en los atributos anteriores completamente diferentes. La reconversión de estas áreas a bosque nativo mediante restauración ecológica requeriría de grandes esfuerzos, inversión y con una mayor incertidumbre que la recuperación de bosques degradados. Estos últimos mantienen parcialmente la composición estructura, procesos ecológicos y servicios ecosistémicos en comparación con un bosque no degradado, y son más fáciles de restaurar.

La superficie de bosques degradada anualmente por corta de árboles sin esquemas silvícolas (por ejemplo, floreo, que es la extracción de los mejores árboles, o intensidades excesivas de corta, se ha estimado basándose en información de densidad de árboles y área basal de parcelas del Inventario

Forestal Continuo desarrollado por INFOR (CONAF, 2016a). A través de esta información se han construido gráficos de densidad o carta de stock que permiten identificar mediante remedición de parcelas permanentes e interpretación de imágenes satelitales aquellas áreas que se encuentran en una situación de degradación, según lo definido por Bahamondez et al. (2009). Esta información identifica el estado de las parcelas, distinguiendo entre parcelas degradadas y no degradadas (Bahamondez, 2009). En la actualidad solo se cuenta con la carta de stock asociada al tipo forestal Roble-Raulí-Coihue (Ro-Ra-Co) validada y publicada (CONAF, 2016a).

En el **Cuadro 3.5** se entrega información de superficie de bosques degradados entre las regiones del Maule y de los Lagos para el período 2001-2010 estimada a partir de la metodología descrita en un total de 461.231. ha, con una tasa de degradación promedio de 46.200 ha anuales. Esta tasa aumentó a 59.607 ha (**Cuadro 3.5**), lo que puede explicarse por el área significativa afectada por incendios en la temporada 2016-2017 (90.000 ha de bosques nativos, ver punto 3.3). La liberación de CO_{2eq} debido a los incendios en plantaciones y bosque nativo representaron casi el 70% del total que emitieron los sectores de energía, industria y agricultura combinados en el año 2016 (Hoyos et al. 2021).

La tasa promedio de 46.200 ha/año de degradación de bosque nativo estimadas para el período 2001-2010 incluyen 11.920 ha/año de sustitución por plantaciones (CONAF 2016a) y 8.590 ha/año de incendios (ver punto 3.3). Esto implica que el área afectada por floreo y otras cortas degradantes de los bosques nativos (principalmente para la producción de leña) ha sido en promedio de 25.690 ha/año. Esta cifra parece subestimada, ya que la producción de los 6,4 millones de m^3/año de leña estimados para ese período (ver Lara et al. 2018 a partir de cifras de INFOR, CNE e INE), implicarían la intervención de 35.000 a 40.000 ha dependiendo de la intensidad de las cortas. Las emisiones de CO_2 debido a los incendios en plantaciones y bosque nativo liberaron representaron casi el 70% del total que emitieron los sectores de energía, industria y agricultura combinados en el año 2016 (Hoyos et al. 2021).

Cuadro 3.5. Superficie de bosques permanentes degradados anualmente según región entre los años 2001 y 2010.

Región	2001-2010[1]		2015-2017[2]	
	Total	Promedio anual	Total	Promedio anual
	Superficie (ha)			
Maule	53.666	5.367	2.634	878
Biobío	62.399	6.240	11.400	3.800
La Araucanía	34.183	3.418	13.351	4.450
Los Ríos	42.905	4.291	23.582	7.861
Los Lagos	268.078	26.808	127.853	42.618
Total	461.231	46.123	178.820	59.607

Fuente: CONAF (2016a).

[1] CONAF (2016a).

[2] Gerencia de Cambio Climático CONAF, Cifras no publicadas

Se estima que las emisiones de CO_{2eq} de los bosques nativos debido a degradación incluyendo cortas parciales (floreo y cortas no sujetas a esquemas silvícolas), incendios y sustitución a plantaciones) las emisiones de CO_{2eq} representan 2,6 veces a aquellas por deforestación (pérdida de bosques nativos hacia praderas, matorrales, áreas urbanas y otros usos (CONAF 2016a).

3.4.3. Propuestas metodológicas recientes

La metodología usada en el marco de la ENCCRV (CONAF 2016a) en lo que respecta a la estimación de degradación por cortas parciales representa un avance. Sin embargo, es relevante considerar las limitaciones que dicha propuesta implica y que es necesario discutir para continuar avanzando hacia una definición más integral de los procesos de degradación del bosque nativo y que permita de mejor manera su cuantificación. Más aún, esta propuesta considera arbitrariamente la sustitución de bosques nativos por plantaciones como un proceso de degradación, si bien en realidad ello corresponde a deforestación por cuanto los monocultivos forestales de rápido crecimiento no cumplen funciones como bosques dado el intensivo esquema de manejo con el cual son establecidas y explotadas (Lewis et al. 2019).

Fajardo et al. (2021) presentan una interesante propuesta metodológica para la determinación empírica del estado de degradación de bosques nativos. Estos autores determinaron para bosques siempreverdes de la región de Aysén que la riqueza de especies exóticas, incluyendo especies invasoras, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) menor a 10 cm y la densidad de árboles con un DAP mayor a 10 cm son las dos variables de composición y estructura que mejor explican el estado de degradación de estos ecosistemas. Por ejemplo, bosques con cinco o más especies exóticas se relacionaron consistentemente con bosques degradados, caracterizados por una densidad menor a 200 árboles/ha, mientras que bosques con una densidad de árboles mayor a 1.000 árboles/ha

representaron bosques mejor conservados. Sería necesario evaluar la aplicación de esta propuesta metodológica en otros tipos forestales y formaciones vegetacionales a nivel regional y nacional, de tal modo de determinar su replicabilidad como una herramienta que permita definir la superficie de bosques degradados. Más aún, sería relevante evaluar la relación de estas variables con la tasa de emisión y captura de Carbono en los ecosistemas forestales.

Diversos trabajos han demostrado las implicancias de la degradación en los ecosistemas forestales. Vergara et al. (2021) se refieren a la influencia de estos procesos en la abundancia de invertebrados y aves, definiendo espacialmente la degradación de bosques a partir del área basal. Otros trabajos han demostrado la especial relevancia de la ganadería forestal como uno de los más comunes factores de degradación en los bosques nativos. Un estudio reciente documenta el impacto que el sobrepastoreo tiene en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en bosques de araucaria (Araucaria araucana), incluyendo cambios en al régimen hídrico de los suelos (Crovo et al. 2021). Según estos autores, la ganadería forestal constituye un importante factor de degradación de suelos y bosques, la cual restringe la regeneración forestal y potencialmente acelera los procesos de erosión. Estos resultados son consistentes con estudios previos en bosques de araucaria (Zamorano-Elgueta et al. 2012) y bosques siempreverdes (Zamorano-Elgueta et al. 2014; Fajardo et al. 2022).

Es así como los incendios, la sobreexplotación para producción de leña, la ganadería forestal y la invasión de especies exóticas representan los principales factores de degradación en nuestro país (Zamorano-Elgueta et al. 2014; Vásquez-Grandón et al. 2018). Los bosques son comúnmente utilizados como fuente de forraje y refugio para el ganado, en particular en los meses de invierno, correspondiendo a una práctica extendida por todo el país incluyendo la Patagonia, lo que explica que la actividad ganadera sea actualmente uno de los principales factores de degradación de ecosistemas forestales a nivel nacional. Los impactos de la ganadería en los bosques comprometen la integridad de estos ecosistemas en el futuro. Al igual que en los bosques nativos del resto del país, en la región de Aysén los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) y ñirre (*N. antarctica*) están expuestos a intensos procesos de degradación principalmente por extracción de leña y ganadería, los cuales influyen tanto en la estructura de la regeneración de estas especies como en la riqueza de plantas vasculares. Esto determina una mayor proporción de especies exóticas (por ejemplo especies forrajeras exóticas) asociadas a una mayor intensidad ganadera, así como también

a una mayor compactación del suelo superficial (Zamorano-Elgueta, en elaboración).

En general las diversas investigaciones que se han publicado sobre los impactos de la ganadería en los ecosistemas forestales sugieren que los mayores impactos se observan en las pequeñas propiedades, dada la mayor necesidad productiva por unidad de superficie de estas propiedades con el objeto de asegurar la subsistencia familiar (Zamorano-Elgueta et al., 2012, 2014). Por otra parte, algunas unidades del SNASPE y las áreas protegidas privadas se encuentran también expuestas a la actividad ganadera irregular, dada la dificultad de mantener un adecuado control perimetral con los recursos disponibles, que limite el acceso y permita remover el ganado doméstico de estas áreas (Zamorano-Elgueta et al. 2014).

Para los bosques del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de la región de los Ríos se ha sugerido que los bosques adultos en pequeña propiedad (<200 ha) presentarían mayores impactos de la ganadería y corta selectiva de árboles en la regeneración (Zamorano-Elgueta et al., 2014). Estos impactos son tanto a nivel de comunidad como a nivel de especie, con una menor densidad de regeneración de especies de sucesión tardía como *Saxegothaea conspicua*, *Laurelia sempervirens* y *Aextoxicon punctatum*, y con una notable dominancia de proteáceas (*Lomatia hirsuta*, *L. ferruginea*) y mirtáceas (*Luma apiculata* y *Myrceugenia planipes*, entre otras). Esta simplificación en la complejidad de los ecosistemas forestales podría tener profundas implicancias en su capacidad de adaptación al cambio climático que sería urgente determinar (Zamorano-Elgueta et al., 2014).

A partir de este criterio estos autores estiman que 27 mil ha de bosques nativos en el área indicada presentarían impactos en su regeneración por corta selectiva de los mejores árboles (floreo) y ganadería y que, por tanto, se encontrarían funcionalmente afectados por procesos de degradación. Sin embargo, otros tipos de propiedades también se encuentran expuestas a distintos niveles de intensidad de uso por ganadería, lo que posiblemente tiene implicancias en un gradiente de procesos de degradación. Este gradiente corresponde a un continuo desde un estado incipiente y más fácilmente recuperable hasta aquellas situaciones más extremas y de escasas o nulas posibilidades de recuperación en términos de tiempo y costo económico.

3.4. VULNERABILIDAD DE LOS BOSQUES NATIVOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

En esta sección se resume la información disponible en artículos científicos, documentos técnicos y comunicados de prensa acerca del tema, de forma de actualizar lo reportado en el Informe de 2019.

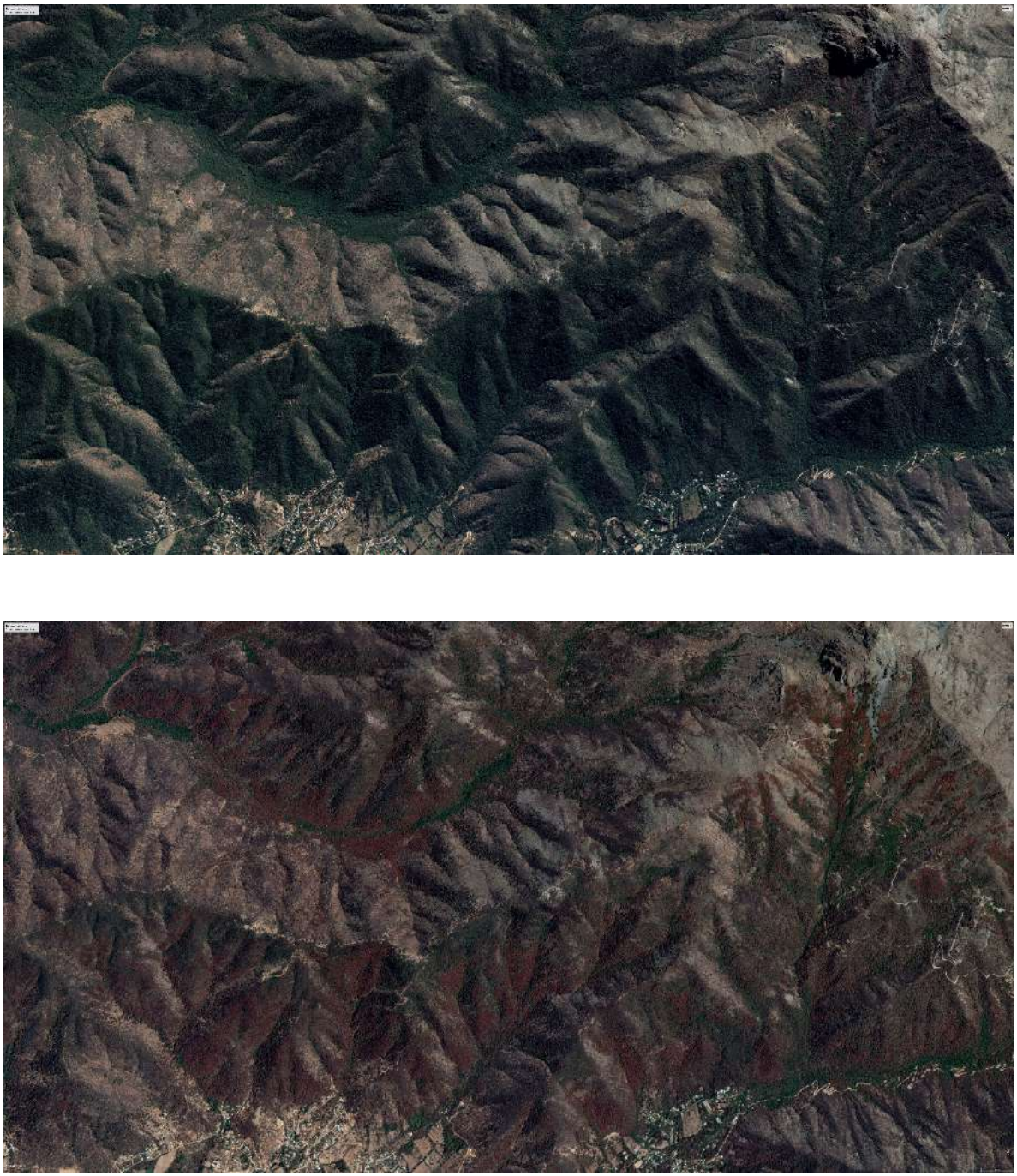
3.4.1. Reducción del vigor en bosques mediterráneos asociado a la megasequía de 2010-2022

En la edición anterior de este informe se reportó acerca de la megasequía, fenómeno climático que ha afectado el país principalmente desde la región de Coquimbo a la Araucanía desde el año 2010. Específicamente, se trata de la sequía geográficamente más extensa y prolongada ocurrida en el último milenio (Garreaud et al 2017). La megasequía se ha extendido hasta el presente, siendo el año 2019 uno de los años más extremos registrados, con un déficit de precipitación de hasta 80% en la zona central de Chile (Garreaud et al., 2021). Este año particularmente seco se conoce como hipersequía (SEGRA, 2020). A 2019 le siguió el año 2021 con un déficit de precipitaciones de un 66% en la región Metropolitana, siendo el quinto año más seco de los últimos 100 años (Garreaud, 2021, 2022). Este marcado déficit se extendió hacia el sur del país, convirtiéndose en el año más seco desde que se tiene registro (1960) en las ciudades de Concepción, Valdivia, Osorno y Puerto Montt (Garreaud, 2022). En la ciudad de Valdivia el déficit de precipitación durante 2021 alcanzó a 50% (Garreaud 2021).

La megasequía ha tenido efectos sobre distintos ecosistemas, especialmente sobre los bosques esclerófilos de la zona Mediterránea de Chile central. Miranda et al. (2020) al estudiar los bosques entre los 33.1° y 34.1° S, encontraron un efecto significativo de la megasequía (2010-2017) sobre su productividad y cobertura de copas, lo cual se vio reflejado en la reducción del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por su sigla en inglés), en un tercio del área estudiada. Este decaimiento del verdor de la vegetación o “browning” se observó mayormente en zonas semiáridas dominadas por especies tolerantes a la sequía (Quillay y Litre). Sitios ubicados en quebradas con mayor humedad de suelo disponible fueron menos afectados por la megasequía, no así sitios ubicados en exposiciones sur, por lo que condiciones de micrositio con disponibilidad de agua son cruciales como refugio para el bosque frente a las sequías (Miranda et al. 2020).

En otro estudio que evaluó tendencias en el NDVI de los distintos bosques Mediterráneos del mundo durante los últimos 21 años (Miranda et al., enviado), se reportaron tendencias negativas a nivel regional sólo para Chile central, encontrándose los valores más bajos de este índice durante el año 2020. De hecho, hacia finales de 2019 se reportó una disminución abrupta y sincrónica del NDVI en más del 90% de la región estudiada (área total de 500 km de largo por 120 km de ancho) en un período de 100 días. Es así como este secamiento se pudo observar claramente en el Parque Nacional La Campana en un lapso de menos de cinco meses (**Ver Figura 3.12**). Al igual que lo reportado por Miranda et al. (2020), en las únicas zonas donde hubo un menor impacto de la sequía sobre el bosque fueron los fondos de quebradas. Los autores señalan que, si bien no existe mucha información en referencia al decaimiento del bosque esclerófilo en Chile, este secamiento puede llevar al ecosistema a una nueva condición, dada su baja probabilidad de recuperación si las condiciones secas y calurosas continúan (Miranda et al., enviado).

Figura 3.12. Vista satelital de los bosques del Parque Nacional La Campana capturada en septiembre de 2019 (foto superior) y en febrero de 2020 (foto inferior). Se aprecia claramente el secamiento o empardecimiento del bosque en la foto de 2020 (fuente: Google Engine).



3.4.2. Cambios en el crecimiento de los bosques mediterráneos y templados asociados al cambio climático

Varios autores han documentado la disminución en el crecimiento radial de diversas especies arbóreas en el centro-sur y sur de Chile. Dentro de estas

especies se encuentran Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*), Araucaria (*Araucaria araucana*), Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*, Villalba et al. 2012), Roble del Norte (*Nothofagus macrocarpa*, Venegas-González et al. 2018, 2019), Alerce (*Fitzroya cupressoides*, Urrutia-Jalabert et al. 2015, Camarero and Fajardo 2017) y Lenga (*Nothofagus pumilio*, Álvarez et al. 2015, Fajardo et al. 2019), entre otras. Estas disminuciones en el crecimiento han estado asociadas a las condiciones más secas y calurosas observadas en las últimas décadas en el área.

Siguiendo con los impactos de la megasequía sobre los bosques esclerófilos mediterráneos de Chile central, Venegas-González et al. (2022a) estudiaron el crecimiento de Peumo (*Cryptocarya alba*) y Belloto del Norte (*Beilshmiedia miersii*) en 19 poblaciones del gradiente entre los 32o y 35o S y encontraron un quiebre y disminución pronunciada del crecimiento desde 2002. Esta disminución se encuentra principalmente asociada al déficit climático de agua (diferencia entre evapotranspiración potencial y actual) y la disminución de la precipitación de invierno-primavera (Venegas-González et al. 2022a).

En relación a los Robles del Norte, se evaluó la resistencia, recuperación y resiliencia de su crecimiento en ancho de anillos al evento extremo de sequía del año 1968, además de la contribución de su variabilidad genética a la resiliencia a estos eventos (Venegas-González et al. 2022b). En esta investigación se estudiaron cinco poblaciones de la especie, principalmente en la Cordillera de la Costa, y se encontró que las poblaciones ubicadas más al sur bajo condiciones más mésicas fueron más resistentes a la sequía, pero tuvieron una recuperación más baja comparadas con las poblaciones de más al norte. Estos autores también encontraron que los árboles más grandes fueron menos resilientes a la sequía que los más pequeños. Por otro lado, se reportó que la respuesta de la especie a sequías extremas es más bien dependiente del régimen bioclimático en cada sitio y del tamaño de los árboles, que de la variabilidad genética (Venegas-González et al. 2022b).

En este mismo sentido, el estudio de Urrutia-Jalabert et al. (2021) evaluó la resiliencia de nueve poblaciones de Roble (Nothofagus obliqua) creciendo en la Cordillera de Los Andes desde la Región del Maule a los Ríos a las sequías ocurridas desde 1968 al presente. Se reportó que las poblaciones más resilientes a las sequías fueron las de la Región del Maule, las cuales, a diferencia de otras especies, tampoco mostraron disminuciones en el crecimiento durante las últimas

décadas (Urrutia-Jalabert et al. 2021). Por otra parte, la respuesta de la especie a las sequías fue más dependiente de las condiciones particulares de sitio, que del gradiente climático existente de norte a sur.

En relación con esta misma especie, en una investigación consecutiva se evaluó la respuesta fisiológica de cinco de las nueve poblaciones anteriormente estudiadas, a través del análisis de isótopos de carbono y oxígeno en los anillos durante décadas recientes (Urrutia-Jalabert et al., enviado). En este estudio se encontró que todos los renovales, excepto uno localizado en la Región del Biobío, están siendo cada vez más eficientes en el uso del agua. En el caso del rodal que muestra el comportamiento contrario, probablemente la alta densidad de árboles de este renoval está provocando una disminución de las tasas fotosintéticas y así afectando este parámetro. Por otro lado, se encontró que la población de la Región del Maule (Melado) no está disminuyendo su crecimiento radial, pues los árboles se han ido aclimatando a las condiciones más secas consumiendo agua de zonas más profundas. Este cambio en el patrón de consumo de agua se produjo principalmente alrededor del año 2007 (Urrutia-Jalabert et al., enviado).

Un estudio del crecimiento radial de una población de Ruil (*Nothofagus Alessandri*) de la Reserva Nacional Los Ruiles documentó una tendencia positiva en el crecimiento hasta mediados de 1980 y una tendencia negativa desde 1985 al presente. Santelices-Moya et al. (2022Esta tendencia negativa fue asociada a la reducción de la precipitación y humedad de suelo durante el período reciente, donde lo que sucede durante invierno y primavera es fundamentalmente importante.

En relación a Araucaria, una de las especies icónicas de Chile que fue abordada con gran detalle en el informe anterior debido al daño foliar masivo reportado; un estudio reciente evaluó cambios en el crecimiento radial, isótopos de carbono y oxígeno, así como en la anatomía de la madera tanto en árboles afectados por decaimiento (defoliación), como en árboles sanos creciendo en el mismo sitio (Puchi et al. 2021). Este estudio evaluó tres poblaciones de la especie, una de la Costa y dos de los Andes en Chile y Argentina, encontrando que en los tres sitios, los árboles defoliados presentaban un crecimiento menor que los sanos, a la vez que los defoliados también presentaron una menor conductividad hidráulica, condición que se empieza a reflejar hasta siete décadas antes de que se evidencie la defoliación (Puchi et al. 2021). Por otra parte, se encontró que los árboles defoliados de las poblaciones chilenas (más secas), mostraron una mayor

eficiencia en el uso del agua que los árboles sanos, probablemente debido al cierre de los estomas (Puchi et al. 2021).

Por otra parte, Jiménez-Castillo et al. (2022), en un estudio realizado en el Parque Nacional Conguillío, demostraron que los árboles defoliados no presentaron menores concentraciones de carbohidratos no estructurales (almidón y azúcares), ni crecimiento más bajo que los árboles sanos. Esto se encuentra en contraposición con lo que se había hipotetizado inicialmente con las araucarias de este lugar, en donde se planteaba que la sequía estaría causando el cierre de los estomas y en consecuencia, una menor fotosíntesis y el agotamiento de las reservas de carbono (El Mostrador, 2017). Estos nuevos resultados implican que los árboles afectados por decaimiento no necesariamente tienen menor concentración de reservas de carbono, y no se verían de esta forma afectados por el mecanismo denominado "hambre de carbono", el cual ha sido sindicado como uno de los causantes de mortalidad ante condiciones secas (McDowell et al. 2008). La explicación que otorgan los autores frente a la defoliación y/o secamiento de la especie, es que este sería de hecho un proceso de "aclimatación" para evitar la pérdida de agua por transpiración (reducción de la superficie transpiratoria). En este trabajo también se postula que si bien la infección de un patógeno podría ser la causante del daño en Araucaria, al menos no se puede atribuir que este daño cause reducciones en la disponibilidad de carbono en la especie (Jiménez-Castillo et al. 2022).

El impacto de la ocurrencia de sequías sobre el crecimiento y las reservas de carbono (carbohidratos no estructurales) fue estudiado también en Alerces creciendo en el Parque Nacional Alerce Costero y en la Depresión intermedia cerca de Puerto Montt (Urrutia-Jalabert et al. 2020). En esta investigación se evaluó el efecto de los veranos particularmente secos del 2014-2015 y 2015-2016 sobre la especie, encontrándose que el crecimiento radial sólo disminuyó en el caso de los árboles creciendo en la Depresión intermedia. Por otro lado, se observó que durante el primer año después de la sequía, la especie aumentó la concentración de carbohidratos no estructurales por lo que se estima que la especie tiene una alta prioridad por acumular reservas, las cuales pueden ser útiles ante futuras condiciones de sequía. El hecho de que el crecimiento no se haya visto reducido en Alerce Costero durante los años mencionados, puede deberse a que el crecimiento en este sitio se produce mayoritariamente durante la primavera cuando todavía existe agua en el suelo, ya que los veranos son

particularmente secos y los suelos tienen una muy baja capacidad de retención de agua en este sitio (Urrutia-Jalabert et al. 2020).

Finalmente, un estudio de modelamiento utilizando el modelo de crecimiento de Vaganov-Shashkin (VS-Lite) y predicciones de precipitación y temperatura futuras bajo los escenarios RCP 2.6 (moderado) y 8.5 (severo), proyectó el crecimiento de los bosques relictos de Roble del Norte y Ciprés de la Cordillera (doce poblaciones en total) hacia el año 2065 (Matskovsky et al. 2021). Esta investigación reportó el efecto negativo del cambio climático sobre el crecimiento de ambas especies, especialmente a partir del año 2035. Bajo el escenario de emisiones severo para el período 2051-2065, el crecimiento proyectado de las especies disminuye drásticamente alcanzando al percentil 21 del crecimiento modelado para el período histórico (1901-2015, (Matskovsky et al. 2021).

3.4.3. Otros impactos de las sequías y el cambio climático sobre los bosques templados

Un aspecto clave de estudio frente al cambio climático es la capacidad de los bosques de comportarse como sumideros o fuentes de carbono. Una torre de flujo (Eddy-covariance) localizada en el Parque Nacional Alerce Costero, permitió determinar que el bosque en el área se comportó como un sumidero de carbono moderado durante el período de estudio 2018-2021 (-287 ±38 g C m^{-2} $año^{-1}$ (Pérez-Quezada et al. enviado)). Se determinó además que la capacidad para capturar carbono es óptima durante las condiciones húmedas y frescas de la primavera y disminuye hacia el verano cuando las condiciones son más secas y calurosas. Se determinó que las condiciones más calurosas y secas proyectadas hacia el futuro pueden afectar la capacidad de este bosque de comportarse como sumidero de carbono. Estos valores anuales de fijación de carbono son un poco más altos que los reportados para bosques antiguos de Chiloé, aunque medidos en un período distinto ((-238 +- 31 g C/m^2 , 2013-2015, (Perez-Quezada et al. 2018)). En ambos casos, la capacidad de los bosques de actuar como sumideros de carbono se encuentra fuertemente amenazada por el cambio climático.

Un estudio evaluó el crecimiento, además de diversos rasgos funcionales pre y post sequía de 2015-2016 en Patagonia, en ocho especies de angiospermas con amplitudes de nicho contrastantes (Fajardo and Piper, 2021). Las especies estudiadas fueron Notro (*Embothrium coccineum*), Ñirre (*Nothofagus 46ntárctica*), Tiaca (*Caldcluvia paniculata*), Tineo (*Weinmannia trichosperma*), Coigue común (*Nothofagus dombeyi*), Lenga, Maitén (*Maytenus boaria)* y Laura

(*Schinus patagonicus*). De forma contraria a otros estudios, las especies estudiadas no respondieron de forma diferenciada, sino que todas respondieron de una forma adquisitiva (no conservativa) después de la sequía, manteniendo el crecimiento, la concentración de carbohidratos no estructurales, incrementando el tamaño de los vasos xilemáticos y aumentando la concentración de azúcares en relación a las reservas de almidón. Esta última estrategia constituye un mecanismo de aclimatación a la sequía, pues éstos tienen un rol osmótico y ayudan a mantener la integridad del sistema vascular en plantas (Sala et al. 2012). Estos hallazgos demuestran una coordinación de los diversos rasgos dentro de cada especie para responder en el corto plazo de una forma no conservativa a una sequía, existiendo una respuesta más a nivel de comunidad que a nivel individual (Fajardo and Piper, 2021).

El modelamiento constituye una herramienta útil para evaluar los potenciales efectos del cambio climático sobre los bosques nativos. Un estudio que evaluó el riesgo climático para la vegetación en Chile, encontró que este es alto a lo largo de todas las latitudes con hasta un 43.6% del área sujeta a un alta exposición (Muñoz-Sáez et al. 2021). Se encontró que los tipos de vegetación que son más restringidos en su distribución latitudinal tienen un mayor riesgo de exposición climática. El riesgo climático también aumentó con la altitud, aunque el resultado depende del modelo climático utilizado. Es así, como los tipos forestales Araucaria y Alerce, muestran un alto riesgo climático y pocas oportunidades de refugio fuera de las áreas protegidas existentes, por lo que se recomienda conservación adaptativa, mayor conectividad y manejo del territorio para una mayor resiliencia climática. En el caso de bosques esclerófilos y del bosque lluvioso Valdiviano, existen refugios climáticos fuera de las áreas protegidas actuales por lo que se recomienda la creación de nuevas áreas fuera de las ya existentes. Se encontraron áreas de refugio climático para la vegetación especialmente asociadas a la Costa entre los 31 ^{o} y los 53^{o} S (Muñoz-Sáez et al. 2021).

3.4.4. ARClim, Atlas de Riesgos Climáticos para los Bosques Nativos

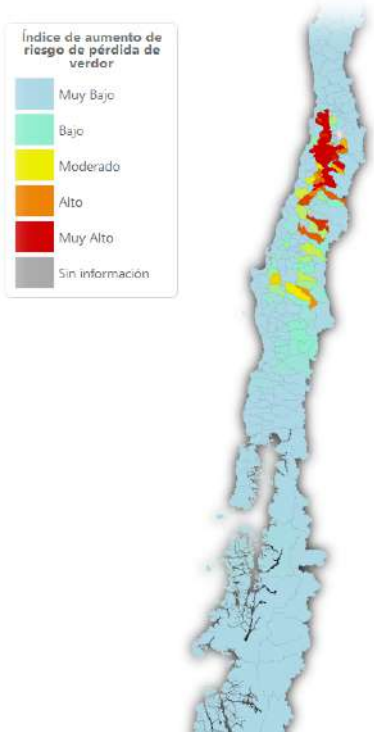
El Atlas de Riesgos Climáticos es un proyecto del Ministerio del Medio Ambiente desarrollado por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) y por el Centro de Cambio Global (CCG) con la colaboración de otras instituciones nacionales y extranjeras durante el 2020. El proyecto consistió en una colección de mapas de riesgo a nivel nacional (con resolución comunal) desarrollados para 12 sectores, tales como agricultura, acuicultura, recursos hídricos, biodiversidad y bosques nativos, entre otros. El riesgo corresponde a la probabilidad e intensidad

de impactos negativos asociados al cambio climático que se espera ocurran en el sector examinado. Los mapas de riesgo fueron construidos en base a tres factores combinados: la amenaza climática, la exposición y la sensibilidad del sistema (Riesgo = Exposición * Sensibilidad * Amenaza). La amenaza climática corresponde al cambio proyectado en las condiciones climáticas entre el futuro (2035-2065) y el pasado (1980-2010) bajo un escenario pesimista de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP 8.5). La exposición corresponde a la medida del tamaño absoluto o relativo del sector y la sensibilidad corresponde a los factores no climáticos que impactan las consecuencias que puedan tener los eventos climáticos sobre ese sector (MMA, 2020a).

En el caso de los bosques nativos existen dos tipos de mapas, uno que evalúa el riesgo de incendios y el otro la pérdida de verdor de los bosques nativos. En el caso de los incendios, el riesgo se calcula en base a la cobertura de bosques (exposición), la probabilidad de ocurrencia de incendios debido a factores geográficos (ej: pendiente, cercanía a centros urbanos, tipo de vegetación, los cuales reflejan la sensibilidad) y la incidencia de olas de calor (amenaza). En el caso del verdor de los bosques, los mapas representan los impactos potenciales del cambio climático sobre el vigor o verdor, el cual constituye una aproximación de la capacidad fotosintética y potencial de crecimiento del bosque. La disminución en este índice puede indicar entonces una disminución del crecimiento, o bien la defoliación o empardecimiento de la copa y/o la muerte de individuos. El riesgo de pérdida de verdor se calcula utilizando la cobertura de bosques (exposición), la topografía (ej. Elevación) y contenido de agua de los suelos (sensibilidad), además de los cambios en temperatura y precipitación (amenaza) (MMA, 2020).

Los valores de riesgo que se despliegan en los mapas reflejan riesgos relativos, pues corresponden a un ordenamiento de los distintos lugares analizados. Es así como el riesgo de pérdida de verdor es muy alto para comunas costeras de la Región de Valparaíso y algunas comunas de la Depresión intermedia de la Región de O´Higgins, variando a niveles de riesgo altos o moderados hacia el sur (**Figura 3.13**). En general se proyectan niveles de riesgo más bien bajos para el resto del país (**Figura 3.13**).

Figura 3.13. Mapa de Riesgo de pérdida de verdor del bosque nativo para la zona centro-sur de Chile. Se aprecia como el riesgo varía de muy bajo (color celeste) a muy alto (color rojo, fuente: https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/verdor_bosques_nativos/).



3.5. INICIATIVAS DEL ESTADO Y COMPROMISOS NACIONALES PARA LA GESTIÓN DE BOSQUES EN EL MARCO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

3.5.1. Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Chile

La Contribución Nacionalmente Determinada o National Determined Contribution (NDC) de Chile en su versión actualizada al año 2020 en el sector "uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)" definió lo siguiente (Gobierno de Chile, 2020):

- Chile se compromete al manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas de bosque nativo, lo que permitiría capturar gases de efecto invernadero en cerca de 900.000 y 1.2 millones de toneladas de CO_2 equivalentes al año, desde el 2030. Entre los criterios de sustentabilidad se encuentran la planificación de actividades a largo plazo que permitan garantizar la permanencia del bosque y la aplicación de parámetros mínimos que garanticen que las extracciones no superen al crecimiento del bosque.

- Chile se compromete a la forestación de 200.000 hectáreas, de las cuales al menos 100.000 ha deben corresponder a una cubierta de bosques permanente, con al menos 70.000 ha de especies nativas. La forestación deberá realizarse en suelos de aptitud forestal y/o en áreas prioritarias de conservación, representando capturas de entre 3 y 3.4 millones de toneladas de CO_2 equivalentes al año, desde el 2030.
- Chile se compromete a la reducción de emisiones del sector forestal por degradación y deforestación del bosque nativo en un 25% al 2030 (considerando las emisiones promedio durante 2001-2013).

Estos compromisos implican un aumento de 100.000 ha en la superficie a someter a manejo sustentable y forestación, respectivamente. Por otra parte, estas actividades ya no se encuentran supeditadas a la aprobación de las modificaciones a la Ley sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal o bien a la prórroga del Decreto Ley (D.L) 701 y a la aprobación de una nueva Ley de Fomento Forestal como en el caso de las NDC reportadas en el Informe anterior (Gobierno de Chile, 2015). En estas nuevas NDC, se establece además una superficie mínima de forestación con bosque nativo (70.000 ha).

En términos de adaptación al cambio climático, las NDC plantean reducir la vulnerabilidad, fortalecer la resiliencia e incrementar la capacidad de adaptación a través del aumento de la seguridad hídrica y la consideración de soluciones basadas en la naturaleza (Gobierno de Chile, 2020). Al año 2022 se planteó tener actualizado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Por otra parte, se comprometió la actualización del Plan de Adaptación del sector Silvoagropecuario para los años 2021 y 2026 (si bien la actualización del 2021 aún no es publicada) y actualizaciones del Plan de Adaptación de la Biodiversidad para los años 2022 y 2027 (Gobierno de Chile, 2020).

Otro de los compromisos en materia de adaptación, corresponde al fortalecimiento de las capacidades y la institucionalidad de cambio climático a nivel regional de forma de contar con planes de acción en 10 regiones al 2025 y en todas las regiones al 2030 (Gobierno de Chile, 2020).

3.5.2. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV)

La ENCCRV 2017-2025 (CONAF, 2016a) nació como una herramienta para cumplir los compromisos adoptados en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), en lo que respecta al combate del cambio climático, la desertificación y la pérdida de biodiversidad, además de la

protección, restauración y uso sostenible de ecosistemas (CONAF, 2016a). Esta Estrategia, liderada por el Ministerio de Agricultura y CONAF, es el instrumento base que guía e integra las medidas del país para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para el combate contra la sequía, la desertificación y degradación de tierras (CONAF, 2016ª).

El principal objetivo de la ENCCRV es enfrentar el cambio climático a través de medidas focalizadas en el manejo y gestión adecuados de los recursos vegetacionales, buscando reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica a través del enfoque REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación, Degradación forestal y Aumento de existencias de carbono) e impulsar la mitigación, a través de la reducción de las emisiones y el aumento de las capturas de carbono (CONAF, 2016a). Esta Estrategia es uno de los principales medios para materializar los compromisos adquiridos por Chile en sus NDC.

El Programa de las Naciones Unidas para países en desarrollo REDD+ nace con el objetivo de apoyar los esfuerzos para reducir emisiones enfocándose en: i) la disminución de las tasas de deforestación, ii) disminución de las tasas de degradación forestal, iii) promoción de la conservación, iv) manejo sustentable y v) aumento de las reservas de carbono (CONAF, 2016b). Para el desarrollo de este programa existen tres fases las cuales fueron adoptadas por la ENCCRV en el caso de Chile: preparación, implementación y pago por resultados. Como parte del pago por resultados, que es donde se compensa por las actividades de reducción de emisiones, se presentó al Fondo Verde del Clima (FVC) dependiente de la CMNNCC, un proyecto de pagos basados en resultados, el cual comenzó su implementación en agosto de 2020 (CONAF, 2021). Este proyecto se denomina **+ Bosques, juntos contra el cambio climático,** el cual implementa medidas de acción de la ENCCRV, destinadas a aumentar la superficie de bosques, restaurar ecosistemas y paisajes degradados y proteger los bosques de los causantes de su degradación.

3.5.3. Proyecto + Bosques, juntos contra el cambio climático

Este proyecto tiene como objetivo principal “implementar medidas de acción de la ENCCRV y fortalecer las capacidades institucionales y territoriales, buscando aportar en las metas de mitigación y adaptación al cambio climático, en el aumento y mejora de los servicios ecosistémicos y en el incremento de la resiliencia de las comunidades rurales al cambio climático” (CONAF, 2021).

El monto total del proyecto asciende a USD$63.607.552 y busca realizar intervenciones de gestión forestal sustentable en al menos 25.540 ha (CONAF, 2021). Este proyecto tiene una duración de seis años y abarca desde la Región del Maule a Los Lagos, siendo administrado financieramente y apoyado técnicamente por la FAO y ejecutado por CONAF. El Ministerio de Hacienda funciona como la autoridad Nacional Designada (AND) ante el FVC en el país. Los dos primeros años del proyecto son de pilotaje (2021-2022) y los cuatro restantes (2023-2026) corresponden a la implementación en base a lo establecido por la ENCCRV y su Sistema de Distribución de Beneficios (SDB). Para la etapa de pilotaje se ha planificado la ejecución territorial de 1.100 ha, buscando testear la implementación de iniciativas bajo diferentes escenarios, de modo de identificar oportunidades de mejora del proyecto (CONAF, 2021).

Las tierras incorporadas en este programa deberán ser principalmente de pequeños/as propietarios/as forestales, aunque se podrán incluir medianos propietarios/as si es que la iniciativa impacta positivamente a nivel de paisaje, tomando siempre en consideración la vulnerabilidad ambiental, social y económica, el enfoque de género y poniendo además énfasis en pueblos indígenas y población vulnerable (CONAF, 2021). Las tierras fiscales también podrán ser incluidas en el proyecto, así como predios municipales y predios de organizaciones no gubernamentales (ONG, CONAF, 2021).

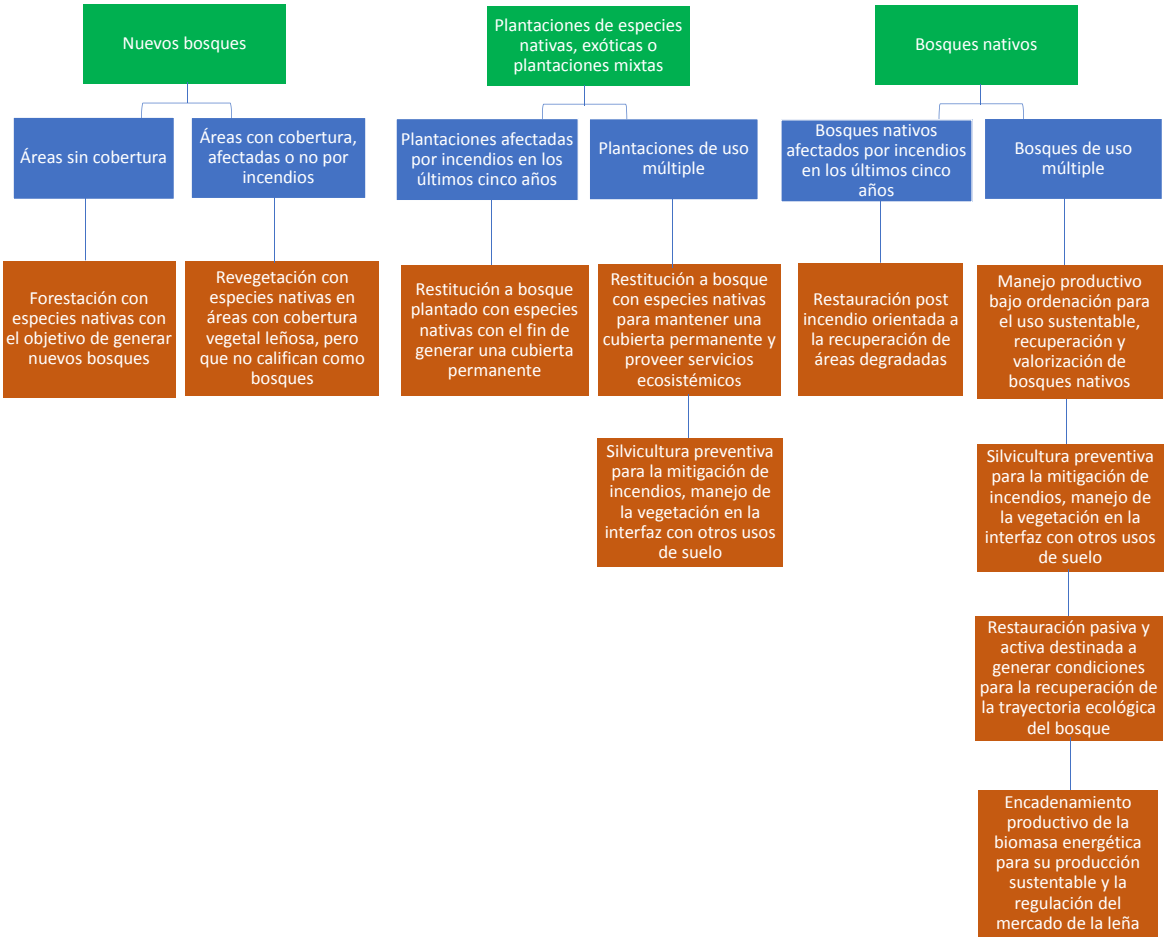
Los principales productos que se esperan de este proyecto son dos: i) Programa de gestión sustentable, promoviendo el manejo silvicultural de bosques nativos, la restauración de formaciones vegetacionales y la forestación de suelos erosionados, abordando las principales causas de degradación y deforestación; ii) Condiciones propicias y fortalecimiento institucional para la implementación de la ENCCRV (**Cuadro 3.6**). La meta de impacto corresponde a reducir o evitar y/o remover 256.000 toneladas de emisiones anuales de CO_2eq a partir de 2030 a través de actividades forestales y de uso de la tierra. Las principales actividades asociadas a estos productos y sus alcances se resumen en el **Cuadro 3.6**. De las medidas de acción, un 20% de la superficie a intervenir debe corresponder a tierras indígenas, un 30% de los beneficiarios deben ser mujeres y 30% deben pertenecer a un pueblo indígena (CONAF, 2021).

Cuadro 3.6. Productos y medidas de acción asociadas al Proyecto +Bosques (Elaboración propia en base a CONAF, 2021).

Producto	Medidas de Acción de la ENCCRV
Programa de gestión sustentable, promoviendo el manejo silvicultural de bosques nativos, la restauración de formaciones vegetacionales y la forestación de suelos erosionados, abordando las principales causas de degradación y deforestación	Planificación y ejecución de acciones de manejo forestal sustentable bajo ordenación y fortalecimiento de programa de dendroenergía
	Diseño y ejecución de acciones de restauración ecológica y post incendios
	Diseño y ejecución de acciones de silvicultura preventiva de incendios
	Diseño y ejecución de acciones de forestación y revegetación
Condiciones propicias y fortalecimiento institucional para la implementación de la ENCCRV	Ejecución de mejoras en la fiscalización forestal y ambiental
	Ejecución de acciones de educación ambiental y de capacitación para comunidades rurales, funcionarios públicos y sector privado.
	Ejecución de acciones de transferencia tecnológica para el manejo de residuos y programa de adaptación para la gestión de recursos vegetacionales en el marco del cambio climático
	Ejecución de asistencia técnica para el Sistema de Medición y Monitoreo de la ENCCRV.

Es importante además mencionar que el proyecto incluye fondos para implementar nuevos viveros y reacondicionar algunos ya existentes en cada región, de forma de contar con material de mejor calidad para las distintas acciones planificadas. Dentro de las acciones de pilotaje que están siendo llevadas a cabo por el proyecto +Bosques se deben considerar los ámbitos, sitios prioritarios y acciones descritas en la **Figura 3.14**.

Figura 3.14. Ámbitos (bloques verdes), sitios prioritarios (bloques azules) y acciones de intervención



(bloques naranjos) definidos para la fase de pilotaje (elaborada a partir de CONAF, 2021).

Fuente: CONAF, 2021.

El proyecto + Bosques se gestiona a nivel de cada región, por lo que cada una en base a la experiencia en el territorio, definió sus metas y durante la etapa de pilotaje realizó la priorización de acciones necesarias y la mejor forma de ejecutarlas. Es así como en algunas regiones se decidió priorizar la creación de un centro de producción de semillas, como es el caso de la Región de Los Ríos, mientras que, en otras, esto puede no ser una prioridad (Pilar Cárcamo, CONAF Los Ríos, comunicación personal).

Una de las ONGs socias del Proyecto + Bosques en la Región de Los Ríos corresponde a The Nature Conservancy (TNC), a través de la Reserva Costera Valdiviana. En este caso el proyecto a ser desarrollado en conjunto busca implementar acciones de silvicultura preventiva, consistentes en la construcción de fajas corta combustible en una superficie de 78,6 ha y en la habilitación de una

faja libre de vegetación de 2 ha con el fin de impedir o retardar la propagación del fuego. Estas fajas protegerán no sólo infraestructura crítica, sino que los ecosistemas de la Reserva y el área de influencia del Parque Nacional Alerce Costero (Francisco Torres, TNC, comunicación personal).

Para la etapa de implementación del proyecto (2023-2026) se contemplan dos modalidades, una de pequeños/as propietarios/as y una de otros interesados/as. En la modalidad de pequeños/as propietarios/as ingresan proyectos individuales y colectivos y en la modalidad de otros interesados/as ingresan todos los demás (medianos propietarios/as, ONG, predios fiscales, etc., Gabriela Soto, CONAF Santiago, comunicación personal).

La cartera de proyectos priorizados se formula a través de CONAF considerando un enfoque de impacto ambiental; sin embargo, estos de igual forma son postulados en la plataforma para que compitan con las otras iniciativas interesadas (Gabriela Soto, CONAF Santiago, comunicación personal).

Para contribuir a la implementación del SDB de la ENCCRV se han conformado los grupos REDD+ regionales que promueven la descentralización de la toma de decisiones, aseguran la representatividad de los distintos sectores sociales, actores territoriales y sus intereses, e incorporan y valoran la realidad local para la selección e implementación de proyectos en el territorio. Las funciones de estos grupos son:

- Fortalecimiento y validación de las Propuestas Técnicas Regionales y del mecanismo de evaluación de las propuestas.
- Canalización y generación de propuestas de proyectos priorizados.
- Fortalecimiento de los proyectos priorizados.
- Canalización de necesidades de las comunidades locales y potenciales personas beneficiarias.
- Difusión de la distribución de beneficios con las comunidades locales y potenciales personas beneficiarias.

Actualmente se cuenta con 30 actividades piloto de acción directa en ejecución y finalizados desde el Maule a Los Lagos. Con las acciones piloto ejecutadas a la fecha, se ha beneficiado de forma directa permanente (propietarios y grupo familiar) a 270 personas, de las cuales el 30% son de pueblos originarios y el 52% son mujeres. Con la ejecución de los pilotos se ha dado trabajo a más de 80

personas de las cuales cerca del 40% son mujeres (Gabriela Soto, CONAF Santiago, comunicación personal).

Así también durante el segundo semestre de 2022 se realizó el primer ciclo del Sistema de Distribución de Beneficios, para el cual se ejecutaron 19 talleres con 517 participantes a nivel nacional. En el marco de este proceso, se obtuvieron 490 postulaciones, con más de 7.000 ha a ser evaluadas por los especialistas técnicos. Las postulaciones corresponden a proyectos de pequeños/as propietarios/as (80%) y otros interesados/as (20%, Gabriela Soto, CONAF Santiago, comunicación personal).

Si bien en un principio se pensaba poder financiar la totalidad de las acciones a realizar dentro de cada predio con el proyecto +Bosques; debido a la inflación post-pandemia, no será posible realizarlo. En el caso de los pequeños propietarios se están complementando estos fondos con los provenientes de la iniciativa "Siembra por Chile: Programa de Restauración de Bosques Nativos a Gran Escala". En el caso de propietarios medianos o aquellos que cuenten con mayores recursos, los que comprometan un aporte pecuniario tendrán una mayor probabilidad de ser financiados (Pilar Cárcamo, CONAF Los Ríos, comunicación personal).

El programa "Siembra por Chile" es parte de las iniciativas de reactivación económica, mitigación de precios y generación de empleos que el gobierno está implementando a través de CONAF. Este programa tiene como objetivo iniciar procesos de restauración de bosques nativos, principalmente en zonas de conservación y donde sea necesario proteger los suelos, en zonas de humedales, cabeceras de cuencas y alrededor de cuerpos de agua. Se incluyen tanto actividades de restauración per se, como de exclusión, preparación de sitio, faenas de control de especies invasoras, además de la entrega de plantas, entre otras. Además de estas acciones se espera llevar a cabo un programa de recolección de semillas que considere la identificación de áreas productoras de semillas y el establecimiento de estas áreas, además de un programa de fortalecimiento de viveros de CONAF y la formalización de convenios con viveros privados que otorguen capacitación en la producción de plantas. En este trabajo se ha priorizado el empleo de mujeres, donde a la fecha se han contratado más de 100 viveristas, de los cuales un 65% corresponde a mujeres. La superficie que se espera restaurar a través de la primera fase de este programa es de 6.000 ha (CONAF, 2022).

3.5.4. Mercado voluntario del Carbono

En el informe anterior, se había reportado acerca de la única transacción exitosa de bonos de carbono asociada a bosques nativos, la cual está siendo llevada a cabo por TNC en la Reserva Costera Valdiviana. La vigencia de estos bonos de carbono, que conllevan la deforestación evitada de 1.273 ha, es hasta el año 2023.

Otra iniciativa que involucra bosque nativo y que se encuentra registrada por la certificadora internacional VERRA, es la reforestación de tierras degradadas en la Provincia de Palena, Región de Los Lagos. Esta es llevada a cabo por la empresa SNP Patagonia Sur y contempla la reforestación de áreas degradadas por sobrepastoreo en el Valle de California, utilizando las especies coigüe, ñirre y lenga a una densidad de 1700 plantas/ha. El área inicial es de aproximadamente 137 ha y el proyecto se contempla para un horizonte de 80 años (proyecto de conservación perpetuo). La documentación disponible señala además que se espera continuar con diversas actividades de reforestación desde las regiones de la Araucanía a Magallanes (Environmental Services, 2012).

Aparte de estas dos iniciativas, las demás existentes dentro de la base de datos de la certificadora VERRA corresponden a tres iniciativas que involucran plantaciones con especies exóticas (Pino radiata y Eucaliptus) en distintas localidades del centro-sur de Chile. Llama la atención que bajo revisión se encuentre un proyecto que corresponde a la forestación inicial de 21 ha de suelos degradados en la Región del Maule con una plantación comercial de pino radiata. Esto, pues se plantea que la especie no es invasora en Chile (NFC Green SpA, 2022), lo cual resulta contrapuesto a lo evidenciado en la literatura (Pauchard et al., 2015). Esta iniciativa se plantea además como una que incorporará futuras plantaciones de pino radiata y/o *Eucalyptus globulus* en distintas zonas entre la Región Metropolitana y V Región hasta la Región de Los Lagos. Los dueños de la tierra incluidos en esta propuesta deben ser pequeños o medianos propietarios y plantean una edad de rotación aproximada de 23 años para pino y de 12 años para eucaliptus a una densidad de 1250 plantas por ha (NFC Green SpA, 2022). Este tipo de proyectos resulta preocupante, pues el cambio climático impone muchos más desafíos que los relacionados a la captura de carbono, y ya se ha reportado que las plantaciones forestales resultan perjudiciales para la producción de agua, especialmente bajo el contexto de reducción de precipitaciones que está viviendo el centro-sur del país (Álvarez-Garretón et al., 2019).

El mercado de bonos de carbono de bosques, asociado al secuestro de emisiones, aún no tiene un gran desarrollo en Chile debido principalmente al alto costo de tramitación de los certificados y a la falta de desarrollo de metodologías que se ajusten a nuestros tipos de bosques. El costo elevado de certificación determina además que estos bonos resulten rentables solo para proyectos que involucran grandes superficies de bosques (miles de ha), siendo aún difícil generar agrupación de proyectos para incluir a pequeños y medianos propietarios. Por otra parte, influyen las grandes fluctuaciones en el precio de la tonelada de CO_2 transada en el mercado voluntario y particularmente el bajo precio que alcanzaron en los últimos años este tipo de bonos, los cuales desincentivan las inversiones y aumentan la incertidumbre[7]. De no cambiar el sistema de certificación a uno más accesible económicamente o existir apoyo para este tipo de iniciativas, se visualiza difícil que este tipo de proyectos pueda desarrollarse ampliamente en el país como un medio efectivo para aumentar los secuestros de CO_2. Además, el escenario incierto que el cambio climático impone al crecimiento y la absorción de carbono por parte de los bosques agrega aún más incertidumbre a lo que efectivamente puede existir como retorno a las inversiones necesarias de implementación (Nicolás Nazal, comunicación personal). Pese a este escenario, existen igualmente perspectivas de desarrollo debido al esperado aumento de la demanda de este tipo de bonos producto de la necesidad de las empresas a nivel mundial de compensar sus emisiones con miras a la carbono neutralidad (Nicolás Nazal, comunicación personal).

[7]Nazal, N. Comunicación personal.

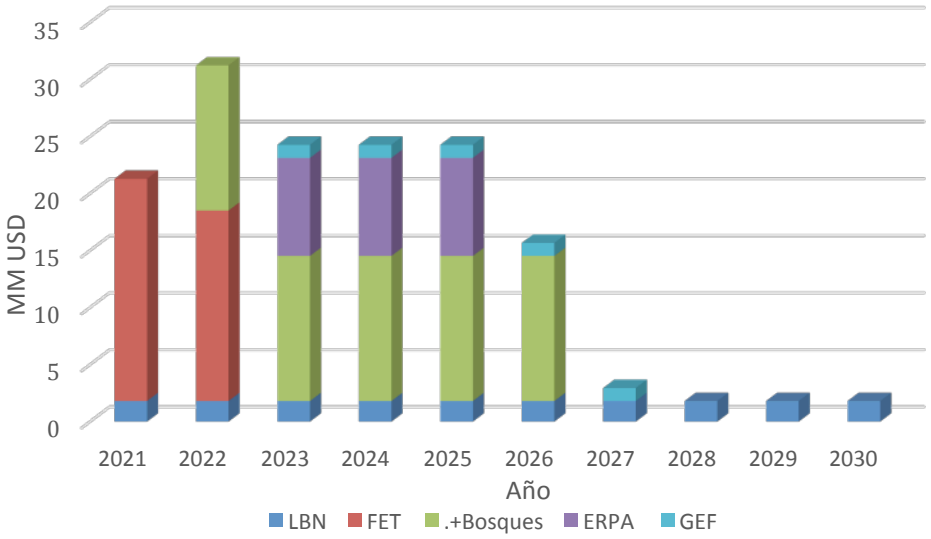
RECUADRO 3.1
Financiamiento asociado al cumplimiento de las metas NDC de Chile relativas a bosques nativos

Tomás Saratschef[1] y Constanza Troppa[2]
1. Fondo de la Naturaleza
2. Corporación Nacional Forestal, Gerencia de Cambio Climático

¿Con qué recursos dispone el país para el cumplimiento de las NDC asociadas a bosques?

Debido al nivel de ambición de las metas de contribución comprometidas por Chile relativas a bosques (MMA 2020b) ha sido necesario movilizar diferentes fuentes de recursos tanto nacionales como internacionales. Los distintos fondos desplegados para el cumplimiento de estas metas consideran montos y temporalidades variables abarcando diferentes regiones según cada caso. La siguiente figura sistematiza las fuentes de financiamiento disponibles en Chile para el cumplimiento de las metas asociadas a bosques, distribuidas temporalmente hasta el 2030.

Figura 1. Financiamiento de las metas NDC I4 e I5 para el 2030.



Fuente: Elaboración propia a partir de cifras de CONAF 2022 Gerencia de Cambio Climático. Datos no publicados.

LBN: Fondo de recuperación y manejo sustentable del bosque nativo, de la ley de recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley Nº 20.238). FET: Fondos de Emergencia Transitorios COVID19, a partir de la emergencia sanitaria causada por el COVID19 en 2020. +Bosques: Programa +Bosques de la Estrategia Nacional de Cambio climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) financiado por el Green

Climate Fund. ERPA: proyecto financiado por el Forest Carbon Partnership Facility. GEF: aporte al proyecto GEF de Restauración, sin contar los aportes de contrapartida del MMA ni MINAGRI.

La **ley 20.238 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal** considera un Fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo, que permite a pequeños propietarios acceder a una bonificación para el manejo sustentable del bosque nativo. Esto contribuyó con 1,80 millones de dólares el 2021 y con 1,89 millones de dólares al 2022 para el cumplimiento de las metas NDC señaladas a lo largo del territorio nacional. Se espera que este fondo se mantenga durante los próximos años.

Por otro lado, a raíz de la emergencia sanitaria producto del COVID19 y sus efectos sobre el empleo, Chile generó el **Fondo de Emergencia Transitorio (FET)** el año 2021. Este fondo, considera el proyecto "Siembra por Chile" de MINAGRI, que destinó 19,48 millones de dólares durante el 2021 a través de la línea "Restauración del bosque nativo a gran escala" de CONAF, lo cual se implementa entre las regiones de Coquimbo hasta Magallanes. Durante el 2022 se reitera la inversión, con 16,70 millones de dólares.

Además, gracias a la exitosa implementación de la tercera fase de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de Pagos por Resultados y en el marco del esquema de pago por resultados REDD+, el **Green Climate Fund (GCF)** financió a Chile el proyecto "+ Bosques", ejecutado por CONAF a través de FAO, y que dispone de 63,6 millones de dólares para ser ejecutado entre las regiones de Maule a Los Lagos, durante los años 2022 a 2026.

De la misma manera y bajo el mismo marco de pago por resultados REDD+, el **Forest Carbon Partnership Facility (FCPF)** dispuso de 26 millones de dólares a través del Emission Reductions Payment Agreement (ERPA) para actividades de restauración en Chile, hasta el 2025.

Finalmente, se encuentra *ad portas* de comenzar el proyecto GEF de Restauración, que cuenta con un financiamiento desde el **GEF** de 5,7 millones de dólares para ser implementados entre las regiones de Coquimbo a Biobio, entre los años 2022 y 2027. Los aportes de contrapartida del MMA y MINAGRI respectivos a este proyecto no son incluidos en este gráfico, debido a que no responden a una relocalización de recursos para las metas respectivas indicadas.

¿Cuántas hectáreas ya han sido beneficiadas en el marco de estas metas NDC comprometidas por Chile?

Cuadro 1. Avance del cumplimiento de las metas NDC asociadas a bosques según proyectos ejecutados y proyecciones respecto del año 2022.

Meta	**Avance en superficie (ha)**[1]			
	2020	2021	2022[2]	Total a la fecha
I4) Chile se compromete al manejo sustentable y recuperación[3] de 200.000 hectáreas de bosques nativos, representando capturas de GEI en alrededor de 0,9 a 1,2 MtCO2eq anuales, al año 2030.	4.000	10.633	9.284	23.916
I5) Chile se compromete a forestar 200.000 hectáreas, de las cuales al menos 100.000 hectáreas corresponden a cubierta forestal permanente, con al menos 70.000 hectáreas con especies nativas. La recuperación y forestación[4] se realizará en suelos de aptitud preferentemente forestal y/o en áreas prioritarias de conservación, que representarán capturas de entre 3,0 a 3,4 MtCO2eq anuales al 2030.	3.421	4.862	4.559	12.842

Fuente: Elaboración propia a partir de cifras de CONAF 2022 Gerencia de Cambio Climático. Datos no publicados.

[1] Considera sólo la cantidad en hectáreas, pero no ha sido informado en el reporte NDC a la CMNUCC, y no considera el cálculo en COeq
[2] Incluye acciones registradas al 30 de noviembre de 2022
[3] Considera superficie de manejo bonificada por la Ley de Bosque Nativo, la superficie de manejo de reactivación económica y la superficie de recuperación de bosques afectados por el cambio climático o incendios forestales.
[4] Incorpora la superficie forestada, revegetada o recuperada (afectada por incendios forestales), por lo que podría tener variaciones con respecto a lo informado por INFOR, dado que la superficie recuperada no es registrada.

Tal como muestra el cuadro, en Chile hemos avanzando en el cumplimiento de manejo sustentable y recuperación de 23.916 hectáreas en lo que respecta a la meta I4; y en 12.842 hectáreas en lo que respecta a la meta I5. En vista de lo anterior, Chile mantiene aún una gran brecha para lograr el cumplimiento de las metas comprometidas.

Adicionalmente a los esfuerzos ya desplegados, se debe seguir trabajando en los mecanismos de financiamiento contenidos en REDD+ y su tercera fase de "Pago por Resultados", el cual considera diversas vías de financiamiento, tanto públicas, privadas, multilaterales y/o acuerdos bilaterales, que permitan cumplir con las metas propuestas.

Además, es imperioso considerar mecanismos de precios de carbono, entre los que se encuentran los *offsets* (compensaciones) y otros que se puedan establecer

en Chile en el futuro, como el Sistema de comercio de emisiones (ETS), que actualmente opera en países de la Unión Europea, California, México, entre otros. Así también se considera imperioso dejar abierta la posibilidad del instrumento del Artículo 6 del Acuerdo de Paris, específicamente el 6.2, para dar cumplimiento a los compromisos como una alternativa clara de financiamiento adicional de manera similar a los pagos por resultados.

3.6. POLÍTICAS PÚBLICAS RESPECTO DEL BOSQUE NATIVO

3.6.1. Principales Avances y desafíos para la conservación, manejo y restauración del bosque nativo

Sin bien no han ocurrido de forma tan reciente, los principales avances han sido la promulgación de la ley de bosque nativo en 2008 la cual estableció bonificaciones al manejo y a algunas acciones de conservación y recuperación del bosque nativo. Otro avance importante fue la promulgación de la ley de Derecho Real de Conservación en 2016 ley 20.930) la cual ha permitido que, para un número de predios no determinado, se haya constituido este derecho para la conservación de determinados predios, áreas dentro de ellos o de determinados atributos, mediante el acuerdo voluntario entre el propietario y un titular del derecho (**Ver Cuadro 3.7**). Este derecho queda inscrito en el registro de hipotecas, siendo un gravamen al predio por lo cual es de cumplimiento obligatorio. Puede estimarse que este fue un avance para garantizar en el largo plazo la conservación de predios privados. No obstante, algunos proyectos de parcelaciones rurales y otros han intentado o usado este mecanismo como una forma de que su negocio resulte más atractivo, pero sin que en realidad estos derechos reales vayan a permitir la conservación efectiva.

Cuadro 3.7. Principales avances y desafíos para el manejo sustentable, la conservación y restauración de los bosques nativos a partir de 2008. Los avances se ordenan cronológicamente y los desafíos según su prioridad.

Avances			**Desafíos pendientes**			
Año	**Instrumento/ proponente**	**Avance/s concreto/s**	**Año**	**Instrumento o Propuesta**	**Proponente**	**Contenido/s o limitaciones**
			2014	Propuesta de Creación del Servicio Nacional Forestal. En 2022 se retomó la formulación de una nueva propuesta, la cual está en proceso de elaboración.	Ministerio de Agricultura	Reemplazaría a CONAF, la cual es una corporación de derecho privado.
2008	Ley de Recuperación y Fomento del Bosque Nativo/ Ministerio de Agricultura	Entre otras: Bonificaciones al manejo, recuperación del bosque nativo y conservación de especies amenazadas	2010	Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.	Ministerio del Medio Ambiente	Permitiría establecer por primera vez un Servicio Público dedicado total y exclusivamente a la conservación de la biodiversidad dentro y fuera de las Áreas Protegidas, rectificando la situación actual de dispersión de competencias y falta de coordinación entre diversos ministerios y servicios públicos.
			2021	Incorporación de todas las plantaciones forestales sin restricción de tamaño y de las actividades realizadas en ellas a la Ley de bases del medio ambiente.	Comisión de Medio Ambiente del Senado	Hace obligatorio que las faenas realizadas en plantaciones de cualquier tamaño se sometan al Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA)

			2020	Modificación de NDC de 200.000 ha de forestación al año 2030, de tal manera que solo incluya especies nativas, ya que en la actualidad puede incluir hasta 130.000 ha de especies exóticas.	CR)2 2019 en el proceso de consulta ciudadana y diversas organizaciones conservacionistas. Marquet et al., 2019, Sub-mesa de Cambio de Uso del Suelo, Comité Científico del Ministerio de Ciencia para la COP25	Esta NDC está en l contradicción con la Ley Marco de Cambio Climático que establece que no se impulsarán los monocultivos forestales y además es contradictoria con la evidencia científica y con el inventario de gases de efecto invernadero a cargo del MMA ver avances en política forestal).
			2021	Modificaciones al Consejo de Política Forestal, creado por Decreto Número 41.155 del Ministerio de Agricultura 2015	Este capítulo	Presenta una serie de limitaciones que han limitado su aporte a la formulación de políticas y requiere modificaciones sustantivas a su composición y perspectiva.
			2012, 2016,	Modificaciones a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal	Lara et al., 2012, 2016 (Capítulo 3 Informe País).	Que las Infracciones sean vistas en Juzgados penales y no en Juzgados de Policía Local, aumentando los casos y montos de las multas establecidas en la ley.
			2016, 2019	Modificaciones a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal: Modificación de la tabla de valores y agilización del pago de las bonificaciones al bosque nativo.	Lara et al., 2016, 2018 (Capítulo 3 Informe País).	Aumento de los valores a pagar en acciones de conservación, actualmente de 5 UTM/ha a 10/UTM/ha, valor pagado en el caso de manejo de bosques nativos. En la situación actual los propietarios pagan las intervenciones y recuperan parte de los costos después 2-3 años, lo que ha llevado a ejecución de solo un 67% del presupuesto entre 2010 y 2018 (Lara et al. 2018).

			2016	Modificaciones a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal: Artículo 1. Ampliar definición de bosque nativo	Lara et al., 2016 (Capítulo 3 Informe País).	Actualmente la definición considera sólo aquellos bosques con un área mínima de 0,5 ha y 40 metros de ancho, dejando fuera de toda regulación a fragmentos de bosque nativo de importancia para la conservación y restauración.
			2016	Modificaciones a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal: En Articulo 19 que autoriza y regula la alteración de especies nativas en categorías de conservación y su hábitat en el caso de proyectos de interés nacional y otros.	Lara et al., 2016, 2018 (Capítulo 3 Informe País).	Las acciones de compensación debieran exigir el establecimiento de un área protegida con ecosistemas representativos de los que van a ser intervenidos o eliminados o expandir un área protegida existente y financiar los costos de su protección durante la vida útil del proyecto. Esto en reemplazo de compensaciones actuales consistentes en general en plantaciones de especies nativas con diferentes niveles de sobrevivencia y desarrollo.
		Establece por ley obligación de CONAF de monitorear y mantener un catastro de bosque nativo	2016, 2018	Dictación de Decreto de Ministerio de Agricultura que establezca la creación de panel de especialistas para contribuir al monitoreo de bosque nativo y cobertura vegetacional. Esto es de gran importancia para el monitoreo de deforestación y degradación del bosque nativo y	Lara et al., 2016, 2018. (Capítulo 3 Informe País).	Creación de panel de especialistas de la academia, Instituto Forestal y otras instituciones convocado por CONAF para acordar definiciones y metodologías y validar los informes de actualización y monitoreo de la cobertura de los bosques. En Octubre de 2022 en Valdivia se realizó un seminario organizado por CONAF para avanzar en esta dirección. No obstante el panel propuesto o un consejo o

				el reporte del avance del cumplimiento de las NDC ante la Convención de Cambio Climático.		comité equivalente no se ha constituido (diciembre 2022)
			2016	Modificaciones a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal: Modificación de Reglamento de Suelo, Aguas y humedales	Lara et al., 2016, 2018.	Aumento del ancho de los bosques de protección de cauces de arroyos, ríos y lagos. Todos los bosques nativos deben tener y respetar zona de protección de cauces, sin la excepción actual para los bosques intervenidos según planes de manejo aprobados por CONAF.
2016	Ley No 20.930 Derecho real de Conservación/ Ministerio de Medio Ambiente	Establece el Derecho Real de Conservación DRC) como la facultad de conservar el patrimonio ambiental, o determinados atributos o funciones ambientales de un predio o parte del predio. Este derecho se constituye en forma libre y voluntaria por el propietario del predio en beneficio de una persona natural o jurídica determinada.	2019			
2017	Ley 21074 Regionalización/ Ministerio de Interior y de Seguridad	Regula el ordenamiento territorial en varios de sus artículos y establece como instrumento de planificación los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial PROT), los cuales serán de cumplimiento obligatorio para los ministerios y servicios públicos, considerando la consulta ciudadana	2017	Ley 21074 Regionalización/ Ministerio de Interior y de Seguridad	Este Informe	Está pendiente el reglamento de la política nacional de ordenamiento territorial lo que es requisito para complementar e implementar los PROT y que estos sean vinculantes. Por lo tanto, se requiere la pronta aprobación de este reglamento.
2021 - 2022	Proyecto + Bosques, Chile Siembra y otros fondos para restauración y recuperación del bosque nativo/	Financiamiento para llevar a cabo acciones de restauración incluyendo forestación, silvicultura preventiva, recuperación de bosque nativo para				

	Ministerio de Agricultura, Ministerio de Medio Ambiente/Cooperación Internacional	avanzar en dar cumplimiento a la NDC de restauración a escala de paisaje de 1 millón de ha.				
2020	NDC que establece la restauración a escala de paisaje de 1 millón de ha al año 2030/Ministerio de Medio Ambiente	Prioriza aquellas áreas con mayor vulnerabilidad social, económica y ambiental. Se vincula con el ODS 13 Acción por el clima) y 15 Vida de ecosistemas terrestres).				
2022	Ley Marco de Cambio Climático Artículos 2 y 5.	-Incorpora las Soluciones basadas en la naturaleza. - Establece además que "Los lineamientos no incentivarán la plantación de monocultivos forestales". -Excluye a los monocultivos como refugio climático.				
	Idem Articulos 3 y 6 Estrategia Climática de Largo Plazo Ministerio del Medio Ambiente)	Establece lineamientos relativos a conservación de ecosistemas, restauración ecológica, forestación y reforestación con especies nativas en cuanto a:- Niveles de absorción y almacenamiento de gases de efecto invernadero -Medios de implementación de la Estrategia Climática de Largo Plazo mediante el Desarrollo y Transferencia de Tecnología. -Plan para hacer frente a las necesidades presentes y futuras de recursos hídricos				
2022	Ministerio de Agricultura Circular 475	Instruye sobre suspensión o rechazo de proyectos de certificación de subdivisión de predios rústicos y criterios complementarios de revisión.				

En 2017 se dictó la ley 21.074, “Fortalecimiento de la Regionalización del País” del Ministerio de Interior y Seguridad Pública, la cual regula el ordenamiento territorial en varios de sus artículos y establece como instrumento de planificación los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial PROT). Esta ley, aunque no se refiere explícitamente a los bosques nativos, plantaciones forestales, cuencas o paisajes, es una norma muy importante pues por primera vez ofrece la posibilidad de tener planes de ordenamiento territorial lo cual es un requisito para manejar, restaurar y conservar los bosques nativos a escala de paisaje, más allá de los límites prediales. Esto ha sido planteado como un desafío pendiente en los informes país anteriores Lara et al., 2016, 2019). Esta ley establece que los PROT serán de cumplimiento obligatorio para los ministerios y servicios públicos y que serán sometidosa procedimiento de consulta pública (**Ver Cuadro 3.7**). Aunque varias regiones han trabajado desde hace años en el diseño de los PROT y su reglamento se frenó durante el segundo Gobierno de Sebastián Piñera (2018 y 2021), porque iba en contra de la lógica de dicho gobierno al implicar restricciones sobre las actividades del sector privado. El diseño de los PROT ha empezado a ser reactivado durante 2022, pero está pendiente el reglamento de la política nacional de ordenamiento territorial lo que es requisito para implementar los PROT y que estos sean vinculantes (Patricio Romero, GORE región de los Ríos, Comunicación Personal).

Un avance importante para los bosques nativos, fue el proceso de consulta ciudadana respecto a las NDC presentadas por Chile a la COP25 realizada en Madrid en diciembre de 2019. Algunos grupos científicos y organizaciones de conservación habían propuesto considerar que la restauración debía hacerse a escala de paisaje y no para determinados predios, promoviendo una mayor heterogeneidad de paisaje en que se integren diferentes usos del suelo para compatibilizar la producción de diversos bienes por ejemplo madera, productos agrícolas) y servicios ecosistémicos de bosques nativos y otros ecosistemas CR2 2019). A partir de este proceso de consulta, en 2020 se incorporó la NDC mediante la cual Chile se compromete a la restauración a escala de paisaje de 1 millón de ha para el año 2030, lo cual ciertamente es una meta ambiciosa (**Ver Cuadro 3.7**). Esta NDC más otras modificaciones a estos compromisos y la disposición de nuevos fondos (ver sección 3.5 y **Recuadro 3.1**) marcaron un punto de inflexión para la restauración del bosque nativo.

En materia de legislación reciente, **la Ley Marco de Cambio Climático** dictada en 2022, es el instrumento que establece de forma más clara una política de impulso

a la conservación y restauración del bosque, humedales y otros ecosistemas nativos. Esto a fin de incrementar las capturas y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a fin de alcanzar la carbono neutralidad de, puesta como meta para el año 2050. Esta Ley incorpora lineamientos respecto a la conservación de ecosistemas, restauración ecológica, forestación y reforestación con especies nativas dentro de las estrategias de largo plazo, y en el desarrollo y transferencia tecnológica. Además, considera un plan de recursos hídricos para atender las necesidades presentes y futuras con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza, tales como la restauración o conservación de humedales, riberas, bosque nativo y prácticas sustentables agrícolas. Por otra parte, determina claramente que *"los lineamientos no incentivaran la plantación de monocultivos forestales"*. Si bien la definición de monocultivo forestal no está incluida en la ley, esto no deja margen para la ambigüedad, ya que la condición de monocultivos forestales en Chile la cumplen exclusivamente las plantaciones comerciales de árboles exóticos principalmente pino y eucalipto). De esta forma, no resulta pertinente instalar una discusión respecto a la definición de monocultivo forestal, por ejemplo, en el Consejo de Política Forestal, como pretexto para dilatar o relativizar la aplicación de esta exclusión (**ver Recuadro 3.2**). La exclusión de incentivos a los monocultivos forestales está basada en la evidencia científica que muestra cómo en el caso de los bosques nativos, las capturas de CO_2 (debido al crecimiento de los árboles) han superado a las emisiones (por incendios y corta) en un promedio de 63 millones de toneladas de CO_{2eq} entre 2010 y 2018, siendo el principal componente de la mitigación que ha sido cuantificada a nivel nacional (Hoyos et al 2021 a partir de datos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile MMA 2020c). Por el contrario, las emisiones de las plantaciones forestales mayoritariamente de pinos y eucaliptos han superado a las capturas en 33 millones de toneladas de CO_{2eq} en el mismo período. Es decir, en vez de contribuir a la mitigación del cambio climático, lo están agravando debido a que los incendios y la cosecha para diversos productos forestales de corta vida (principalmente pulpa de celulosa) han superado a las capturas por crecimiento de los árboles en las plantaciones, y esta ha sido la tendencia en las últimas dos décadas (MMA 2020c, Hoyos et al 2021). La condición de las plantaciones como emisoras netas de CO_{2eq} se exacerbó el año 2017 debido a los incendios que afectaron a más de 600.000 ha, mayoritariamente de plantaciones forestales. Esto determinó que las emisiones de las plantaciones superaran a las capturas en 133 millones de toneladas de CO_{2eq}, haciendo que por primera vez desde 1990, las emisiones del conjunto de bosques nativos y plantaciones superaran a las capturas en 30 millones de toneladas de CO_{2eq} (Hoyos et al.,

2021). Este hecho, sumado a la intensificación de las condiciones de aridez sección 3.2), y los impactos negativos de las plantaciones forestales sobre la provisión de agua como un servicio ecosistémico Little et al., 2009; Álvarez et al., 2019; Galleguillos et al., 2021) justifican plenamente que la ley marco de cambio climático no incentive los monocultivos forestales y los excluye explícitamente en la definición de refugios climáticos (**ver Cuadro 3.7**).

Es interesante notar que de las cuatro leyes que apuntan a políticas que promueven el manejo sustentable, conservación y restauración del bosque nativo, o que siendo de otros ámbitos son gravitantes para el bosque nativo, sólo una fue propuesta por el Ministerio de Agricultura Ley de recuperación del bosque nativo). Otras dos fueron desarrolladas desde el Ministerio de Medio Ambiente Leyes de Derecho Real y de Cambio Climático) y una desde el Ministerio de Interior y Seguridad Ley de Regionalización). Por otra parte, los fondos disponibles para la restauración del bosque nativo son aportados tanto por el Ministerio de Agricultura como por el del Medio Ambiente (**ver Recuadro 3.1)**.

3.6.2. Principales Desafíos

Como el cuadro de más arriba también incluye los desafíos, no dejaría esto como una nueva sección. Yo le cambié de hecho el título a la sección previa.

Según lo analizado en este informe y en informes anteriores Lara et al., 2012, 2016, 2018) existen problemas serios en cuanto a la ausencia de manejo sustentable, pérdida y degradación de los bosques nativos, y éstos en parte tienen como causantes o se vinculan a los sectores económicos y productivos de plantaciones forestales, agropecuario y energía. Por otra parte, dichos problemas impactan negativamente la conservación de la naturaleza y el valor intrínseco que esta tiene, así como la provisión de servicios ecosistémicos necesarios para nuestro bienestar y el de la sociedad. Entre dichos servicios está la provisión de agua en cantidad y calidad, regulación de caudales, reducción del riesgo de inundaciones, regulación climática, mantención de la fertilidad del suelo y mantención de valores espirituales, entre los que está el sentido de pertenencia y recreación, entre otros.

Dentro de este contexto, a partir del **Cuadro 3.7** se seleccionaron los siguientes tres desafíos que se consideran prioritarios. **El primero** es que no se haya completado el proceso de promulgación de dos leyes fundamentales para el manejo sustentable, conservación y restauración del bosque nativo. Estas son la

ley que crea el Servicio Nacional Forestal SERNAFOR), y la ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas SBAP). EL SERNAFOR remplazaría a la actual CONAF en sus funciones de regular el manejo y restauración del bosque nativo, fiscalización, fomento y control de incendios, resolviendo una situación anómala en que CONAF es una corporación de derecho privado lo que limita su capacidad de regular y fomentar el desarrollo armónico de los subsectores de plantaciones forestales y bosque nativo. Esta ley propuesta en 2017 está en la etapa de desarrollo al interior del Ministerio de Agricultura con períodos intermitentes de avance y consultas al Ministerio de Hacienda y a otros Lara et al., 2016).

El SBAP permitiría establecer por primera vez un servicio público dedicado total y exclusivamente a la conservación de la biodiversidad dentro y fuera de las Áreas Protegidas en forma integral y armónica, rectificando la situación actual de dispersión de competencias y falta de coordinación entre diversos ministerios y servicios públicos. Esta ley propuesta en 2010 durante el primer Gobierno de Michelle Bachelet, ha sido discutida en la Cámara de Diputados durante tres gobiernos, y ha encontrado una fuerte oposición desde los Sindicatos Profesionales de CONAF debido a que conlleva el traspaso de la administración de las Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) al SBAP. Esto ha demorado su promulgación y llevado a diversas modificaciones, habiendo sido finalmente aprobada por la Comisión de Medio Ambiente de la Cámara de Diputados en agosto de 2022, encontrándose actualmente noviembre de 2022) en discusión en la Comisión de Hacienda. Puede considerarse que la ley que crea el SBAP y aquella que crea el SERNAFOR son complementarias. Un desafío es llevar a cabo mejoras en el proyecto de ley SBAP, por ejemplo, limitar el traspaso de fondos del estado hacia el sector privado, aumentando la regulación de las concesiones y priorizando el financiamiento de las acciones del Estado.

El segundo desafío es lograr que se apruebe el proyecto de modificación de la Ley sobre bases generales del medio ambiente para que todas las plantaciones forestales ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA), independiente de las actividades realizadas en ellas y sin limitación de un área mínima de intervención (**Ver Cuadro 3.7**). Actualmente sólo deben ingresar al SEIA las cosechas casi siempre a tala rasa) de 500 ha o más, lo cual casi nunca ocurre pues las empresas fraccionan las cosechas en varios planes de manejo presentados a CONAF. Este proyecto de ley fue presentado por la Comisión de Medio Ambiente a través del Senador Alfonso DeUrresti, posteriormente pasó a la Comisión de Agricultura y como era esperable, encontró fuerte oposición por

parte del Colegio de Ingenieros Forestales y CORMA la cual agrupa a las grandes empresas forestales), quienes lograron influir de tal manera que el proyecto original se desvirtuó e incorporó una superficie mínima de 250 ha. Esto no evitaría el impacto sobre áreas mayores a través del fraccionamiento de los planes de manejo, tal como ocurre en la actualidad con el límite de 500 ha. También se introdujeron una serie de contenidos a la ley de bases del medio ambiente, los cuales pretendían incorporar una serie de normas que los sectores académicos y organizaciones de conservación no consideraron que reducirían el impacto de las plantaciones. De hecho, se incorporaron una serie de normas que no estaban basadas en evidencia científica ni estaban de acuerdo con la NDC de restauración a escala de paisaje de un millón de ha. El proyecto fue votado favorablemente en sala, condicionada a las indicaciones hechas por la Comisión de Agricultura, pero la Comisión de Medio Ambiente se desistió de perseverar en su tramitación completa ya que el proyecto de ley que señalaban dichas indicaciones desvirtuaba completamente la propuesta original y era contrario a su objetivo de reducción de impacto de las plantaciones forestales.

El tercer desafío prioritario es cambiar la NDC mediante la cual Chile se compromete a la forestación de 200.000 ha al año 2030, de forma que sólo se consideren especies nativas, ya que actualmente se establece que un mínimo de 70.000 ha será con especies nativas (**ver sección 3.5 y Cuadro 3.7**). Es decir, deja la posibilidad abierta de que hasta 130.000 ha sean plantadas con especies exóticas e incluso considera que 100.000 ha del total de 200.000 sean áreas sometidas a cosecha en un sistema de rotaciones. Al momento de formularse esta NDC impulsada desde el Ministerio de Agricultura y apoyada por la CORMA, fue duramente criticada desde el ámbito científico sobre la base de las evidencias Marquet et al., 2019; CR)2 2019) y del inventario nacional de gases de efecto invernadero MMA 2016). Estas evidencias e inventario documentan, como se indicó anteriormente, que las emisiones de las plantaciones forestales superan a sus capturas. La solicitud desde la comunidad científica y organizaciones de conservación durante el proceso de consulta de que la forestación fuera exclusivamente con especies nativas no fue considerada. Esta NDC que sigue vigente está en total contradicción con la Ley Marco de Cambio Climático de 2022 que establece que no se impulsarán los monocultivos forestales. Por lo tanto, se requiere de forma urgente la modificación de esta NDC, pues el Ministerio del Medio Ambiente tiene las competencias para hacerlo y alinear este compromiso con la ley.

El Cuarto desafío es lograr el control y regulación efectiva de las parcelaciones rurales, y poner término a la subdivisión, especulación y sus impactos ambientales y sociales. A partir del año 2020 se ha producido un aumento explosivo de la subdivisión rural a través de las parcelaciones, asociado en cierta medida al encierro debido a la pandemia de Covid y al deseo de los habitantes de la Santiago y de otras ciudades a trasladarse a una parcela, eventualmente construir una segunda vivienda o simplemente como una inversión. Esta demanda ha sido aprovechada por inmobiliarias y otros agentes generándose una fuerte especulación (Allard et al. 2022). El aumento explosivo de las parcelaciones queda evidenciado en que en 2019 el SAG certificó 9.373 operaciones de subdivisión en 2019, 9.842 en 2020 pasando a 15.837 en 2021, lo cual representa un incremento de casi 170% en solo dos años (Allard et al. 2022). Esta subdivisión de la tierra y cambio de uso encubierto está degradando y fragmentando el bosque nativo, con impactos negativos para las personas y sociedad, tales como el deterioro en la provisión y calidad del agua, accesibilidad a lugares que anteriormente eran públicos (por ejemplo, orillas de lagos y de ríos) y uso de estos ambientes para la recreación. En Julio de 2022 el Ministerio de Agricultura emitió una resolución comunicada mediante la Circular 475 que busca obligar al cumplimiento de la legislación vigente, indicando las condiciones para el rechazo o suspensión de certificaciones como una forma de controlar la explosiva subdivisión asociada a parcelaciones (Ministerio de Agricultura 2022). Esta política del Ministerio de Agricultura ha encontrado la fuerte oposición de las empresas inmobiliarias dedicadas a las parcelaciones y de su reciente organización Chile Rural, quienes han cuestionado y desafiado la legalidad de las medidas del Ministerio de Agricultura por la vía de la judicialización, proceso en curso y de resultado incierto (diciembre 2022).

RECUADRO 3.2

Sobre el Consejo de Política Forestal

Fernanda Salinas Urzúa
Consejera Sociedad de Ecología Consejo de Política Forestal 2018-presente.

Durante el segundo gobierno de Michelle Bachelet, con Carlos Furche como Ministro de Agricultura y Aarón Cavieres como Director Ejecutivo de CONAF, se creó el Consejo de Política Forestal mediante el Decreto N°8 del Ministerio de Agricultura del año 2015. El decreto justifica la creación del consejo con **la importancia económica** de las actividades forestales, **su declinación en la tasa de crecimiento** en las últimas décadas y, en consecuencia, **la exigencia por replantear la estrategia forestal de Chile en términos globales**, **con visión de futuro** y la influencia del sector en lo **social, ambiental y cultural**. El decreto señala que a los organismos competentes del Estado les corresponde oriental el desarrollo del país mediante políticas públicas que consideren las necesidades y aspiraciones de la ciudadanía y de actores sectoriales y sociales relevantes, mientras que el Ministerio de Agricultura debe asumir la dirección de la orientación estratégica del sector con el objetivo de formular una Política Forestal para el período 2015-2035. El Consejo de Política Forestal está compuesto por 16 consejeros (ver **Cuadro 1**), es de carácter consultivo y asesor del Ministerio de Agricultura en materia forestal.

Cuadro 1. Integración del Consejo de Política Forestal por 16 consejeros.

Director Ejecutivo CONAF
Director Nacional ODEPA
Director Ejecutivo INFOR
Consejero CORFO
Dos consejeros sector académico universitario
Consejero sociedades científicas
Consejero sector empresarial forestal-industrial
Consejero pequeña y mediana empresa maderera
Consejero pequeños propietarios y silvicultores
Consejero Colegio de Ingenieros Forestales
Consejero organizaciones sindicales sector forestal
Consejero pueblos originarios
Consejero campesinos
Dos consejeros ONG ambiental

Durante el primer año de funcionamiento y el primer trimestre del 2016, el consejo trabajó en la elaboración de la *Política Forestal 2015-2035*, con cuatro grupos de trabajo, cada uno integrado por ocho consejeros. El primer documento elaborado fue *Sector Forestal Chileno. Desafíos y Visión 2015-2035. Documento*

Guía para la formulación de la política forestal chilena. Adicionalmente, se conformaron dos comisiones temáticas. La política forestal quedó definida en cuatro ejes estratégicos como objetivos generales: Institucionalidad forestal, productividad y crecimiento económico, inclusión y equidad social y protección y restauración del patrimonio forestal. Cada eje tuvo un grupo que trabajó en paralelo entre diciembre 2015 y marzo 2016.

El año 2016 se creó la Comisión Temática Zonas Áridas y Semiáridas, cuyas actas de sesiones no se encuentran disponibles en el sitio web de CONAF, pero publica la *Agenda Programática Zonas Áridas y Semiáridas 2018-2021*, cuyos contenidos fueron validados en el Consejo en enero del 2018. Durante el primer semestre del 2017, y como respuesta institucional a los megaincendios del verano 2016-2017, en el Consejo de Política Forestal se conformó la Comisión Temática Protocolo de Plantaciones, que a su vez, se subdividió en cuatro grupos de trabajo, que abordaron temáticas de protección de suelos y aguas, manejo de interfaz y discontinuidad de combustible, reconocimiento de la funcionalidad ecológica de las plantaciones forestales, y asociatividad. En octubre 2017 se publicó el *Protocolo de Plantaciones Forestales.* Ese mismo año también sesionó la Comisión Temática Productos Forestales No Madereros.

En enero del 2018 sesionó por primera vez la Comisión Temática de Bosque Nativo, acumulando 14 sesiones hasta septiembre del 2020, donde se han discutido recomendaciones para modificar distintas regulaciones asociadas al bosque nativo. La Comisión Temática de Incendios Forestales, creada en octubre de 2018, sesionó dos veces, en las que se revisó una propuesta de proyecto de ley en la materia, pero no prosperó. La Comisión temática de Biomasa se creó también en octubre de 2018 , y tras nueve sesiones, presentó su trabajo en agosto de 2020 ante el pleno del Consejo.

A pesar de que no figuran en el sitio web de CONAF, el año 2019 se creó la Comisión Temática Forestación y Mitigación de los efectos de cambio climático, en donde en al menos seis sesiones de trabajo se discutió una propuesta de proyecto de ley que buscaba financiar plantaciones forestales con fines productivos bajo el contexto de mitigación de emisiones, que no prosperó. Asimismo, el año 2021, se conformó una comisión para mitigar los impactos ambientales de las operaciones de cosecha forestal mediante tala rasa en plantaciones forestales, que buscó evitar la modificación legal para incorporar la evaluación de impacto ambiental para plantaciones forestales.

Al analizar la composición del Consejo de Política Forestal podemos identificar la predominancia de representantes de organismos del Estado vinculados con la actividad forestal y de los sectores productivos madereros, representados a través de las empresas, profesionales, académicos, propietarios y trabajadores Tabla 1). Están menos representados en el consejo el sector científico, cultural, ambiental y social. El resultado de esta subrepresentación es que, al crearse comisiones que trabajan de manera simultánea, y que a su vez, se subdividen en grupos de trabajo para abordar distintos aspectos, la transversalidad de las miradas que componen el consejo no están presentes en la elaboración de las propuestas. Es más, a la fecha, no se ha institucionalizado ningún mecanismo para dar la legitimidad de las diferentes aproximaciones involucradas en la gestión forestal del país.

Por otra parte, mientras el trabajo del Consejo es parte de las responsabilidades del sector público, y para el sector productivo es parte del interés en su actividad económica, los consejeros del mundo social, ambiental, cultural y científico participan de este espacio planteando la permanente necesidad de ampliar la mirada sobre la actividad económica forestal en relación a la consideración de las evidencias científicas, ambientales, sociales y culturales, sin que ese mensaje sea recibido por quienes finalmente ejercen y promueven la actividad forestal. Ejemplo de esto ha sido la ausencia de voluntad de poner en la agenda de discusión los impactos del madereo de salvataje, también llamada corta de recuperación, en bosques nativos afectados por los incendios y la necesidad de excluirla, las licitaciones para financiar plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento tras los incendios, o los planes de manejo que autorizaron la pérdida de bosque nativo y el cambio de uso de suelo a plantaciones de frutales.

En materia de género, desde el año 2015 ha existido subrepresentación de mujeres en el Consejo, siendo la relación 13:3 entre hombres y mujeres entre consejeros titulares, situación que mejoró a una relación 9:7 recién para el período 2022, con predominancia de Ingenieros Forestales por sobre otras profesiones. Asimismo, la profesión de Ingeniería Forestal prevalece por sobre otras formaciones profesionales, y la representación del mundo indígena en el consejo contó solo con un consejero titular, sin suplente hasta el año 2022, quien además renunció tras señalar que no se cumplieron los acuerdos del Consejo de

Política Forestal, la ley y otros instrumentos jurídicos, como el Convenio 169 de la OIT.

Para poder mejorar las propuestas elaboradas por el Consejo y que estas consideren los efectos de la actividad forestal con una visión de futuro en lo social, ambiental, cultural y que las recomendaciones se basen en evidencias, es fundamental incorporar al Consejo de Política Forestal a otras reparticiones públicas con directa relación con la gestión forestal, tal como Ministerio de Desarrollo Social y Ministerio del Medio Ambiente, tanto de la división de cambio climático como de recursos naturales y biodiversidad, de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena, del Ministerio de Ciencias y del Ministerio de Energía. Parece fundamental también fortalecer el diálogo y la presencia permanente en el consejo de otros servicios o reparticiones del mismo Ministerio de Agricultura, como INDAP, SAG, FIA y CIREN, que permitirían una complementación y sinergia en la gestión sostenible del territorio, y en conjunto elaborar propuestas para el sector forestal basadas en una mirada multifuncional e integrada de los territorios rurales. Asimismo, mayor acceso público a la información disponible desde los servicios públicos para la toma de decisiones es fundamental. Si bien existen avances respecto a las estadísticas de incendios y monitoreo de la vegetación geoespacializados, todo tipo de plan de manejo o trabajo debiera ser publicado por la Corporación, así como los resultados de las postulaciones al Fondo de Bosque Nativo y su ejecución. Para eso, el acceso a la información relevante, tanto para priorizar de manera consensuada las temáticas a abordar, como para analizar cada temática en particular, es preciso.

El Consejo de Política Forestal requiere una actualización en cuanto a la perspectiva y visión de futuro, que considere los desafíos de los tiempos, como son la pérdida de biodiversidad, la mega sequía y la escasez hídrica, las olas de calor y los incendios forestales, así como también reconozca la necesidad de mejorar la capacidad de los suelos y la vegetación como reservorios de agua, carbono y vida. Parece necesaria una transformación en la composición del consejo, de manera de lograr que la sociedad y la diversidad del interés público estén representados, buscando el diálogo y acuerdos en temas que el sector forestal industrial productivo permanentemente ha evadido asumir, como la evaluación de impacto ambiental de plantaciones forestales industriales. Las actividades del sector forestal no debieran ser a costa de los territorios en los que se emplazan las plantaciones, las plantas de celulosa o las rutas de tránsito, o de la explotación insostenible del bosque nativo. La actividad forestal requiere

integrarse de manera armónica a los territorios, a las culturas, a la sociedad y a los ecosistemas. Este Consejo debiera discutir y proponer políticas efectivas para lograr estas transformaciones, y no para defender y perpetuar el modelo forestal vigente desde 1974, basado en la expansión ilimitada de las plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento.

Fin de Recuadro 3.2

3.6.3. Propuestas de Políticas Públicas

A partir de los avances y desafíos en política hacia el bosque nativo, y en el contexto del programa y agenda del actual gobierno del Presidente Gabriel Boric, las recomendaciones de política que se consideran prioritarias son las siguientes:

Primero: Dotación de una institucionalidad robusta y actualizada, a través de la creación del Servicio Nacional Forestal SERNAFOR) que reemplace a la actual CONAF y del Servicio de Biodiversidad SBAP) están pendientes. Este punto ha sido suficientemente descrito en la sección anterior sobre brechas y desafíos.

Segundo: Aumento significativo del financiamiento para que el Estado de Chile cumpla sus funciones de administración, regulación, protección del bosque nativo, recomendación que está cercanamente vinculada a la anterior. La falta de financiamiento, aunque es transversal, quedó en evidencia respecto de la administración de las Áreas Protegidas del Estado, debido al paro de los guardaparques durante noviembre de 2022, el cual fue difundido ampliamente por los medios y redes. Para ilustrar esta necesidad acuciosa se puede señalar que Chile es uno de los 10 países que menos invierte en gestión para la conservación de su biodiversidad a nivel mundial Waldron et al. 2013). El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado SNASPE) que administra la CONAF ha contado con alrededor de 19 mil millones de pesos anuales en la última década $1000/ha/año) DIPRES 2022). A modo de referencia el aporte fiscal al manejo del Parque Metropolitano de Santiago el año 2022 es de más de 35 mil millones de pesos, o aproximadamente de 233 millones de pesos por hectárea DIPRES, 2022, citado por Sepúlveda 2022).

Tercero: El Estado debe ampliar los espacios para la discusión, para avanzar hacia la generación de acuerdos entre las partes interesadas. Esta falta de acuerdo ha determinado el bloqueo de la aprobación de la Ley que crea el SBAP, la que incorpora todas las plantaciones al SEIA, y de otros instrumentos por parte

de algunos actores. El Estado, en los diferentes gobiernos ha creado el Consejo de Política Forestal y diversos espacios de discusión y consulta para diferentes temas y de carácter nacional o regional, lográndose en algunos casos importantes avances, por ejemplo, en el Consejo Consultivo del Alerce, y aquellos de varios Parques Nacionales). Se deben reforzar estos espacios y el diálogo multilateral y bilateral a fin de lograr acuerdos y superar la confrontación entre los gobiernos y algunos grupos de interés, y de las posiciones de algunos de estos grupos entre sí. En estos espacios El Estado representado por los gobernantes electos a escala nacional, regional o comunal debe ejercer un liderazgo basado en la argumentación sólida, lograr sus objetivos y ejercer la responsabilidad de tomar decisiones y de lograr que las políticas y proyectos de ley (algunas de ellas de largo plazo y que trascienden a un gobierno en particular, por ejemplo, la ley que crea el SBAP) se materialicen.

Por otra parte, es importante aumentar la participación e involucramiento de funcionarios o representantes del Estado en los espacios de discusión a nivel nacional, regional o comunal organizados por el sector privado, organizaciones ciudadanas, gremiales y otras. Las empresas forestales dedicadas a las plantaciones y otros propietarios de tierras están enfrentando serios problemas de violencia, robo de madera, incendios intencionales y falta de presencia y control territorial por parte del Estado y de sus propietarios en parte de las regiones de Biobío o, la Araucanía y de los Ríos durante los últimos años. Esto debiera dar lugar a un mayor grado de acuerdo entre las diferentes partes interesadas, para lograr avanzar en las diferentes iniciativas legales y otras. El reconocimiento de que estos problemas se deben en parte importante a los impactos sociales, ambientales y económicos del modelo forestal imperante desde 1974 desde la escala local a nacional, debiera llevar a un mayor apoyo por parte de la empresa forestal y de organizaciones gremiales a iniciativas legales propuestas desde 2010 y a una agenda transformadora planteada por este gobierno para el sector forestal, para los bosques nativo y para las plantaciones, las cuales los afectan seriamente por ejemplo incendios, invasión, etcétera).

Cuarto: El Estado debe promover la coordinación y coherencia entre sus instituciones y políticas, así como ampliar e intensificar la cooperación con propietarios, organizaciones de la sociedad civil y sector privado así como en el ámbito internacional, construyendo sobre importantes logros alcanzados en materia de restauración y conservación. Respecto a lo primero, para avanzar en el manejo sustentable de los bosques nativos, en su conservación y restauración se

requiere mejorar sustancialmente la coherencia entre las políticas sectoriales y avanzar hacia enfoques intersectoriales integradores, tal como en el caso de la política de cambio climático o la definición de las NDC las cuales debieran tomarse como ejemplo. La colaboración y coordinación entre CONAF con el Ministerio de Medio Ambiente son particularmente relevantes, además de aquella con los demás servicios e instancias del Ministerio de Agricultura (por ejemplo, Instituto Forestal, SAG e INDAP). El dialogo y coordinación con otros ministerios y sus servicios incluyendo a los Ministerios de Obras Públicas, Economía, Energía y Vivienda y Urbanismo y Minería también es clave para dar efectividad a las acciones de conservación de los bosques nativos y para evitar aquellas que llevan a la pérdida o degradación de los bosques nativos y sus impactos ambientales y sociales negativos.

Respecto a los beneficios de la colaboración con propietarios de tierras, organizaciones de pueblos originarios y otras de la sociedad civil, a partir de experiencias del programa +Bosque que se ha descrito, su ampliación y profundización permitirá avanzar hacia metas ambiciosas como es restauración a escala de paisaje de un millón de ha al año 2030 incluida en las NDC.

Otro ejemplo notable de las oportunidades que ofrece la colaboración y la necesidad de reforzarla es la creación de cinco parques nacionales en las Regiones de Los Lagos y Aysén y uno en Tierra del Fuego, a partir de la iniciativa de donación de tierras al Estado por parte de la Fundación Tompkins, entre los años 2015 y 2019 bajo tres gobiernos diferentes Ricardo Lagos, Sebastián Piñera y Michelle Bachelet). Esto más el aporte del Estado con tierras fiscales para la creación de áreas protegidas, permitió la protección de un total de 5 millones de ha en nuevos parques nacionales, gran parte de los cuales son adyacentes o están cercanos entre sí. Un proceso similar fue la donación de 10.000 ha por parte de The Nature Conservancy TNC), organización de Conservación basada en Estados Unidos, área que se sumó a tierras fiscales aportadas por el Estado para la creación del Parque Nacional Alerce Costero, en la región de los Ríos de 24.000 ha el cual es emblemático por proteger a la especie alerce y por ser el primer parque nacional ubicado completamente en esta región. El parque es adyacente a la Reserva Costera Valdiviana de propiedad de TNC, totalizando un área bajo protección de 74.000 ha. Todos los casos descritos fueron desarrollados por iniciativa de la parte privada involucrada y contaron con una importante cooperación internacional a través de sus propietarios y de donaciones.

Quinto: Generación y/o fortalecimiento de NDC, incentivos y otras acciones del Estado para promover la adaptación al cambio climático en lo que es pertinente a los bosques nativos.

Un aspecto central en la adaptación son las acciones de restauración de los bosques nativos debido al rol clave que tienen para mantener o mejorar la provisión de agua en cantidad y calidad de las cuencas, aumentar la regulación de los caudales y reducir la ocurrencia de inundaciones. Lo anterior en un clima tendiente a la aridificación y al amento de la ocurrencia de eventos extremos. Las acciones de adaptación serían de beneficio para el bienestar de las personas y comunidades sobre todo a escala local, comunal y regional, y aportarían a la recuperación de los ecosistemas a las escalas mencionadas. Estas acciones además ampliarían los beneficios de las NDC relativas a bosques nativos y plantaciones forestales las cuales han priorizado la mitigación a través de acciones para aumentar las capturas y reducir las emisiones de CO_2 con un beneficio global.

3.7. PROPUESTA CONSTITUCIONAL

3.7.1. Constitución de 1980

La única referencia que hace la Constitución de Chile de 1980 actualmente vigente al medio ambiente, sin mencionar los bosques nativos u otros ecosistemas naturales es el Artículo 8º, el cual es ampliamente conocido, el cual establece el "Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y el deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones especificas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente" (República de Chile 1980).

La Constitución vigente por su concepción y contexto en que fue dictada es escueta, poco específica y con grandes debilidades respecto a las acciones, formas y mecanismos del Estado para la protección del medio ambiente y de la naturaleza y aprovechamiento por la sociedad no identifica los bosques nativos ni otros tipos de ecosistemas naturales o sus procesos ecológicos. También contiene Artículos que han ido en contra de la conservación de los bosques nativos, por ejemplo, aquellos relativos al agua por su conceptualización como un bien privado cuya apropiación y uso en muchos casos ha sido incompatible o ha ido en contra de la conservación o uso sustentable de los bosques nativos, humedales y otros

ecosistemas naturales. No obstante, el Artículo 8º en especial la última frase que se ha destacado ha sido el único sustento a las restricciones establecidas para el medio ambiente, los bosques nativos en la ley de recuperación del bosque nativo, de otra legislación, decretos y normativa que han permitido cierto avance en la protección, conservación y restauración del bosque nativo.

A pesar de que se requiera una nueva Constitución que fortalezca el rol del Estado respecto de la naturaleza y los ecosistemas naturales incluyendo los bosques nativos, y que la legislación actual respecto a los bosques nativos es débil y requiere ser mejorada, el Artículo 8º ha permitido imponerse a los avances logrados a pesar de la oposición de grupos de interés del sector privado, legisladores y ciertas autoridades de gobierno durante diferentes gobiernos en Dictadura y en democracia. Este artículo también ha dado sustento a las acciones del Consejo de Defensa del Estado y procesos judiciales asociados frente a temas relevantes como por ejemplo en el procesamiento y establecimiento de sanciones de infractores al D.S. 490 que establece la prohibición de corta de alerces vivos.

Una restricción importante de la Constitución de 1980 que afecta a los bosques nativos es que el Artículo 8º como el único relativo al medio ambiente está centrado en la preservación de la naturaleza y en las restricciones que el estado podrá (en vez de deberá) establecer. La Constitución carece por tanto de contenido que establezca que el Estado promoverá la conservación, uso sustentable y restauración de los la naturaleza o los ecosistemas naturales, incluyendo a los bosques nativos.

3.7.2. Inclusión de los bosques naturales o nativos en constituciones de otros países de Sudamérica.

A modo de ejemplo nos referiremos a como las Constituciones de Ecuador y Bolivia promulgadas en 2009 y 2010, respectivamente (es decir casi 30 años después que la actual Constitución de Chile) han incorporado conceptos y obligaciones específicas del Estado respecto a los bosques nativos, bajo una perspectiva actualizada respecto a la perspectiva y conocimiento vigente en dichos países.

En el caso de Ecuador el Artículo 406 indica que El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; incluyendo a los bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, los páramos, humedales,

ecosistemas marinos y marinos-costeros, entre otros. El Artículo 407 prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal, estableciendo una cláusula de excepcionalidad. El Artículo 414 indica que el Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, incluyendo medidas para reducir la deforestación y promover la conservación de los bosques (República de Ecuador 2008).

La Constitución de Bolivia, en el Artículo 386 establece que los bosques naturales y los suelos forestales son de carácter estratégico y que el Estado reconocerá derechos de aprovechamiento forestal a favor de comunidades y operadores particulares, y que promoverá las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable, la generación de valor agregado a sus productos, y la rehabilitación y reforestación de áreas degradadas (Estado Plurinacional de Bolivia 2009). Por otra parte, el Artículo 387 incorpora la recuperación de la flora, fauna y áreas degradadas como obligaciones del Estado y que la ley regulará la protección y aprovechamiento de las especies forestales de relevancia socioeconómica, cultural y ecológica.

3.7.3. Propuesta de la Convención Constituyente

La propuesta de Constitución que no fue aprobada en el plebiscito de septiembre de 2022 proponía una serie de artículos que hacían alusión directa a las responsabilidades del Estado respecto de los bosques Nativos, como parte del reconocimiento y nuevo marco conceptual y perspectiva al establecer que *"La naturaleza tiene derecho a que se respete y proteja su existencia, a la regeneración, a la mantención y a la restauración de sus funciones y equilibrios dinámicos, que comprenden los ciclos naturales, los ecosistemas y la biodiversidad*". (Artículo 103, Convención Constituyente 2022). Este artículo también plantea que el Estado debe garantizar y promover los derechos de la naturaleza. Por otra parte, el Artículo 119 determina que "Tratándose de los derechos de la naturaleza y derechos ambientales, podrán ejercer esta acción tanto la Defensoría de la Naturaleza como cualquier persona o grupo". La Defensoría es un órgano autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio (Artículo 148).

Respecto a los bosques nativos, el Artículo 134 de la propuesta Constitucional incluye a los bosques nativos entre los bienes comunes naturales definidos como *"elementos o componentes de la naturaleza sobre los cuales el Estado tiene un*

deber especial de custodia con el fin de asegurar los derechos de la naturaleza y el interés de las generaciones presentes y futuras" (Convención Constituyente 2022). También establece que *"Respecto de aquellos bienes comunes naturales que se encuentren en el dominio privado, el deber de custodia del Estado implica la facultad de regular su uso y goce".* También reconoce que "El Estado, como custodio de los humedales, bosques nativos y suelos, asegurará la integridad de estos ecosistemas, sus funciones, procesos y conectividad hídrica (artículo 136).

El artículo 220 determina entre las competencias de las regiones autónomas "la conservación preservación protección y restauración de la naturaleza del equilibrio ecológico y el uso racional del agua y los demás elementos naturales de su territorio" (letra g). La letra h) otorga competencias de las regiones autónomas en cuanto a "la regulación y administración de los bosques, las reservas y los parques de las áreas silvestres protegidas y cualquier otro predio fiscal que se considere necesario para el cuidado de los servicios ecosistémicos que se otorgan a las comunidades, en el ámbito de sus competencias*".*

Entre las disposiciones transitorias de la propuesta Constitucional es particularmente importante para los bosques nativos la trigésima tercera, la cual señala que "En el plazo máximo de tres años a contar de la vigencia de esta Constitución, el Presidente de la República deberá implementar la Política para Restauración de Suelos y Bosque Nativo. Esta política se realizará mediante un proceso de participación y deliberación ampliado a nivel regional y local y contendrá las adecuaciones normativas pertinentes y demás instrumentos necesarios de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 136 de esta Constitución.
La disposición trigésimo séptima si bien no se refiere al bosque nativo en particular, es pertinente a éstos ya que establece que "En el plazo de un año desde la entrada en vigencia de la Constitución, el Presidente de la Republica convocará a la constitución de una comisión de transición ecológica. Dependerá del Ministerio del Medio Ambiente y estará encargada de diseñar propuestas de legislación, adecuación normativa y políticas públicas orientadas a la implementación de las normas constitucionales del acápite de naturaleza y medioambiente. Esta comisión será integrada por académicos, organizaciones de la sociedad civil, representantes de los pueblos indígenas y por los organismos públicos pertinentes".

3.7.4. Elementos que se recomienda recoger en una nueva propuesta de constitución

Diversos componentes de la propuesta de constitución relativas a los bosques nativos y los derechos de la naturaleza como marco conceptual han sido propuestos desde hace tiempo y/o han sido incorporados a las Constituciones más modernas de otros países Sudamericanos hace más de 20 años tal como es el caso de Ecuador y Bolivia. En el caso de Chile, el reconocimiento de los derechos de la naturaleza, el deber del Estado de defenderlos y la creación de una unidad y mecanismos independientes para su defensa ya había sido propuesta hace 36 años por Godofredo Stutzin (Stutzin 1984), uno de los más destacados defensores de la naturaleza y promotor de la conservación en Chile de las últimas décadas hasta su muerte en 2010.

La propuesta elaborada por la convención constituyente respecto a los bosques nativos dentro del marco del reconocimiento de los derechos de la naturaleza es consistente con la evidencia científica y el conocimiento de estos ecosistemas, sus amenazas y potencialidades, así como de las debilidades de la constitución y legislación vigente que han sido discutidas en este capítulo. Por otra parte, estos conceptos también fueron planteados en varios círculos académicos durante 2021, lo cual refuerza su validez.

La única excepción del contenido de la de propuesta de la Convención Constituyente a incorporar en una nueva propuesta de constitución en lo que se refiere a los bosques nativos es la letra h) del artículo 202. Esto ya que otorgar competencias de las regiones autónomas en cuanto a la regulación y administración de los bosques, las reservas y los parques de las áreas silvestres protegidas, no parece deseable. Esto puesto que la experiencia en Chile y en diversos países muestran que el diseño, planificación y administración de las áreas protegidas deben responder a una lógica integrada que asegure la representatividad de los diferentes ecosistemas terrestres y marinos, y un uso más eficiente de los recursos, sin estar sujeto a las presiones debido a intereses locales de determinados grupos. Esto se ha observado en el caso del turismo o proyectos que generan impactos dentro de los Parques Nacionales y otras áreas protegidas, donde un sistema de carácter nacional es más robusto para defenderse de estos intereses particulares, tanto de autoridades como del sector privado. Por otra parte, esta propuesta es contradictoria con el proyecto de ley SBAP de larga discusión en el Congreso el cual mantiene un enfoque nacional integrado de las áreas protegidas y cuya aprobación es una alta prioridad para

avanzar en la conservación. No obstante, es importante que dentro de un sistema nacional integrado las regiones y comunas puedan tener iniciativas de acuerdo a la variabilidad de las condiciones ambientales, sociales, demográficas y culturales en nuestro país. Es importante que existan diversos instrumentos públicos y privados para generar el espacio, incentivos, apoyo técnico y otras medidas para la creación de bosques sometidos a manejo y áreas protegidas de carácter regional y comunal que complementen y refuercen al sistema nacional integrado. Esto sería altamente deseable para la restauración a escala de paisaje.

Respecto a las disposiciones trigésima tercera (que el presidente de la Republica proponga una Política para Restauración de Suelos y Bosque Nativo) y la trigésima séptima (el Presidente de la Republica convocará a la constitución de una comisión de transición ecológica) son altamente deseables, y podrían ser llevadas a cabo en el marco de la Constitución vigente o de una nueva que la reemplace.

Finalmente, del análisis de los artículos de la propuesta de la Convención Constituyente efectuadas en 2022, relativas a los bosques nativos y a los derechos de la naturaleza se propone la incorporación de la perspectiva, conceptos y contenido de estos artículos a una nueva propuesta de constitución, con la única excepción de la letra h) del artículo 202 (administración de los bosques y las áreas protegidas como una atribución de las regiones).

3.8. CONCLUSIÓN FINAL

A través del período de 23 años (1999-2022) que abarca el desarrollo de las ocho versiones del Capítulo de Bosques Nativos en los Informe País no solo los autores sino muchos investigadores, organizaciones científicas, conservacionistas, comunitarias, de pueblos originarios, y ciudadanos han propuesto o solicitado la implementación de medidas de política pública. Estas propuestas en las que se demanda cambios e innovación en el estado actual de cosas para promover la conservación, restauración y manejo sustentable del bosque nativo, en general no han sido consideradas. Esto puede explicarse, al menos en parte, porque los cambios propuestos se contraponen a intereses particulares del sector privado, determinados sectores políticos en diferentes territorios, inercia del aparato estatal o restricciones presupuestarias. Aquí nos referimos a nuevas leyes, normas, fondos, bonificaciones, eliminación o modificación de subsidios que impactan negativamente a los bosques nativos, por ejemplo, el DL 701 o la ley de riego, planificación territorial a escala regional o comunal y otras.

El aumento de la capacidad de que estas propuestas de política prosperen, requiere entender los intereses y cómo funciona el establecimiento de prioridades y la toma de decisiones en los sectores público y privado, lo cual requiere observar y escuchar. También del diálogo entre organizaciones de la sociedad civil, académicas e individuos para tratar de establecer acuerdos y acciones conjuntas. Se necesita sintetizar las evidencias científicas y de los otros saberes, su comunicación y divulgación, y promover el entendimiento de los problemas del bosque nativo, sus forzantes y posibles soluciones. Sobre esta base podremos hacer una acción política transversal no partidista, y desarrollar la voluntad política para avanzar hacia el manejo sustentable, conservación y restauración del bosque nativo, temas que han sido de baja prioridad, débiles o ausentes en las últimas dos décadas. Estas acciones deben ser ante el Gobierno a nivel central y regional y ante los Diputados, Senadores, Gobernadores, Alcaldes y otras autoridades electas. También es importante la acción de divulgación y comunicación en el poder judicial, puesto que un número creciente de conflictos en torno a los bosques nativos se está judicializando, desde los niveles locales, provinciales, Cortes de Apelaciones o la Corte Suprema.

La falta de prioridad y voluntad que ha perdurado y ha impedido avanzar más hacia el desarrollo de políticas y acciones concretas por parte del estado favorables al bosque nativo por su valor intrínseco y los bienes y servicios ecosistémicos de los que nos beneficiamos contrasta con el interés ciudadano y de las organizaciones de conservación, comunitarias, por ejemplo, Comités de Agua Potable Rural) y un grupo creciente de propietarios de tierras, y del sector privado. La acción ciudadana organizada y el interés creciente de las personas por acercarse a la Naturaleza, reflejado por ejemplo en el incremento del número de visitantes a los parques nacionales, será clave para el aumento de la voluntad política para la formulación respecto del bosque nativo.

3.9. AGRADECIMIENTOS

Todos los autores agradecen al proyecto ANID/FONDAP Proyecto Nº15110009 y a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) por la información geoespacializada y las estadísticas de incendios; a Abraham Albornoz, Pilar Cárcamo, Nicolás Nazal, Patricio Romero, Gabriela Soto, Jorge Silva, Georgina Trujillo por aportar valiosa información; a Tomás Saratcheff, Constanza Troppa y Fernanda Salinas por los recuadros de su autoría y a Gustavo Orrego y René Saa por sus comentaros sobre

una versión anterior de este capítulo. MG-E y AL agradecen al Center of Fire and Socioecosystem Resilience (FireSES); RU-J a Fondecyt de Iniciación 11200710; AM al proyecto ANID/postdoctorado N°3210101; MG-C a FONDECYT 1201528; CZ-E a los proyectos U-Semilla - Universidad de Aysén; y Fondecyt N°11221074. También a Ivonne Molina e Ignacio Hormazábal por la confección de figuras y a Carmen Rodríguez por su apoyo con la bibilografía. Se agradece en forma especial a Nicolo Gligo por la oportunidad e inspiración para hacer el capítulo de bosques nativos del Informe País a lo largo de 8 versiones y 23 años.

3.10. BIBLIOGRAFÍA

Allard, P., Correa, J.I., Sánchez, F. 2022. Parcelaciones Rurales: Propuestas parael Desarrollo de las Subdivisiones rústicas en Chile. Centro de Estudios Públicos (CEP) Edición Digital Nº 623. Octubre. 25 p.

Alvarez-Garreton, C.; Lara, A.; Boisier, J.P.; Galleguillos, M. The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. Forests 2019, 10, 473. https://doi.org/10.3390/f10060473

Álvarez, C., T. Veblen, D. Christie, and A. González-Reyes. 2015. Relationships between climate variability and radial growth of *Nothofagus pumilio* near altitudinal treeline in the Andes of northern Patagonia, Chile. Forest Ecology and Management 342:112–121. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.01.018

Armesto, JJ., Manuscevich, D., Mora, A., Smith-Ramírez, C., Rozzi. R., Abarzúa, AM., Marquet, P. (2010). From the Holocene to the Anthropocene: a historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. Land Use Policy 27:148–160. doi:10.1016/j.landusepol.2009.07.006.

Bahamóndez, C., Martin, M., Müller-Using, S., Rojas, Y., Vergara, G. 2009). Case Studies on Measuring and Assessing Forest Degradation: an Operational Approach to Forest Degradation. Forest Resources Assessment Working Paper 158. FAO, Rome, Italy. [online] URL: http://www.fao.org/ docrep/012/k7177e/k7177e00.pdf

Boisier, J.P., Rondanelli, R., Garreaud, R.D., Muñoz, F., 2016. Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. Geophys. Res. Lett. 43, 413–421. https://doi.org/10.1002/ 2015GL067265.

Bowman, D.M.J.S., Moreira-Muñoz, A., Kolden, C.A., Chávez, R.O., Muñoz, A.A., Salinas, F. et al. 2018) Human–environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. Ambio, 48, 350–362.

Braun, A., Faßnacht F., Valencia D., & M. Sepulveda. 2021. Consequences of land-use change and the wildfire disaster of 2017 for the central Chilean biodiversity hotspot. Regional Environmental Change. https://doi.org/10.1007/s10113-021-01756-4a

Camarero, J. J., and A. Fajardo. 2017. Poor acclimation to current drier climate of the long-lived tree species *Fitzroya cupressoides* in the temperate rainforest of southern Chile. Agricultural and Forest Meteorology 239:141–150. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.03.003.

Chazdon, R. L. 2008). Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. Science 320:1458 – 1460

CONAF-CONAMA-BIRF. (1999). Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

CONAF 2016a). Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales ENCCRV. Santiago, Chile. ISBN 978-956-7669-57-8, 239 pp.

CONAF 2016b). Anexo técnico de resultados REDD+. Santiago, Chile. 82 pp

CONAF. 2021. Lineamientos Generales, Fase inicial preparatoria, Proyecto + Bosques, juntos contra el cambio climático. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales. Santiago, Chile.

CONAF. 2022. Plan "Siembra por Chile": Programa de Restauración de Bosques Nativos a Gran Escala. https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosque-nativo/plan-siembra-por-chile-programa-de-restauracion-de-bosques-nativos-a-gran-escala/.

Convención Constituyente 2020. Propuesta Constitución Política de la República de Chile.

Crovo, O., Aburto,. F., da Costa-Reidel, C., Montecino, F., Rodríguez, R. 2021). Effects of livestock grazing on soil health and recovery of a degraded Andean Araucaria forest. Land Degrad Dev. 2021;32:4907–4919. DOI: 10.1002/ldr.4079

Donoso, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. CONAF FAO Investigación y Desarrollo Forestal FO:DP/76/003. Documento de Trabajo Nº 38. 90 p.

Donoso, C., Lara, A. (1995) Utilización de los bosques nativos en Chile: pasado, presente y futuro. In: Armesto J, Villagrán C, Arroyo M (eds) Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, pp 363–387.

El Mostrador. 2017). Estudio revela que araucarias están muriendo de hambre por cambio climático: El fenómeno es llamado Carbon Starvation régimen de hambre). Noticia publicada en Diario El Mostrador, 11 de enero de 2017.

Environmental Services, Inc. – Forestry, Carbon and GHG Services Division. 2012. Reforestation of Degraded Lands in the Valle California of Patagonia, Chile – Validation Report. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/VALID_REP_886_18JUN2012-1.pdf

Estado Plurinacional de Bolivia 2009. La Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia de 2009.

Fajardo, A., A. Gazol, C. Mayr, and J. J. Camarero. 2019. Recent decadal drought reverts warming-triggered growth enhancement in contrasting climates in the southern Andes tree line. Journal of Biogeography 46:1367–1379.

Fajardo, A., Llancabure, J. C., Moreno, P. C. 2021. Assessing forest degradation using multivariate and machine-learning methods in the Patagonian temperate rain forest. Ecological Applications 32 2):e02495. 10.1002/eap.2495

Fajardo, A., and F. I. Piper. 2021. How to cope with drought and not die trying: Drought acclimation across tree species with contrasting niche breadth. Functional Ecology 35:1903–1913. https://doi.org/10.1111/1365-2435.13861.

Flores, J. P., Espinosa, M., Martínez, E., Henríquez, G., Avendaño, P., Torres, P., Henriquez, G. 2010). Determinación de la Erosión Actual y Potencial de los Suelos de Chile; Centro de Información de Recursos Naturales CIREN: Santiago, Chile; Volumen 139

Garreaud, R. C. Alvarez-Garreton, J. Barichivich, J. P. Boisier, D. A. Christie, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee, and M. Zambrano-Bigiarini. 2017. The 2010–2015 mega drought in Central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation. Hydrology and Earth System Sciences Discussions. https://doi.org/10.5194/hess-2017-191.

Garreaud, R. 2021. CR2 llama a preparar al país para una disminución permanente de agua: "Lo de hoy es una sinopsis del futuro". https://radio.uchile.cl/2021/12/27/rene-garreaud-cr2-llama-a-preparar-al-pais-para-una-disminucion-permanente-de-agua-lo-de-hoy-es-una-sinopsis-del-futuro/

Garreaud, R. 2022. Análisis CR)2 | Postales del sur: lindo como siempre, seco como nunca. https://www.uchile.cl/noticias/183921/analisis-postales-del-sur.

Gobierno de Chile, 2015. Contribución Nacional Tentativa de Chile INDC) para el Acuerdo Climático París 2015. Santiago, Chile. 27 pp.

Gobierno de Chile. 2020. Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile. Actualización 2020. Santiago, Chile. 51 pp. . https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_español-1.pdf

Gómez-González, S., Paniw, M., Blanco-Pastor, J.L., García-Cervigón, A.I., Godoy, O., Herrera, J.M., Lara, A., Miranda A., Ojeda, F., Ochoa-Hueso, R. 2022 Moving towards the ecological intensification of tree plantations Trends in Plant Science · January 2022 DOI: 10.1016/j.tplants.2021.12.009

González, ME., S Gómez-González, A Lara, R Garreaud, I Díaz-Hormazábal. 2018. The 2010-2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. Ecosphere DOI:10.1002/ecs2.2300

González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A.M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R.,J., Ponce, R.,Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I . 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile.

González ME, M Galleguillos, J Lopatin, C Leal, C Becerra-Rodas, A Lara, J San Martín. 2022. Surviving in a hostile landscape: *Nothofagus alessandrii* remnant forests threatened by megafires and exotic pine invasion in the coastal range of central Chile. The International Journal of Conservation Oryx). DOI: https://doi.org/10.1017/S0030605322000102

Heilmayr, R. Echeverría, C. Fuentes, R. & Lambin, E.F. 2016. A plantation-dominated forest transition in Chile. Applied Geography, 75: 71-82.

Hoyos-Santillan, J., Miranda, A., Lara, A., Sepulveda-Jauregui, A., Zamorano-Elgueta, C., Gómez-González, S., Vásquez-Lavín, F., Garreaud, R. & Rojas, M. 2021). Diversifying Chile's climate action away from industrial plantations. Environmental Science & Policy, 124, 85-89.

Jiménez-Castillo, M., A. Fajardo, P. Lobos-Catalán, P. Torres-Morales, and F. I. Piper. 2022. No carbon shortage in declining trees of the isohydric species Araucaria araucana Molina) K. Koch under drought. Annals of Forest Science 79:1–13. https://doi.org/10.1186/s13595-022-01123-1.

Lara, A., Urrutia-Jalabert R., Reyes R., González M., Miranda A., Altamirano A., Zamorano-Elgueta C. 2018. Bosques Nativos. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (pag. 171-219). Instituto de Asuntos Públicos. Centro de Análisis de Políticas Públicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Lewis, S. L., Wheeler, Ch., Mitchard, E. T. A., Koch, A. 2019). Regenerate natural forests to store carbon. Nature. 568.

Matskovsky, V., A. Venegas-González, R. Garreaud, F. A. Roig, A. G. Gutiérrez, A. A. Muñoz, C. Le Quesne, K. Klock, and C. Canales. 2021. Tree growth decline as a response to projected climate change in the 21st century in Mediterranean mountain forests of Chile. Global and Planetary Change 198 103406). https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103406.

McDowell, N., W. T. Pockman, C. D. Allen, D. David, N. Cobb, T. Kolb, J. Plaut, J. Sperry, A. West, D. G. Williams, and E. A. Yepez. 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought. New Phytologist 178:719–739. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x.

McWethy D. A Pauchard, R García, A Holz, ME González, TT Veblen, J Stahl, B Currey. 2018. Landscape drivers of recent fire activity 2001-2017) in south-central Chile. PLoS ONE e0201195.

Ministerio de Agricultura 1980. DECRETO 259 Reglamento del Decreto Ley N° 701, De 1974, sobre Fomento Forestal. Modificado en 1998. https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=11624&idParte=7143235&idVersion=1980-10-30

Ministerio de Agricultura 2022. Circular. nº: 475/2022. Informa de resolución exenta 3904/2019; oficio n° 637/2022 del Ministerio de Agricultura que instruye sobre suspensión o rechazo de proyectos de certificación de subdivisión de predios rústicos y criterios complementarios de revisión.

Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Pincheira, F., Lara, A. (2015) Different times, same story: native forest loss and landscape homogenization in three physiographical areas of south-central of Chile. Applied Geography 60:20–28. doi:10.1016/j.apgeog.2015.02. 016.

Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., González, M. (2017). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. Regional Environmental Change 17 (1): 285-297.

Miranda, A., Lara, A., Altamirano, A., Zamorano-Elgueta, C., Hernández, J., González, M., Pauchard, A., Promis, A. (2018). Monitoreo de la superficie de los bosques nativos de Chile: un desafío pendiente. *Bosque* 39(2): 265-275.

Miranda, A., A. Lara, A. Altamirano, C. Di Bella, M. González, and J. Camarero. 2020. Forest browning trends in response to drought in a highly threatened Mediterranean landscape of South America. Ecological Indicators 115 106401) 10.1016/j.ecolind.2020.106401.

Miranda, A., Syphard, A.D., Berdugo, M., Carrasco, J., Gómez-González, S., Delpiano, C., Vargas, S., Squeo, F. Muranda, M., Dobbs, C., Mentler, R., Lara A., Garreaud, R. En revisión. Widespread synchronous decline of Mediterranean-type forests diven by accelerated aridity.

MMA, 2020a. Ministerio de Medio Ambiente. Atlas de Riesgos Climáticos. ARClim. https://arclim.mma.gob.cl/

MMA 2020b. Ministerio de Medio Ambiente. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chile (1990-2018). Santiago, Chile.

Muñoz-Sáez, A., H. Choe, R. M. Boynton, P. R. Elsen, and J. H. Thorne. 2021. Climate exposure shows high risk and few climate refugia for Chilean native vegetation. Science of the Total Environment 785. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147399.

NFC Green SpA. 2022. Proventus Grouped Project. Santiago, Chile. https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/2874.

Pauchard, A., García, R., Zalba, S., Sarasola, M., Zenni, R., Ziller, S., Nuñez, M.A. 2015. Pine Invasions in South America: Reducing Their Ecological Impacts Trough Active Management. En: Biological Invasions in Changing Ecosystems Ed. Canning-Clode, J.) De Gruyter Open Ltd. pp.318-342. Doi: 10.1515/9783110438666-020.

Perez-Quezada, J. F., J. L. Celis-Diez, C. E. Brito, A. Gaxiola, M. Nuñez-Avila, F. I. Pugnaire, and J. J. Armesto. 2018. Carbon fluxes from a temperate rainforest site in southern South America reveal a very sensitive sink. Ecosphere 9 4) e02193. https://doi.org/10.1002/ecs2.2193

Pérez-Quezada, J., J. Barichivich, R. Urrutia-Jalabert, E. Carrasco, D. Aguilera, C. Bacour, and A. Lara. enviado). Warming and drought weaken the carbon sink capacity of an endangered paleoendemic temperate rainforest in South America. Journal of Geophysical Research, Biogeosciences.

Pica-Téllez, A.; Garreaud, R.; Meza, F.; Bustos, S.; Falvey, M.; Ibarra, M.; Duarte, K.; Ormazábal, R.; Dittborn, R. & Silva, I.; 2020. Informe Proyecto ARClim: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Centro de Cambio Global UC y Meteodata para el Ministerio del Medio Ambiente a través de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Santiago, Chile

Piticar A. 2018. Changes in heat waves in Chile. Global and Planetary Change, 169: 234–246.

Puchi, P. F., J. J. Camarero, G. Battipaglia, and M. Carrer. 2021. Retrospective analysis of wood anatomical traits and tree-ring isotopes suggests site-specific mechanisms triggering *Araucaria araucana* drought-induced dieback. Global Change Biology 27:6394–6408. Doi: 10.1111/gcb.15881.

República del Ecuador 2008. Constitución de la República del Ecuador 2008. Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Última Modificación 13 de julio de 2011.

República de Chile 1980. Constitución Política de 1980. Texto Promulgado por Decreto Supremo Nº 1150 del Ministerio del Interior del 21 de octubre de 1980.

Convención Constituyente de Chile 2022. Propuesta Constitución Política de la República de Chile 2022.

Sala, A., D. Woodruff, and F. Meinzer. 2012. Carbon dynamics in trees: Feast or famine? Tree Physiology 32:764–775. https://doi.org/10.1093/treephys/tpr143.

Santelices-Moya, R., S. Gibson-Carpintero, A. Cabrera-Ariza, L. Santini-Junior, and A. Venegas-González. 2022. Reduced Rainfall Variability Reduces Growth of *Nothofagus alessandrii* Espinosa Nothofagaceae) in the Maule Region, Chile. Forests 138):1184. https://doi.org/10.3390/f13081184.

SEGRA. 2020. Hablemos de sequía Outlook estacional Invierno 2020. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Stutzin, G. 1984. Un imperativo ecológico: reconocer los derechos de la naturaleza. Ambiente y Desarrollo volumen 1 Nº 1: 97-114

United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC) 2018). Chile's Third Biennial Update Report; Ministry of Environment: Santiago, Chile. Pp. 75.

Urrutia-Jalabert, R., Y. Malhi, J. Barichivich, A. Lara, A. Delgado-Huertas, C. Rodríguez, and E. Cuq. 2015. Increased water use efficiency but contrasting tree growth patterns in Fitzroya cupressoides forests of southern Chile during recent decades. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 120:2505–2524. Doi: 10.1002/2015JG003098

Urrutia- Jalabert R, ME González, A González-Reyes, A Lara, R Garreaud. 2018. Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. Ecosphere 94): e02171. DOI:10.1002/ecs2.2171

Urrutia-Jalabert, R., A. Lara, J. Barichivich, N. Vergara, C. G. Rodriguez, and F. I. Piper. 2020. Low Growth Sensitivity and Fast Replenishment of Non-structural Carbohydrates in a Long-Lived Endangered Conifer After Drought. Frontiers in Plant Science 11:905 https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00905.

Urrutia-Jalabert, R., J. Barichivich, V. Rozas, A. Lara, Y. Rojas, C. Bahamondez, M. Rojas-Badilla, T. Gipoulou-Zuñiga, and E. Cuq. 2021. Climate response and drought resilience of *Nothofagus obliqua* secondary forests across a latitudinal gradient in south-central Chile. Forest Ecology and Management 485. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118962.

Urrutia-Jalabert, R., J. Barichivich, P., Szejner, V. Rozas, A. Lara enviado). Ecophysiological responses of *Nothofagus obliqua* forests to recent climate drying across the Mediterranean-Temperate biome transition in south-central Chile. Journal of Geophysical Research, Biogeosciences.

Valencia, D., Saavedra, J., Brull, J. & Santelices, R. 2018. Severidad del daño causado por los incendios forestales en los bosques remanentes de *Nothofagus alessandrii* Espinosa en la Región del Maule de Chile. Gayana Botánica, 75: 531–534

Van der Werf, G. R., Morton, D. C., DeFries, R. S., Olivier, J. G. J., Kasibhatla, P. S., Jackson, R. B., Collatz, G. J., Randerson, J. T. 2009). CO2 emissions from forest loss. Nature Geoscience 2:737–738

Vásquez-Grandón, A., Donoso, P. J., Gerding, V. 2018). Forest degradation: when is a forest degraded? Forests 9:726

Venegas-González, A., F. R. Juñent, A. G. Gutiérrez, and M. T. Filho. 2018. Recent radial growth
decline in response to increased drought conditions in the northernmost Nothofagus populations from South America. Forest Ecology and Management 409:94–104. Doi: 10.1016/j.foreco.2017.11.006.

Venegas-González, A., F. A. Roig, K. Peña-Rojas, M. A. Hadad, I. Aguilera-Betti, and A. A. Muñoz. 2019. Recent consequences of climate change have affected tree growth in distinct *Nothofagus macrocarpa* DC.) FM Vaz & Rodr age classes in Central Chile. Forests 10 8), 653. https://doi.org/10.3390/f10080653.

Venegas-González, A., A. A. Muñoz, S. Carpintero-Gibson, A. González-Reyes, I. Schneider, T. Gipolou-Zuñiga, I. Aguilera-Betti, and F. A. Roig. 2022a. Sclerophyllous Forest Tree Growth Under the Influence of a Historic Megadrought in the Mediterranean Ecoregion of Chile. Ecosystems. https://doi.org/10.1007/s10021-022-00760-x.

Venegas-González, A., S. Gibson-Capintero, C. Anholetto-Junior, P. Mathiasen, A. C. Premoli, and P. Fresia. 2022b. Tree-Ring Analysis and Genetic Associations Help to Understand Drought Sensitivity in the Chilean Endemic Forest of *Nothofagus macrocarpa*. Frontiers in Forests and Global Change 5:1–13. https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.762347.

Vergara, P.M., Fierro, A., Alaniz, A.J. et al. 2021). Landscape-scale effects of forest degradation on insectivorous birds and invertebrates in austral temperate forests. Landscape Ecol 36, 191–208. https://doi.org/10.1007/s10980-020-01133-2

Villalba, R., A. Lara, M. Masiokas, R. Urrutia, B. Luckman, G. Marshall, I. Mundo, D. Christie, E. Cook, R. Neukom, K. Allen, P. Fenwick, J. Boninsegna, A. Srur, M. Morales, D. Araneo, J. Palmer, E. Cuq, J. Aravena, A. Holz, and C. Lequesne. 2012. Unusual Southern Hemisphere tree growth patterns induced by changes in the Southern Annular Mode. Nature Geoscience 5:793–798. https://doi.org/10.1038/ngeo1613.

Zamorano-Elgueta, C., Cayuela, L., González-Espinosa, M., Lara, A., & Parra-Vázquez, M.R. 2012). Impacts of cattle on the South American temperate forests: challenges for the conservation of the endangered monkey puzzle tree *Araucaria araucana*) in Chile. Biological Conservation 152, 110-118.

Zamorano-Elgueta, C., Cayuela, L., Rey Benayas, J.M., Donoso, P.J., Geneletti, D., & Hobbs, R.J. 2014). The differential influences of human-induced disturbances on tree regeneration community: a landscape approach. Ecosphere, 5: 90.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: BIODIVERSIDAD



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: BIODIVERSIDAD

Autores:
Fabián M. Jaksic (1)
Daniella Mella-Flores (1)

(1) Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES),
Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 4. BIODIVERSIDAD
Fabián M. Jaksic y Daniella Mella, Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES), Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

4. BIODIVERSIDAD **9**

4.1. ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD *11*

4.1.1. El patrimonio biológico: Evolución y características 11

4.1.2. Estado de conservación de la biodiversidad 37

4.1.3. Servicios ecosistémicos 46

4.2. CAUSAS Y CONDICIONANTES DEL ESTADO DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA 49

4.2.1. Pérdida y degradación de hábitat 50

4.2.2. Sobreexplotación y uso insostenible de recursos 55

4.2.3. Especies Exóticas Invasoras (EEI) 58

4.2.4. Contaminación 64

4.2.5. Cambio Climático 65

4.3. INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA *70*

4.3.1. Contexto global 70

4.3.2. La estrategia nacional de biodiversidad 72

4.3.3. Conservación *in situ*: Áreas protegidas 76

4.3.4. Conservación *ex situ* 84

4.3.5. Restauración de ecosistemas 86

4.3.6. La percepción de los diversos actores 87

4.3.7. Avances para el conocimiento de la biodiversidad y desafíos pendientes 91

4.4. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS *94*

4.5. BIBLIOGRAFÍA *101*

4.6. ANEXOS *115*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Javier Simonetti (por su dirección de este capítulo en los Informes 1999, 2002 y 2005), Jorge Mella, Pablo Villarroel, Claudia Sepúlveda, Alberto Tacón, Agustín Iriarte, Nicolo Gligo, Fabián M. Jaksic y Daniella Mella.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y

Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

4. BIODIVERSIDAD

Autores: Fabián M. Jaksic[1] y Daniella Mella-Flores[1]

La biodiversidad es la variabilidad observada entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto considera la variación en los atributos genéticos, fenotípicos, filogenéticos y funcionales, así como los cambios en la abundancia y distribución en el tiempo y el espacio dentro y entre especies, comunidades biológicas y ecosistemas[2]. Todas estas expresiones de diversidad tienen relación con variados aspectos del funcionamiento de los ecosistemas naturales que sostienen la vida en la Tierra.

Como humanidad, dependemos de la biodiversidad. Esta nos provee de una serie de servicios ecosistémicos (SE), tales como alimentos, fibras, madera, control de enfermedades, captura de CO_2, agua dulce, regulación del clima, entre otros, los cuales sostienen nuestro bienestar y desarrollo (**Ver Figura 4.1 y Sección 4.1.3**). Más aun, existe una interdependencia entre SE y desarrollo humano. Así, al mismo tiempo que crecen las demandas por los servicios prestados por los ecosistemas, la actividad humana disminuye la capacidad de los ecosistemas para proveer tales demandas.

El ser humano, a través de diversas acciones, viene impactando severamente la biodiversidad del planeta, afectándola en sus diferentes niveles. Entre las principales causas de la pérdida de biodiversidad por la acción humana están la eliminación y degradación de hábitats, la sobreexplotación de especies de valor comercial, la introducción de especies exóticas, la contaminación ambiental y el cambio climático. La pérdida de la diversidad, en cualquiera de sus formas, causa múltiples efectos en los ecosistemas, la mayoría de ellos perjudiciales para la humanidad a corto plazo, y todos ellos muy perjudiciales a largo plazo (**Ver Sección 4.2**).

La magnitud de la actividad humana sobre el planeta ha excedido los límites que se estiman ambientalmente sostenibles en varios de los componentes claves para el funcionamiento del sistema terrestre, incluyendo la pérdida de biodiversidad,

[1] Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES), Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.
[2] Diaz et al. (2015) The IPBES: Conceptual Framework-Connecting Nature and People. Current Opinion in Environmental Sustainability 14: 1–16.

lo que pone en riesgo el flujo y resiliencia de los SE[3]. Estos impactos se han acrecentado exponencialmente desde mediados del siglo pasado y existe evidencia que señala la posibilidad que, de no tomar acciones decididas y concertadas durante esta década, nuestro planeta pueda cruzar un umbral planetario (*tipping point*) donde los SE se vean seriamente afectados[4]. La transgresión del límite planetario en biodiversidad puede contribuir a la pérdida o degradación de ecosistemas o biomas completos, y a la disrupción de procesos ecológicos de gran escala asociados a ciclos biogeoquímicos con consecuencias que podrían amplificarse comprometiendo la habilidad de la biósfera de sostener sociedades humanas tales como las conocemos[5].

El informe de evaluación mundial sobre la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos (IPBES, 2019) entrega una imagen alarmante sobre el estado actual de la biodiversidad mundial, donde se cuantifican las extinciones de especies, la disminución de la vida silvestre, la pérdida de hábitats y el agotamiento de los servicios de los ecosistemas a nivel global (**Ver Sección 4.2**).

Bajo este crudo contexto, reducir la declinación en la biodiversidad se hace urgente. Para lograrlo, se requiere tomar acciones a nivel global y local en términos de incrementar las áreas bajo protección, impulsar la restauración y el planeamiento para la conservación a niveles de paisaje, entre otras[6], promoviendo el uso de las llamadas Soluciones Basadas en la Naturaleza, Soluciones Basadas en la Biodiversidad o Soluciones Naturales al Clima[7,8]. Parte de estas medidas ya están en curso a través de mecanismos como el Marco de Biodiversidad Post-2020 de la Convención de Diversidad Biológica, del que Chile es parte (**Ver Sección 4.1.2**).

[3] Marquet et al. (2022) Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/35), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47883/1/S2100898_es.pdf
[4] Barnosky et al. (2012) en Marquet et al. (2022).
[5] Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services IPBES (2019).
[6] Leclère et al. (2020) y Hannah et al. (2020), citados en Marquet et al. (2022).
[7] Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C.R., Renaud, F.G., Welling, R., Walters, G. (2019) Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. Environmental Science & Policy 98: 20–29. https://doi. org/10.1016/j.envsci.2019.04.014.
[8] Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C.A.J., Smith, A., Turner, B. (2020a) Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 375: 2019.0120. https://doi.org/10.1098/ rstb.2019.0120.

El presente capítulo presenta una actualización del estado de la biodiversidad en Chile en el ámbito de su composición, de su estado de conservación y de sus principales amenazas. También se recapitulan los avances del país en materia de legislación para la preservación de nuestro patrimonio natural y se finaliza con una sección de conclusiones y propuestas de lineamientos de políticas públicas en torno a esta temática.

4.1. ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD

4.1.1. El patrimonio biológico: Evolución y características

Chile, se define como un país tricontinental y está constituido por tres zonas geográficas. La primera de ellas, Chile continental, en su posición geográfica al oeste de Sudamérica, se extiende como una elongada franja de tierra de aproximadamente 4.300 km de norte a sur, desde los 17°29’57 a los 56°32’12 de latitud sur, centrada en la longitud 70° oeste, con un ancho promedio de 180 km, siendo el máximo de 445 km en los 52°21’ S y el mínimo de 90 km en los 31°37’ S. Es una isla virtual limitada por barreras naturales: al norte por uno de los desiertos más áridos del mundo; al este con una cordillera que se eleva hasta sobre los 6.000 m de altura; al sur con la Antártica y al oeste con un océano Pacífico que a pocos kilómetros de la línea de costa presenta profundidades que superan los 5.000 m. La segunda zona geográfica es Chile insular, que corresponde a un conjunto de islas de origen volcánico en el océano Pacífico Sur: el archipiélago de Juan Fernández y las islas Desventuradas, pertenecientes a Sudamérica; la isla Sala y Gómez; y la isla de Pascua, ubicadas en la Oceanía. La tercera zona es el Territorio Chileno Antártico, la cual es una zona de la Antártica de 1.250.257,6 km² entre los meridianos 53°O y 90°O sobre la cual Chile reclama soberanía, prolongando su límite meridional hasta el Polo Sur[9].

El clima de Chile continental posee una marcada influencia oceánica, por lo que en la franja costera el clima es considerablemente más fresco que en el interior. La altitud provocada por la cordillera de Los Andes también es uno de los factores importantes que regula el clima del país. A estos factores se suman la presencia del Anticiclón del Pacífico Sur Oriental (APSO) y la corriente marina de aguas frías de Humboldt. El APSO es el factor responsable de la condición desértica del norte y de la aridez de la zona central, por cuanto bloquea la entrada de frentes provenientes del suroeste que se generan en el Anillo Circumpolar, creando un

[9] https://www.gob.cl/nuestro-pais/

marcado límite biogeográfico a la altura de los 30° de latitud sur, la llamada "Diagonal Árida de Sudamérica", que desconecta geográficamente los bosques del sur de Sudamérica de los restantes del continente. Al norte de esta diagonal las precipitaciones son menores a los 200 mm anuales y se tornan nulas a medida que decrece en latitud hacia el norte, dando origen a semi-desiertos y desiertos hiper-áridos, que se distribuyen hasta cerca de la línea del Ecuador. Al sur de los 30° las precipitaciones se incrementan paulatinamente con el correspondiente impacto en la vegetación, dando origen a bosques subtropicales y templado-lluviosos, que se extienden hasta el extremo sur del territorio chileno[10].

Por otro lado, el brusco enfriamiento que reciben las masas de aire provenientes desde el oeste al pasar por sobre las frías aguas de la corriente de Humboldt provoca la condensación del vapor de agua, generando neblinas densas, o "camanchacas", que logran penetrar hasta unos 25 km hacia el interior del continente, empujadas por la brisa marina[11]. Otro elemento climático con gran impacto en los ecosistemas de Chile se relaciona con el fenómeno "El Niño" y su fase alterna "La Niña". El Niño Oscilación del Sur (ENOS) genera en Chile central, y especialmente al norte de los 30° de latitud sur, la alternancia de años secos con 1-2 años con precipitaciones superiores a las normales, produciendo, entre otros efectos, un incremento extraordinario de la vegetación y la producción de semillas y por lo tanto en el número de pequeños mamíferos herbívoros (roedores, lagomorfos y marsupiales) y de sus depredadores, como mamíferos y aves carnívoras[12].

A través de su historia, Chile ha experimentado numerosos cambios en su clima, en su vegetación y en consecuencia en su biodiversidad. Las condiciones climáticas y las formas del territorio actual se originaron principalmente durante el Pleistoceno, hace unos dos millones de años, en la llamada Edad del Hielo. Este periodo, concluido en nuestro país hace unos 14 mil años, terminó por configurar definitivamente el territorio de la región de La Araucanía y de Los Lagos hacia el sur, dejándonos como herencia los grandes volcanes de la cordillera de los Andes y los lagos del sur de Chile. A finales del Pleistoceno y comienzos de Holoceno (entre 15.000 y 10.000 años atrás), cuando ya las poblaciones humanas ocupaban el territorio nacional, se dió un fenómeno de extinción de características extraordinarias. Aunque no se constituyeron en una extinción masiva,

[10] Villagrán (2018) Biogeografía de los bosques subtropical-templados del sur de Sudamérica. Hipótesis históricas. Magallania (Chile) 46(1): 27-48.
[11] Atlas de Cambio Climático de la Zona Semiárida de Chile. FPA, MMA.
[12] Holmgren et al. (2006) Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment 4: 87-95.

desaparecieron todos los megamamíferos (de más de una tonelada) y la mayoría de los mamíferos grandes (de más de 44 kilos) del continente, entre ellos los megaterios (*Megatherium*), mastodontes (*Stegomastodon*) y tigres dientes de sable (*Smilodon*). Esta extinción ha sido atribuida al frío, a epidemias o a la acción de los humanos[13]. Los últimos representantes de la megafauna desaparecieron hace unos 6.000 años, por lo que el proceso de extinción se habría extendido por varios miles de años[14]. En el Holoceno temprano, comenzó el retiro de los hielos en el sur y en el este, dejando la depresión intermedia nuevamente disponible, primero para la vida vegetal y animal y más tarde para el ser humano. El mar subió hasta su nivel actual y el paisaje quedó configurado tal como es hoy.

Todas estas características geológicas, climáticas y topográficas, hacen de nuestro territorio una peculiaridad en cuanto a su diversidad de ecosistemas terrestres, marinos, costeros, glaciares, ríos, lagos, humedales y ecosistemas insulares, los que en su conjunto albergan alrededor de 36 mil especies de plantas, animales, algas, hongos y bacterias. A esto se suma, un alto grado de endemismo (30 a 40%), producto de la evolución aislada del resto del continente durante miles de años, debido a las barreras físicas y climáticas características del territorio chileno. Aun así, la riqueza de especies y el grado de endemismo se encuentran heterogéneamente distribuidos a lo largo del territorio nacional. En la zona centro y sur del país la gran mayoría de los grupos de plantas y animales presentan un máximo en su diversidad específica, incluyendo helechos[15], plantas vasculares[16], micromamíferos[17] y mariposas[18], entre otros grupos. Al mismo tiempo, esta zona (entre los 23° y 47° de latitud sur) concentra una cantidad inusual de especies endémicas, lo que la ha llevado a ser catalogada como uno de los 36 puntos calientes ("hotspots") mundiales de biodiversidad[19].

La ocupación humana ha ido, sin embargo, modificando y alterando la biodiversidad del territorio. La convivencia relativamente armónica entre el humano y el medio ambiente sufrió su primer gran cambio con la llegada de los

[13] Cione et al. (2007) Mamíferos continentales del Mioceno tardío a la actualidad en la Argentina: cincuenta años de estudios. Asociación Paleontológica Argentina. Ameghiniana 50 aniversario, Publicación especial 1: 257-278.
[14] Nuñez & Santero (1990) Primeros poblamientos en el cono sur de América (XII-IX milenio AP.) Revista de Arqueología Americana 1: 91-139.
[15] Parra et al. (2015) Latitudinal patterns in pteridophyte distribution of continental Chile. Gayana (Concepción) 72(1): 45-57.
[16] Bannister et al. (2012). Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. Austral Ecology 37: 500-509.
[17] Cofré et al. (2007) Rarity and Richness patterns of small mammals in Mediterranean and Temperate Chile: pp. 275-302 en Kelt et al. (Eds.) The quintessential naturalist: honouring the life and legacy of Oliver P. Pearson. California, USA. University of California, Publications in Zoology Series.
[18] Samaniego & Marquet (2009) Mammal and butterfly species richness in Chile: Taxonomic covariation and history. Revista Chilena de Historia Natural 82: 135-151.
[19] Ministerio del Medio Ambiente (2017a). Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030).

españoles en el siglo XVI al introducir nuevas tecnologías, nuevas especies y nuevas demandas sobre los recursos naturales. Esta alteración del medio ambiente por el humano se ha incrementado a través de los años y en la medida que el territorio nacional se ha ido ocupando, ha aumentado la demanda por recursos. La falta de protección efectiva para la biodiversidad, ha llevado a un estado actual de gran amenaza y vulnerabilidad. Para la conservación de este valioso patrimonio biológico, es necesario establecer la gestión sustentable de la biodiversidad, entendiendo que ésta es parte del valor patrimonial actual y del legado natural, como asimismo una de las fuentes de riqueza y desarrollo de nuestra economía y del bienestar actual y futuro de nuestra sociedad.

4.1.1.1. Diversidad genética

La diversidad genética corresponde al componente más básico de la biodiversidad y se puede definir como las variaciones de los genes y genotipos que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una misma especie. La variabilidad genética hace posible la adaptación de los organismos frente a enfermedades, parásitos y los diversos cambios del medio ambiente[20]. El conocimiento de esta diversidad es una herramienta efectiva para la conservación de especies y la utilización de la biodiversidad potencialmente productiva. En efecto, los recursos genéticos constituyen un componente esencial para responder a la competitividad del sector agropecuario, a las exigencias de mejoramiento de la productividad y sobre todo para la adaptación a desafíos globales como son el cambio climático, plagas, enfermedades, entre otros factores limitantes. Así, es necesario contar con un reservorio amplio de recursos genéticos dado por biotipos, razas, genes y/o alelos que permitan la adaptación a estas condiciones. Por su parte, la importancia de conocer y preservar la diversidad genética de especies silvestres radica tanto en el resguardo de su valor evolutivo como de la sustentabilidad de los ecosistemas de los cuales forman parte[21].

La gran variedad de ecosistemas y ambientes en Chile, así como el alto grado de endemismo antes mencionado, se traducen en una gran diversidad genética. Aun cuando esta diversidad tiene importancia ecológica, social, cultural y económica, la información con la que se cuenta a nivel país, con excepción de unas pocas especies de interés comercial o de interés biogeográfico y de conservación, es escasa, aunque creciente, lo que no permite tener una evaluación del estado

[20] Ministerio del Medio Ambiente (2017a). Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030).
[21] Ministerio del Medio Ambiente (2018a) Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición, Tomo I, 430 pp. Santiago, Chile.

actual de la diversidad genética y menos aún de su vulnerabilidad frente a las amenazas. En su tercera edición, el libro "Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos", editado por el Ministerio del Medio Ambiente[11], hizo un catastro sobre los principales trabajos relacionados al estudio de la diversidad genética nacional. De la información recopilada se rescataron alrededor de 20 trabajos que apuntan a la comprensión de la diversidad genética a través del estudio de diferentes indicadores, tales como diferenciación genética, niveles de endogamia y diversidad de genotipos. Estos trabajos se enfocaban principalmente en plantas silvestres, plantas cultivadas, animales nativos y animales de granja. Otros trabajos, no citados en el mencionado capítulo, eran los estudios realizados sobre algas pardas[22][23] y rojas[24]. En este último grupo, la diversidad es especialmente importante en el territorio antártico, donde 33% de las especies son endémicas. En el caso de los peces, destacaban los estudios en jurel[25] (*Trachurus murphyi*), anchoveta[26] (*Engraulis ringens*) y sardina chilena[27] (*Sardinops sagax*). Un proyecto relevante de caracterización genética de los principales recursos pesqueros obtuvo un listado de 232 referencias bibliográficas con algún tipo de información genética[28], de las cuales 42% correspondían a peces marinos, 12% a dulceacuícolas, 33% a moluscos, 9% a algas, 3% a crustáceos y el 1% restante a tunicados y equinodermos. Del total de referencias, 61% correspondían a especies nativas y 39% a especies exóticas.

Más allá de la falta de investigación relacionada a la diversidad genética en forma puntual, otras áreas del conocimiento, como la biología de la conservación, la investigación agrícola e incluso el conocimiento tradicional, han permitido establecer que el nivel de endemismo que poseen las especies de plantas de nuestro país constituye un patrimonio único en el mundo. Chile cuenta con variedades de semillas de uso agrícola que han sido cultivadas en forma tradicional por miles de años y que tienen un importante valor genético y cultural. Ejemplo de estas son la papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*), para la cual se

[22] Macaya & Zuccarello (2010a) Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the south-eastern Pacific. Marine Ecology Progress 420: 103-112.
[23] Macaya & Zuccarello (2010b) DNA barcoding and genetic diagnosis in the giant kelp *Macrocystis* (Laminariales). Journal of Phycology 46: 736-724.
[24] Guillemin et al. (2016) The bladed Bangiales (Rhodophyta) of the South Eastern Pacific: Molecular species delimitation reveals extensive diversity. Molecular Phylogenetics and Evolution 96: 814-826.
[25] Cárdenas et al. (2005) Origin, diversification and historical biogeography of the genus *Trachurus* (Perciformes: Crangidae). Molecular Phylogenetics and Evolution 35: 496-507.
[26] Ferrada et al. (2002) Estudio poblacional del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) (Clupeiformes, Engraulidae), mediante análisis de ADN. Gayana (Concepción) 66 (2): 243-248.
[27] Galleguillos et al. (1997) Diferenciación poblacional en la sardina chilena *Strangomera bentincki* (Pisces: Clupeidae). Revista Chilena de Historia Natural 70: 351-361.
[28] Laboratorio de Genética y Acuicultura, Universidad de los Lagos (2006) Caracterización Genética de los Principales Recursos Pesqueros de Chile. Informe final corregido Proyecto FIP 2006-52. Osorno, Chile. 243 pp.

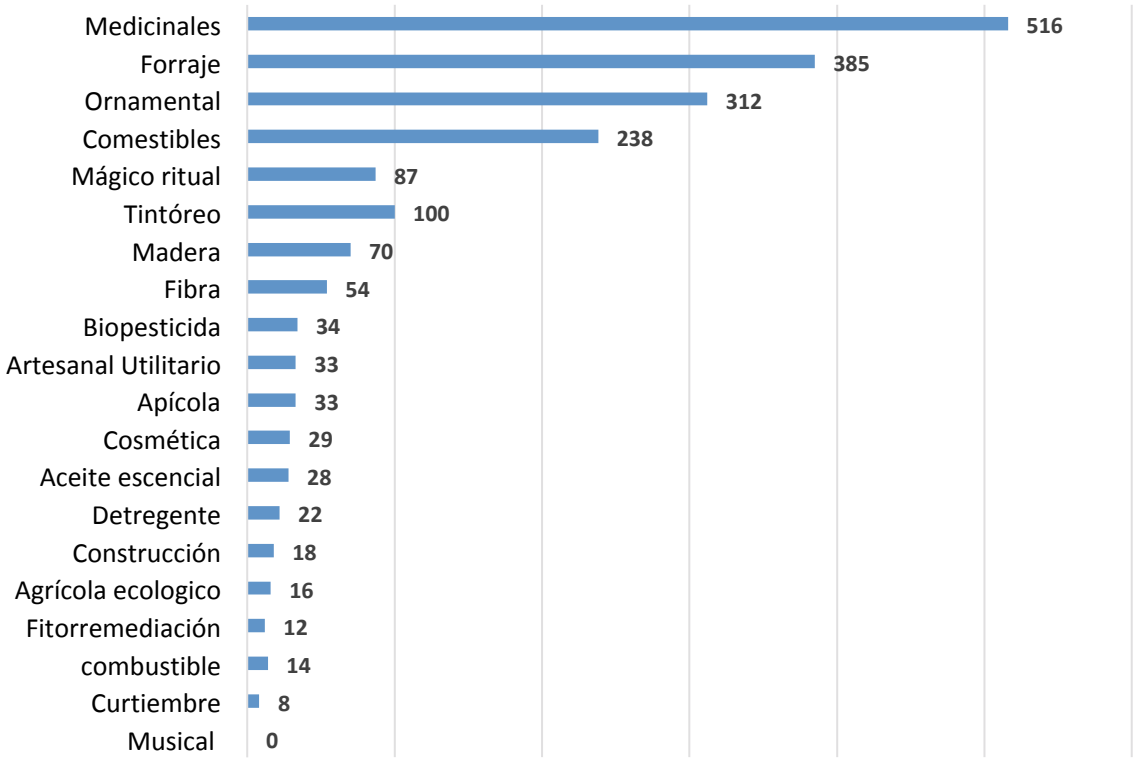
han descrito más de 240 variedades en Chile[29], y la frutilla (*Fragaria chiloensis*), originada en las islas del Archipiélago de Chiloé. Además, Chile es el centro de diversificación de cultivos como la quínoa, maíz y porotos, la cual se expresa en la alta variabilidad morfológica observada en variedades y genotipos de estos cultivos[30]. Las especies de flora endémica nativa tienen también un alto valor y potencial para usos diversos. El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha logrado identificar 1.179 especies de plantas vasculares que poseen valor ornamental, alimenticio, cosmético, de forraje, para desarrollo de fármacos, entre otros, siendo el uso medicinal el que congrega un mayor número de especies (**Ver Figura 4.1**). Esta flora "útil" de Chile corresponde aproximadamente al 25% de la flora total identificada para el país y un 35% de ellas son endémicas para Chile[31] (INIA, 2016). Un ejemplo de uso de nuestros recursos genéticos vegetales son las investigaciones desarrolladas en el clavel antártico (*Colobanthus quitensis*), las que han mostrado la capacidad de esta especie para sintetizar metabolitos que pueden ser utilizados como filtro solar[32].

El trabajo desarrollado en el país en cuanto a Recursos Genéticos Animales (RGA) o Recursos Zoogenéticos (RZ), es de menor dimensión que el realizado en recursos genéticos vegetales. Estos recursos, según la FAO son todas las especies, razas, líneas, en general genotipos animales de potencial económico, uso científico o de interés cultural, que se usan, o pueden ser usados en el futuro, en la producción de alimentos o en la agricultura[33]. Los trabajos desarrollados en esta línea tienen por objetivo conocer, mejorar y permitir la adaptabilidad del ganado, posibilitando su mejor respuesta hacia su entorno, clima y enfermedades. Esto tiene como consecuencia beneficios directos para la alimentación, comercialización y capacidad exportadora del país. Aunque al 2006, según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI), un total de 99 especies eran usadas como recurso zoogenético en Chile, entre ellas 42 especies nativas (alpaca, cisne de cuello negro y otros), 39 introducidas (bovino frisón, asno, pato Pekín y otros) y 18 exóticas asilvestradas (liebre, abeja y otros)[34], son mucho menos las especies sobre las cuales se han desarrollado esfuerzos concretos para su preservación o mejora. Un esfuerzo importante se llevó a cabo en camélidos andinos, en el

[29] Contreras & Castro (2008) Catálogo de variedades de papas nativas de Chile. Valdivia, Chile.
[30] Ministerio del Medio Ambiente (2018b). Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición, Tomo II, 264 pp. Santiago, Chile.
[31] Ortega (2016) Conservación y uso de los recursos genéticos chilenos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Chile. https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2016/11/ORTEGA-La-serena-INIA-CHILE.pdf
[32] Contreras et al. (2019) UV-B shock induces photoprotective flavonoids but not antioxidant activity in Antarctic *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. Environmental and Experimental Botany 159: 179-190.
[33] Ortega (2016).
[34] Citado por Manzur (2006), Diversidad Genética. En: Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. CONAMA, Santiago, Chile.

marco del Programa de Innovación Territorial en la región de Arica y Parinacota para la agricultura familiar campesina ganadera Aymara, en donde se trabajó en varias líneas en pos de mejorar la competitividad en el manejo de estos recursos. En ovinos chilotes, por otro lado, también se han desarrollado proyectos para el mejoramiento genético y la aptitud cárnica y la formación de capacidades para aumentar la producción de carne. Además, se han hecho trabajos en ovinos araucanos y gallina araucana – la de los huevos azules-y el mencionado programa de mejoramiento genético de bovinos y ovinos en el marco de la Política Nacional de Mejoramiento Genético del Ganado Bovino y Ovino del 2008[35]. Uno de los logros importantes en esta línea ha sido el rescate, desarrollo y valorización de Recursos Genéticos en ovinos chilenos, en particular de la raza ovina chilota (De la Barra et al., 2011) y la raza ovina Künko (De la Barra et al., 2016).

Figura 4.1. Principales usos de la flora nativa de Chile y número de taxa que poseen cada uso.



Fuente: Ortega (2016).
* Una especie o subespecie puede tener más de un uso.

[35] Agüero (2009) La importancia de los recursos genéticos vegetales y animales en el desafío de convertir a Chile en un potencia alimentaria y forestal. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ODEPA, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Los escasos conocimientos actuales dejan de manifiesto que los estudios de diversidad genética son esenciales para avanzar en la conservación efectiva de especies; no solo en especies raras, de distribución restringida y oficialmente clasificadas en peligro, sino también de otras especies nativas o endémicas que estén siendo explotadas con fines comerciales, tanto vegetales (cereales, pseudocereales, leguminosas de grano, forrajeras, frutales y hortalizas) como animales (aquellos utilizados en ganadería, turismo, gastronomía y artesanías)[36]. Estas últimas pueden sufrir erosión genética al eliminar de los criaderos aquellas poblaciones con características comerciales poco atractivas. Otra causa de pérdida de diversidad genética puede darse por cruzamientos indiscriminados. Ambas situaciones conducen a las poblaciones a bajos niveles de diversidad, constituyendo un problema para su mantención comercial (baja diversidad para resistir plagas y enfermedades, por ejemplo), y para su sustentabilidad a largo plazo. Si no conocemos la diversidad genética, cómo está estructurada y distribuida dentro y entre las poblaciones, difícilmente podemos diseñar e implementar medidas eficientes de conservación que permitan recuperar las poblaciones en peligro y mantenerlas en el largo plazo[37].

4.1.1.2. Diversidad de especies

La biodiversidad específica se refiere a la cantidad de especies diferentes que habita en una región determinada. El primer gran esfuerzo de catastrar el conocimiento nacional sobre nuestra diversidad específica fue realizado por Simonetti et al. (1995)[38], el cual se materializó en la obra "Diversidad Biológica de Chile". En esta obra se determinó la existencia de unas 30.000 especies de flora y fauna silvestres, de las cuales alrededor de 6.331 eran exclusivas de Chile (endémicas). Ese estudio también dejó en evidencia el déficit de especialistas en algunos grupos taxonómicos claves, además de hacer patente disímiles grados de desarrollo que cada grupo poseía y la heterogeneidad de tratamientos en su estudio. Más tarde, a partir del año 2000, se ha generado un gran desarrollo de nuevas monografías sobre diferentes grupos taxonómicos, tanto vertebrados como invertebrados, así como de diferentes grupos de flora nativa. Sin embargo, este esfuerzo no ha sido homogéneo, lo que ha producido un desarrollo dispar dependiendo del grupo.

Según la información más actualizada, en Chile se han descrito alrededor de 36.200 especies nativas. Esta estimación es bastante conservadora, pues

[36] Agenda de trabajo 2016-2018.
[37] Ministerio del Medio Ambiente (2018a).
[38] Simonetti, Arroyo, Spotorno & Lozada, Eds. (1995) Diversidad biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile.

numerosos taxa no han sido aún inventariados y se estima que aún faltaría un 90 por ciento de especies "chilenas" por descubrir, las que probablemente, en más de un 50 por ciento, corresponderían a artrópodos[39]. En términos de composición, casi un 60% de esta biodiversidad específica corresponde a invertebrados, principalmente artrópodos hexápodos (insectos). El segundo grupo más numeroso corresponde al de los hongos y líquenes (12,99%), seguido muy de cerca por las plantas vasculares (12,91%). Los vertebrados constituyen menos de un 7% de la biota chilena mientras que las plantas no vasculares superan apenas el 4%. Las micro y macroalgas, por su parte, aportan en su conjunto menos de un 4% de la riqueza específica del territorio (**Ver Cuadro 4.1**). Esta diversidad de especies nativas es relativamente baja al compararla con otros países de Latinoamérica. Por ejemplo, en el caso de las aves, en Chile habitan algo más de 450 especies; mientras que en Argentina existen más de 800 especies, en Bolivia y Perú sobre 1.200 especies y en Colombia 1.721 especies. Un caso aún más dramático ocurre con la diversidad de plantas angiospermas, en donde Chile posee sólo 5.300 especies, y países como Brasil sobrepasan las 55.000 especies[40].

Cuadro 4.1. Número de especies nativas descritas para Chile, según grupo biológico.

Grupo biológico	2019[1]		2022	
	Riqueza de especies	% por grupo	Riqueza de especies	% por grupo
Microalgas	**863**	**2,46**	**863**	**2,39**
Diatomeas	568		568	
Dinoflagelados y Silicoflagelados	295		295	
Macroalgas[2]	**534**	**1,52**	**534**	**1,48**
Phaeophyceae (pardas)	89		89	
Chlorophyceae (verdes)	80		80	
Rhodophyceae (rojas)	265		265	
Plantas no vasculares (hepáticas, musgos, antóceros)	**1.421**	**4,05**	**1497**	**4,14**
Bryophyta (musgos)	907		922	
Marchantiophyta (hepáticas)	500		560	
Antohocerotophyta (antóceros)	14		15	
Plantas vasculares	**4.655**	**13,26**	**4655**	**12,87**
Pteridofitas (helechos y licopodios)	160		160	
Gimnospermas (pinófitas y gnetófitas)	15		15	
Liliopsida (Monocotiledóneas)	1.018		1.018	
Magnoliopsida (Dicotiledóneas)	3.462		3.462	
Hongos y Líquenes	**4.683**	**13,34**	**4685**	**12,96**
Hongos	3.300		3300	
Líquenes	1.383		1.385	
Invertebrados	**20.746**	**59,08**	**21719**	**60,06**

[39] Mora et al. (2011) How many Species are there on Earth and in the Ocean? PLoS Biology 9(8): e1001127.
[40] Conservation International (2005) Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.

Anélidos	848		848	
Artrópodos Miriápodos	167		167	
Artrópodos Hexápodos	12.443		12.443	
Artrópodos Quelicerados	1.405		1.405	
Artrópodos Crustáceos	2.551		2.551	
Moluscos	1.194		1.194	
Otros invertebrados	2.138		3111	
Vertebrados	**2.214**	**6,30**	**2210**	**6,11**
Peces marinos	1.331		1331	
Peces de aguas continentales	42		42	
Anfibios	64		60	
Reptiles	135		135	
Aves	480		480	
Mamíferos (terrestres y marinos)	162		162	
Total	**35.116**	**100,00**	**36.163**	**100,00**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Ministerio del Medio Ambiente (2018a), modificado para: musgos, según Muller (2009ª, 2009b), Hässel de Menéndez & Rubies (2009), Cuvertino (2012), Gallego et al. (2012), Garilleti (2012), Garilleti et al. (2015), Larraín (2016, 2021), Ireland (2017), Larraín & Atala (2017), Larraín & Bahamonde (2017), Larraín et al. (2020a, 2020b, 2020c), Larraín & Drapela (2022); plantas vasculares, según Rodríguez et al. (2018); anfibios según Correa (2019); reptiles según Ruiz de Gamboa (2020). Para los grupos de invertebrados: Isoptera, Psocóptera, Thysanoptera, Mecoptera, Thricoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Scorpiones, Copepoda, Ostracoda, Mollusca, Echinodermata, Nematoda, Brachiopoda, Bryozoa y Tardigrada; se consideraron los datos publicados en CONAMA (2006) al no estar estos incluidos en MMA (2018b).

[1] Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile IAP (2019).

[2] Para el cálculo del número total de especies de macroalgas se consideró el total estimado para Chile continental más el número de especies endémicas descritas para el territorio insular y antártico.

Es importante tener en consideración que la taxonomía (disciplina que clasifica las especies) es una ciencia dinámica, que precisa de constante actualización. No es extraño entonces observar la reducción o el aumento en el número de especies para determinados taxa, lo que no está asociado necesariamente a la descripción de nuevas especies o a la extinción de otras, sino a la revisión y reinterpretación de los datos que han llevado a cambios en el estatus de algunos taxa, reevaluación de la nomenclatura, corrección de errores, etc. Este es el caso, por ejemplo, del último catálogo de plantas vasculares, donde durante la realización del trabajo se encontraron varias especies cuya presencia en el país era dudosa, géneros que no habían sido estudiados en su totalidad y que aún se desconoce su estado actual, y nombres que no habían podido ser corroborados por no poseer material de herbario disponible[41]. Otro ejemplo es la gran disminución en el número de especies de algas respecto a datos previos al 2018, dado al hecho que, presuntamente, en revisiones anteriores se había sumado la totalidad de especies continentales con la totalidad de especies insulares, sin considerar que muchas de estas son de amplia distribución y se encuentran en más de un territorio (María Eliana Ramírez, comunicación personal). Otro factor importante que ha influido en los cambios de estatus y nomenclatura hace relación con los avances en las

[41] Rodríguez et al. (2018) Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Botánica (Concepción) 75(1): 1-430

metodologías de identificación de especies, las cuales actualmente combinan análisis morfológicos con técnicas moleculares cada vez más avanzadas. Ejemplos de ello tenemos en el grupo de macroalgas, como es el caso del género *Macrocystis*, el que luego de varios estudios resultó ser un género monotípico representado en esta costa por una sola especie *Macrocystis pyrifera*[42][43]; el caso del género *Lessonia*, con reconocimiento de dos especies crípticas incluidas en el *complejo Lessonia nigrescens*[44] y recientemente el caso de la gran diversidad de Bangiales foliosas de la costa de Chile continental, donde se han reconocido 5 géneros con un número mayoritario de especies incluidas en los géneros *Pyropia* y *Porphyra*[45].

La baja biodiversidad de especies en Chile se puede explicar, en parte, por su aislamiento geográfico en conjunción con la historia geológica del país. Este mismo aislamiento, sin embargo, explicaría también el origen de especies extremadamente singulares para el territorio, lo que se traduce en un porcentaje importante de especies endémicas respecto al total de especies descritas (alrededor de un 25%), el cual está fuertemente concentrado en el territorio insular chileno. Tal es el caso del Archipiélago de Juan Fernández, con una alta cantidad y proporción de especies endémicas (131 especies, alcanzando un 61% de endemismo), especies longevas y ecosistemas frágiles, antecedentes que le han valido ser declarada la isla con la mayor densidad de especies endémicas por kilómetro cuadrado en el mundo[46].

Otra de las islas oceánicas que destaca es Rapa Nui, la que constituye un ecosistema relevante en sí mismo, producto de su localización y aislamiento, su biodiversidad marina, su patrimonio cultural y su condición de punto estratégico en los desplazamientos de una gran variedad de especies. La isla cuenta con una riqueza cultural única y una flora nativa actual consistente en aproximadamente 48 especies, con una tasa de endemismo del 23%[47]. La fauna marina se caracteriza por tener un alto grado de endemismo de peces (77%) y, junto con la isla Sala y Gómez, es considerada un *hotspot* de biodiversidad de peces arrecifales con un

[42] Macaya & Zuccarello (2010a).
[43] Macaya & Zuccarello (2010b).
[44] Gonzáles et al. (2012) Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophycea, Laminariales). Journal of Phycology 48: 1153-1165.
[45] Guillemin et al. (2016).
[46] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2014b) Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 140 pp.
[47] Dubois et al. (2013) Plantas de Rapa Nui. Guía Ilustrada de la Flora de Interés Ecológico y Patrimonial. Umanga Mo Te Natura, CONAF y ONF International. Santiago, Chile.

fondo marino constituido en un 53% de coral vivo[48]. A su vez, en los montes submarinos presentes en la ecorregión marina de Isla de Pascua, se presentan tasas de endemismo de 41,2% para peces y de 46,3% para invertebrados que viven en el fondo.

Si observamos grupo a grupo (**Ver Cuadro 4.2**), podemos ver que, en el caso de las macroalgas, los porcentajes más altos de endemismo están presentes en la Antártica (33%) y en el archipiélago Juan Fernández (30%), seguidos por las islas Desventuradas (23,3%) y Chile continental (22,7%). Los valores de endemismo para Chile continental son comparativamente altos en relación con otras áreas templadas del mundo como el Pacífico Norte, y bajos en relación con otras áreas templadas del hemisferio sur, como Australia, que presenta valores de endemismo de especies superior al 70% y Nueva Zelanda, con valores que superan el 40%[49]. Para plantas vasculares, alrededor de 50% de las dicotiledóneas, 40% de monocotiledóneas, 20% de las gimnospermas y 35% de las pteridófitas son exclusivas del territorio nacional. Para las plantas no vasculares (hepáticas, musgos y antóceros) se estima un nivel de endemismo que fluctúa entre el 40 y el 60% a nivel de biomas, mientras que a nivel de territorio político el endemismo no superaría el 15%; esto, por compartir numerosas especies con países vecinos como Argentina (Juan Larraín, comunicación personal). Sin embargo, no hay un catastro actualizado del origen biogeográfico para este grupo que permita determinar con certeza estos valores. Situación similar ocurre con los hongos y líquenes, para los cuales los valores de riqueza de especies aceptados se han mantenido inalterados desde 1999 y sin información sobre el porcentaje de endemismo a nivel nacional, aun cuando se estima que este es de alrededor de un 50% (Goetz Palfner, comunicación personal). La Fundación Fungi lleva algunos años trabajando en el primer mapeo y catastro de hongos en Chile, pero aún no existe una publicación oficial disponible para su revisión (Fundación Fungi, comunicación personal).

Dentro de los invertebrados, el endemismo alcanza el 49% en insectos (valor promedio entre el endemismo descrito para himenópteros, lepidópteros, tricópteros, coleópteros, dípteros, sifonápteros y heterópteros[50]), mientras que otros invertebrados, como briozoos, alcanzan valores cercanos al 82%. Los

[48] National Geographic Society, Oceana Chile & Armada de Chile (2011) Expedición a la Isla de Pascua y Sala y Gómez. Informe Científico, Febrero-Marzo 2011.
[49] Dring (1982) The biology of marine plants (Contemporary biology). Edward Arnold Publishers, London, UK.
[50] Simonetti (2002) Diversidad biológica. En: Estado del medio ambiente en Chile, pp. 161-195 (Gligo, Ed.). LOM Ediciones, Santiago, Chile.

moluscos, por su parte, presentan 66% y 35% de endemismo en el Archipiélago de Juan Fernández y en Isla de Pascua, respectivamente.

Entre los vertebrados, destacan por su alto endemismo grupos como los anfibios (sapos y ranas) donde el 63% de las especies son exclusivas de Chile; los reptiles con 61% de endemismo y los peces de aguas continentales con 81% de especies endémicas. Un alto endemismo es también observado entre peces litorales en Juan Fernández, alcanzando casi 90%[51]. Otros grupos, en cambio, no poseen esta particularidad, especialmente aquellos con mayor movilidad, como las aves, en las cuales poco menos del 2% de las especies registradas en Chile son exclusivas del territorio. Para el grupo de mamíferos, aun cuando no supera el 10% de endemismo, existen singularidades destacadas como es el caso del monito del monte (*Dromiciops gliroides*), el cual no es solo el único género en una familia endémica (Microbiotheriidae), sino el único representante conocido de un orden completo de marsupiales (Microbiotheria).

Cuadro 4.2. Porcentaje de endemismo de principales grupos biológicos en Chile.

Grupo biológico	**% endémicas**
Macroalgas	
Chile continental	22,7
Isla de Pascua	13,3
Archipiélago de Juan Fernández	30
Islas Desventuradas	23,3
Territorio antártico	33
Plantas no vasculares (hepáticas, musgos, antóceros)	40
Plantas vasculares	
Pteridofitas (helechos y licopodios)	35
Gimnospermas (pinófitas y gnetófitas)	20
Liliopsida (Monocotiledóneas)	39
Magnoliopsida (Dicotiledóneas)	49
Hongos y Líquenes	24
Invertebrados	
Artrópodos Hexápodos	49
Artrópodos Crustáceos	20
Otros invertebrados (Briozoos)	82
Vertebrados	
Peces de aguas continentales	86
Anfibios	63
Reptiles	61
Aves	2
Mamíferos (terrestres y marinos)	9

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Ministerio del Medio Ambiente (2018a) para la mayoría de los grupos; Rodríguez et al. (2018) para plantas; Lobos et al. (2013) para anfíbios; Ruiz de Gamboa (2016) para reptiles; Habit et al. (2006) para peces continentales y comunicación personales de J. Larraín para Musgos y de G. Palfner para Hongos.

[51] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2018a).

Tanto la riqueza de especies como el grado de endemismo se encuentran heterogéneamente distribuidos en el territorio nacional. Sin embargo, es importante considerar que el panorama sobre riqueza, endemismo y distribución de la diversidad biológica de Chile está basado en un conocimiento incompleto y heterogéneo de la biota. Las diferentes regiones de Chile han sido estudiadas de manera muy desigual, lo cual puede generar patrones espúreos sobre la distribución territorial de la diversidad de especies. Por ejemplo, la región de Magallanes y Antártica chilena concentra la mayor riqueza de especies y endemismos de algas bentónicas del territorio[52]. Aunque estos valores podrían responder a la mayor exploración florística realizada en el área durante los siglos pasados, esta región es la que presenta un mayor desafío de exploración para ratificar los tempranos registros de especies. Muchos de los taxa citados para la parte austral del territorio, entre los 50 y 55°S, son conocidos por sólo uno o dos registros de colecta, sin haber sido recolectados posteriormente; consecuentemente son registros dudosos, sujetos a verificación. De igual forma, la variación en la riqueza geográfica de poliquetos bentónicos está asociada a una intensidad de investigación desbalanceada en diferentes porciones de la costa chilena. Chile central sería una zona de alta riqueza, con 62% de las especies de poliquetos chilenos. Pero es precisamente en esta zona es donde se ha realizado sobre 60% de las investigaciones, mientras que la región norte del país, con sólo el 11% de la fauna poliquetológica, se ha realizado sólo 16% de las investigaciones.

Aun así, se pueden apreciar ciertos patrones generales. Tanto para aves, como para árboles, arbustos, mariposas y reptiles, se observa un patrón típico de distribución con mayor número de especies en la intersección de la región Mediterránea con la Templada (entre las Regiones del Maule y de Aysén). La riqueza de mamíferos en Chile presenta un patrón latitudinal complejo, que no corresponde a la típica disminución de especies a medida que aumenta la latitud (es decir mayor riqueza en los trópicos y menor hacia los polos). De hecho, existen dos o tres valores máximos de riqueza que coinciden con ciertas regiones ecológicas, como la puna y la estepa patagónica[53], o áreas muy especiales de transición faunística como es el sector del río Biobío. Para los anfibios, la mayor riqueza de especies se concentra en los bosques templados del sur, particularmente en la cordillera de la Costa de las Regiones del Biobío, La Araucanía y Los Ríos. Es aquí donde encontramos la mayor cantidad de especies

[52] Ramírez (1995) Algas Marinas Bentónicas. En: Diversidad Biológica de Chile, pp. 38-47. Simonetti et al. (Eds.). CONICYT, Santiago, Chile.
[53] Samaniego & Marquet (2009).

endémicas, muchas de ellas con distribuciones muy reducidas[54]. Para el caso de los reptiles, la mayor riqueza de especies se encuentra en las zonas centro y norte (entre la Región de Arica y Parinacota y la del Maule), pero el endemismo se concentra en el extremo norte del país[55]. Para las aves, ocurre un patrón contrastante entre riqueza y endemismo: la mayor riqueza se encuentra en el extremo norte (Región de Arica y Parinacota) y en el sur del país (desde el Maule a Los Lagos), mientras que el endemismo se circunscribe a la zona central e insular (Coquimbo a Biobío[56]). Algo similar ocurre con los mamíferos terrestres, cuya mayor riqueza de especies se ubica en los extremos norte y sur, mientras que la mayor cantidad de especies endémicas se encuentra en la zona central (entre la región de Coquimbo y Biobío[57]).

4.1.1.3. Diversidad de ecosistemas

Los ecosistemas son el conjunto de elementos bióticos y físicos de un medio y la interacción entre ellos que, en conjunto, forman una unidad funcional. Cada ecosistema da cuenta de un equilibrio dinámico entre los elementos bióticos (biocenosis) y físicos (biotopo), los que a partir de su funcionamiento e interacciones proveen una serie de servicios, denominados "servicios ecosistémicos", que van desde la regulación del ciclo hidrológico, hasta la provisión de bienes para la Humanidad, tales como fibras, alimentos, forraje, y medicinas, entre otros. Para la sociedad, la biodiversidad no es sólo valiosa desde el punto de vista ético de preservación, sino que necesaria para su desarrollo, tanto en lo económico (valores de uso) como en lo espiritual y cultural (valores de no uso)[58].

Dada su extensión latitudinal y sus marcados gradientes altitudinales, Chile continental contiene una amplia variedad de climas, accidentes geográficos y ecosistemas agrupados en ecorregiones. El Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund for Nature, WWF) define ecorregión como un área extensa de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, comparten condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo. Diferentes propuestas de clasificación de ecorregiones han sido realizadas tanto a nivel internacional como nacional. Estas clasificaciones, aunque a veces

[54] Formas (1995) Anfibios. En: Diversidad Biológica de Chile, pp. 314-325.
[55] Veloso et al. (1995) Reptiles. En: Diversidad Biológica de Chile, pp. 326-335.
[56] Araya & Bernal (1995) Aves. En: Diversidad Biológica de Chile, pp. 350-360.
[57] Contreras & Yáñez (1995) Mamíferos. En: Diversidad Biológica de Chile, pp. 336-349.
[58] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2015).

disímiles, son fundamentales para poder establecer los estados actuales y las prioridades de conservación.

Aquí destacamos las clasificaciones y evaluaciones del estado de conservación de las ecorregiones terrestres[59], dulceacuícolas[60] y marinas[61] para América Latina y el Caribe realizadas entre 1995 y 1999 por el Banco Mundial, la WWF y The Nature Conservancy (TNC). En estas evaluaciones se describen 12 ecorregiones terrestres para Chile, 13 dulceacuícolas y 6 marinas (**Ver Cuadro 4.3**). Entre estas ecorregiones destacan como únicas a nuestro país casi todas las ecorregiones marinas, las ecorregiones terrestres del bosque lluvioso invernal, matorral de Chile central y desierto de Atacama y las ecorregiones dulceacuícolas de Chile mediterráneo norte y sur. Otras ecorregiones son compartidas con países limítrofes como Argentina, Perú y Bolivia. En el año 2002, a través de su proyecto Global 2000[62], la WWF analizó los patrones globales de biodiversidad y el carácter distintivo de las ecorregiones del mundo para identificar el conjunto de ellas que albergan una biodiversidad excepcional y que sean representativas de sus ecosistemas (238 en total, entre terrestres, dulceacuícolas y marinas). Entre estas ecorregiones prioritarias se encuentran la Puna árida de los Andes centrales, el Matorral de Chile central, el Desierto de Sechura, las islas de los archipiélagos de Juan Fernández y de las Desventuradas, la ecorregión Humboldtiana y los Bosques templados de Valdivia. Esta última región ha sido, además, clasificada como uno de los 36 "hotspots" de biodiversidad en el mundo, definidos por la organización no gubernamental Conservation International[63].

Cuadro 4.3. Ecorregiones terrestres, dulceacuícolas y marinas descritas para Chile.

Tipo de ecorregión	**Tipos de hábitats (terrestres y dulceacuícolas) o provincias (marinas)**	**Ecorregiones de Chile**
Terrestre	Bosque templado	Bosques de lluvia invernal de Chile (Ch)
		Bosques templados de Valdivia (Ch y A)*
		Bosques subpolares de *Nothofagus* (Ch y A)
	Pastizales montanos	Puna de los Andes centrales (Ch, A, B, P)
		Puna húmeda de los Andes centrales (Ch, P, B)
		Puna árida de los Andes centrales (Ch, A, B)*

[59] Dinerstein et al. (1995) Una Evaluación del Estado de Conservación de las Ecorregiones Terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial, Washington, DC, EEUU.
[60] Olson et al. (1998) Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. Biodiversity Support Program, Washington, DC, EEUU.
[61] Sullivan & Bustamante (1999) Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
[62] Olson & Dinerstein (2002) The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. Annals of the Missouri Botanical Garden 89(2): 199-224.
[63] Mittermeier et al. (2011) Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Biodiversity hotspots (pp. 3-22). Springer, Berlin & Heidelberg.

		Estepa del sur de los Andes (Ch y A)
		Estepa de la Patagonia (Ch y A)
		Pastizales de la Patagonia (Ch y A)
	Matorrales mediterráneos	Matorral de Chile central (Ch)*
	Desiertos y matorrales xéricos	Desierto de Sechura (Ch y P)*
		Desierto de Atacama (Ch)
Dulceacuícola	Cuencas endorreicas (cerradas) de la región xérica	Puna árida (Ch, B, A y P)
		Pampas subandinas
	Ríos y arroyos de la región xérica	Desierto de Atacama/Sechura (Ch y P)
		Desierto costero del Pacífico (Ch y P)
		Chile mediterráneo norte (Ch)
		Chile mediterráneo sur (Ch)
		Tierra del Fuego-Rio Grande (Ch y A)
		Río Gallegos (Ch y A)
	Región húmeda de ríos y arroyos	Islas Juan Fernández (Ch)*
		Valdiviana (Ch)
		Isla de Chiloé (Ch)
		Archipiélago de los Chonos (Ch)
	Arroyos fríos y pantanos	Magallanes/Ultima Esperanza (Ch)
Marina	Provincia del Pacífico sudeste cálido y templado	Humboldtiana*
		Chile Central
		Araucana
	Provincia de Sudamérica templada-fría	Chiloense
		Canales y Fiordos del sur de Chile
	Provincia de Juan Fernández y Desventuradas	Islas de Juan Fernández y Desventuradas*

Fuente: Elaboración propia en base a los informes de evaluación del estado de conservación de la biodiversidad terrestre (Dinerstein et al., 1995), marina (Sullivan & Bustamante, 1999) y dulceacuícola (Olson et al., 1998) para Latinoamérica y el Caribe.
* Ecorregiones clasificadas como prioritarias según el proyecto G200 de la WWF (Olson & Dinerstein, 2002). Ch: Chile; A: Argentina; P: Perú; B: Bolivia.

En cuanto a los ecosistemas, su clasificación es una tarea compleja pero fundamental para poder conocer el estado de nuestro patrimonio natural y establecer estrategias de protección[64]. Su clasificación requiere
del conocimiento de los diferentes componentes a través de los cuales fluye la energía y los nutrientes, de su biota, pero también de la provisión de servicios y la exposición relativa a riesgos. La vegetación, definida como la forma en que los componentes vegetales del ecosistema ocupan el espacio, ha sido usada como un buen sustituto del ecosistema, debido a que los componentes vegetales permiten

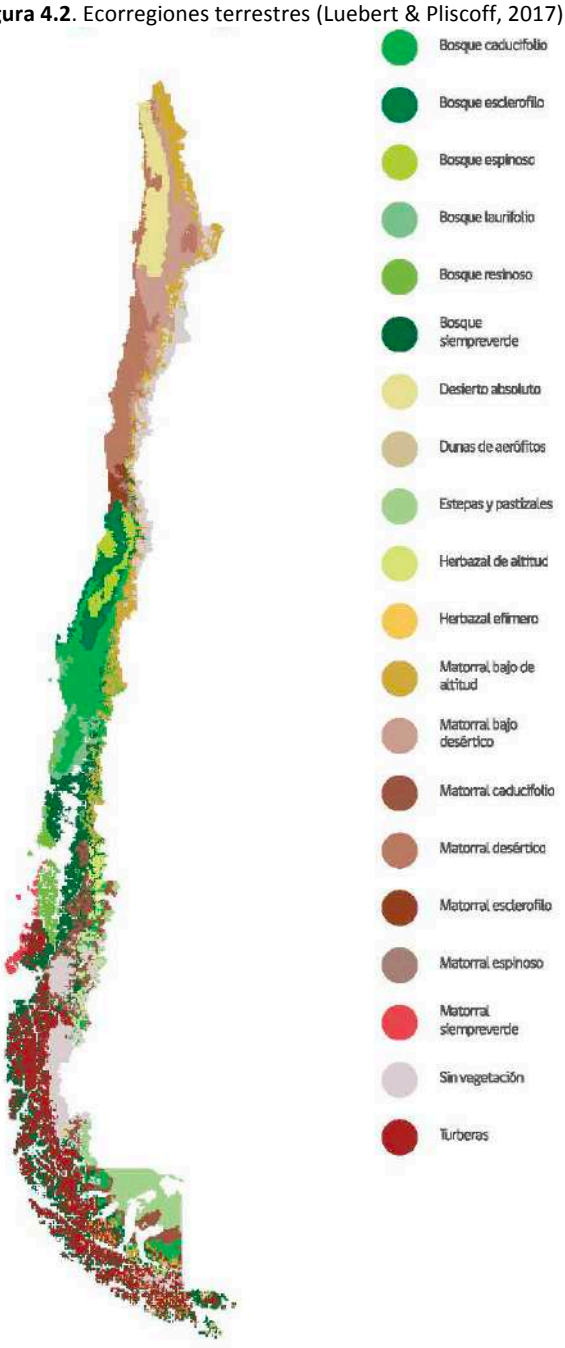
[64] En el marco de la Convención de Diversidad Biológica de Naciones Unidas, firmada en 1992 por 193 países, incluido Chile, cada una de las naciones se compromete a proteger el 17% de sus ecosistemas naturales terrestres para el año 2020.

la entrada de energía a los ecosistemas (a través de la fotosíntesis) y concentran la mayor proporción de la biomasa y productividad de ellos[65].

Bajo esta premisa, variadas propuestas de clasificación de ecosistemas han sido realizadas para Chile. Entre estas destacan las hechas por di Castri (1968), Artigas (1975), Fuentes et al. (1995) y Gajardo (1994), varias de ellas aún citadas y utilizadas como referencia. A nivel de ecosistemas terrestres, la clasificación más aceptada en la actualidad, y la oficialmente utilizada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) para la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas, es la propuesta por Luebert & Pliscoff (2006)[66]. Esta clasificación, que se basa en la previamente propuesta por Gajardo (1994), propone como unidad de análisis para la representación de los ecosistemas el uso del concepto de "piso de vegetación" [67], sobre la base de variables bioclimáticas y atributos vegetacionales del territorio. Estos pisos vegetacionales presentan la ventaja de que se pueden representar cartográficamente y así evaluar su estado de amenaza a través de la estimación de su superficie remanente, de manera de orientar la identificación de prioridades de conservación de biodiversidad a escala nacional[50]. La aplicación de este enfoque ha permitido la identificación de 19 formaciones vegetales (o biomas) que reúnen un total de 125 pisos de vegetación o ecosistemas terrestres zonales, con una superficie de 623.338 km^2 También se incluye una categoría de áreas sin vegetación, las que en su mayoría se refieren a áreas de rocas, nieves o hielos (**Ver Figura 4.2**). La lista completa de ecosistemas terrestres definidos para Chile continental, agrupados en formaciones vegetales y con sus respectivas superficies remanentes (km^2) se presenta en el **Anexo 4.1**. Una descripción detallada y documentada de cada una de estas 125 unidades se encuentra en Luebert & Pliscoff (2017)[68].

[65] Leuschner (2013) Vegetation and ecosystems. En: Vegetation ecology, second edition (van der Maarel & Franklin, Eds.), pp. 285-307. Blackwell Science, Oxford, UK.
[66] Luebert & Pliscoff (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Primera edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
[67] El concepto de piso de vegetación se define como "espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisionomía uniforme, situadas bajo condiciones mesoclimáticamente homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio-temporal específica" (Luebert & Pliscoff, 2008).
[68] Luebert & Pliscoff (2017) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Figura 4.2. Ecorregiones terrestres (Luebert & Pliscoff, 2017).



Fuente: Mapa extraído de IEMA (2020) Elaboración hecha en base a datos de Luebert & Pliscoff (2017).

Una propuesta alternativa de clasificación es la realizada recientemente por Martinez-Tilleria et al. (2017)[69] para Chile terrestre continental. Esta clasificación combina el uso de la tierra, los rasgos funcionales de las especies de plantas dominantes y los factores climáticos, para identificar los ecosistemas terrestres chilenos. A través de esta metodología se identificaron 25 ecosistemas terrestres naturales y 5 de origen antropogénico, desde estepa altoandina pasando por

[69] Martinez-Tilleria et al. (2017) A framework for the classification Chilean terrestrial ecosystems as a tool for achieving global conservation targets. Biodiversity and Conservation 26: 2857–2876.

dunas, ambientes urbanos, complejos industriales mineros, hasta plantaciones de pinos y bosques subantárticos (**Ver Cuadro 4.4**). Los autores proporcionan también una representación cartográfica de los ecosistemas para fines de planificación territorial y una evaluación general de su estado de conservación. Entre los aspectos positivos de esta forma de clasificación se cuenta la integración de información geográfica, de vegetación, combinada con criterios funcionales como tipo de cobertura de suelo, tipo de uso de suelo, saturación de agua del suelo, entre otros.

Utilizando la clasificación hecha por Martinez-Tilleria et al. (2017) se evaluó la representación de estos 30 ecosistemas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile (SNASPE) y en las Áreas Protegidas Privadas (APP), identificando 15 ecosistemas sub-representados en el SNASPE (es decir, no alcanzando el objetivo del 17% comprometido por Chile ante la Convención de Diversidad Biológica), mientras que al incluir las APP sólo 11 se encontraban sub-representadas (**Ver Cuadro 4.4**). Además, los resultados de esta clasificación muestran que dos de los tres diferentes ecosistemas de estepa no están cubiertos por el SNASPE; sin embargo, cuando se agregan las APP, estos tres ecosistemas alcanzan la meta del 17%. Los ecosistemas dominados por las suculentas están también muy poco representados tanto en áreas del SNASPE como en áreas privadas, lo que entonces requiere acciones de conservación urgentes. Lo mismo ocurre con los ecosistemas dominados por matorrales y bosques ubicados en el centro de Chile, con una cobertura extremadamente baja de protección (3%). Con la excepción de los bosques esclerófilos y los bosques deciduos de invierno del centro de Chile, la mayoría de los ecosistemas forestales están bien representados en el SNASPE. Los ecosistemas de condiciones extremas (alta/baja temperatura), como las salinas, los ecosistemas de dunas de arena y los desiertos tienen algo de protección, de igual manera que el desierto absoluto en Chile, el cual a pesar de su gran extensión cuenta con solo 2,1% bajo protección.

Cuadro 4.4. Clasificación de los ecosistemas terrestres de Chile, según Martínez-Tilleria et al. (2017).

Ecosistemas	Cobertura en Chile	Cobertura protegida en SNASPE		Cobertura protegida en SNASPE+APP	
	km²	km²	%	km²	%
Estepa altoandina	21.062	4.165	19,8	4.168	19,8
Estepa andina central de Chile *	3.986	357	8,9	381	9,5
Estepa patagónica *	19.921	958	4,8	1.372	6,9
Ecosistemas dominados por suculentas *	1.810	70	3,9	70	3,9
Matorral de hoja perenne con hojas micrófilas *	88.927	3.246	3,7	5.324	6,0
Matorral de hoja perenne con hojas macrófilas *	10.205	157	1,5	398	3,9
Matorral de sequía-caducifolio *	21.376	310	1,5	501	2,3
Ecosistema de bosque esclerófilo de hoja ancha *	12.826	147	1,1	265	2,1
Ecosistema de bosques templados cálidos y templados **	23.601	2.740	11,6	4.059	17,2
Ecosistema de bosques fríos-templados de hoja ancha	39.343	14.837	37,7	1.701	43,2
Ecosistema de bosques subantárticos de hoja ancha	24.749	8.806	35,6	10.052	40,6
Ecosistemas forestales dominados por coníferas	3.424	1.550	45,3	1.732	50,6
Ecosistema desértico de bosques caducifolios del desierto	1.180	250	21,2	250	21,2
Ecosistema de bosques templados y templados de invierno *	17.872	541	3,0	871	4,9
Ecosistema de bosque frío-templado de invierno caducifolio **	33.033	5.521	16,7	7.637	23,1
Ecosistema salino *	8.363	617	7,4	678	8,1
Ecosistemas de dunas de arena *	1.942	47	2,4	58	3,0
Ecosistemas sobre flujos de lava rocas volcánicas y cenizas	1.475	521	35,3	530	35,9
Ecosistema desértico de baja elevación *	12.733	–	0,0	503	4,0
Ecosistemas del desierto andino por encima de la línea de árboles*	42.467	2.720	6,4	3.381	8,0
Desierto absoluto *	139.555	2.963	2,1	2.972	2,1
Glaciares	26.889	18.118	67,4	19.382	72,1
Ecosistemas telmáticos	45.162	29.117	64,5	29.517	65,4
Ecosistemas acuáticos	9.043	2.155	23,8	2.262	25,0
Ecosistemas dominados por especies invasoras ***	1.052	–	–	–	–
Ecosistemas urbanos ***	2.036	–	–	–	–
Complejos industriales-mineros ***	163	–	–	–	–
Ecosistemas agropastorales de uso intensivo ***	52.837	–	–	–	–
Plantaciones de coníferas ***	21.401	–	–	–	–
Plantaciones de hoja ancha ***	4.212	–	–	–	–

Fuente: Elaboración propia en base a Martinez-Tilleria et al. (2017).
SNASPE: Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado; APP: Áreas Protegidas Privadas
* El ecosistema no cumple el objetivo de protección del 17% dentro del SNASPE.
** El ecosistema cumple con el objetivo de protección del 17% después de agregar las APP.
*** Ecosistemas antropogénicos.

Tanto la clasificación propuesta por Luebert & Pliscoff (2006) como la de Martínez-Tilleria et al. (2017) se enfocan sólo sobre los ecosistemas terrestres continentales de Chile sin incluir los territorios insulares, los cuales poseen una vegetación particular y de gran relevancia biogeográfica. En Islas Desventuradas, integradas por San Félix y San Ambrosio, existe un matorral caracterizado por la presencia de la compuesta arbórea *Thamnoseris lacerata*, que se distribuye por

todos los sectores de las dos islas, presentando un mayor desarrollo en la isla de San Ambrosio. El segundo tipo de vegetación es un pastizal de gramíneas compuesto por un alto número de especies exóticas, relacionado directamente con las áreas de presencia humana. La Isla de Pascua, por su parte, presenta una vegetación dominada completamente por pastizales, salvo en los cráteres de los volcanes, donde el mayor desarrollo del suelo y la humedad permiten la presencia de algunas especies arbóreas. La diversidad de especies en la isla es baja, presentándose solo un pequeño número de helechos y gramíneas endémicos. En el Archipiélago de Juan Fernández, conformado por las islas Robinson Crusoe, Alejandro Selkirk y el islote Santa Clara, se presenta una de las vegetaciones más particulares y atractivas del territorio nacional, presentando gran presencia de endemismos. Aquí se encuentran unidades vegetacionales compuestas por pastizal nativo y bosque siempreverde[70].

Otro tipo de ecosistemas son los acuáticos continentales, los cuales cumplen funciones fundamentales para la existencia de la vida y el desarrollo de la biodiversidad. Internacionalmente estos abarcan los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales y salinas, todos ellos también englobados bajo el nombre de "humedales" (Clasificación de la Convención Ramsar). En Chile, los más frecuentes son los bofedales, turberas, vegas, estuarios, salares, marismas, llanuras de inundación, pantanos, lagos, lagunas y ríos. Algunos de estos ecosistemas acuáticos destacan por su singularidad, como los complejos de humedales altoandinos, que presentan una biología única, organismos extremófilos y peces nativos del género *Orestias*, con seis especies endémicas y cuyo hábitat se encuentra exclusivamente en algunas lagunas y esteros de cuencas endorreicas del altiplano chileno (entre los 3.000 a los 4.500 msnm.). Otros sistemas especiales son los humedales costeros, que sostienen economías locales como la pesca artesanal, distribuidos a lo largo de la costa chilena.

En general, la información sobre biodiversidad de los ecosistemas acuáticos en Chile es dispersa, no sistemática, y con una notable diferencia en los esfuerzos de investigación y caracterización realizados en las distintas regiones. Catastros realizados por Castro et al. (1993, 2003), registraron la presencia de 435 humedales ubicados sobre una altitud de 3.000 msnm., entre los 17° y 26° de

[70] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2018b).

latitud sur[71]. En 1999, CONAMA y CONAF desarrollaron un catastro que abarca alrededor de 4,5 millones de hectáreas de humedales del país, 6% del territorio nacional, evaluando su vínculo con el SNASPE[72]. El Ministerio de Obras Públicas (a través de la DGA), por su parte, ha cartografiado los acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, y Atacama. En 2006 CONAMA-CEA[73] propusieron una nueva clasificación y desarrollaron un catastro de humedales en base a ecotipos, a partir de la asociación de variables abióticas correlacionadas con la estructura y funcionamiento de "familias" de humedales (**Ver Cuadro 4.5**).

Cuadro 4.5. Clasificación funcional de ecosistemas dulceacuícolas basada en ecotipos con sus respectivos nombres comunes (CONAMA-CEA, 2006).

Variedad de ecotipos	**Clase de ecotipos**	**Nombre común en Chile**	**Áreas donde se expresan los tipos de humedales en Chile**
Humedal costero	Intrusión salina	Lagos costeros lagunas costeras, marismas, estuarios y deltas	Lago Budi, Sitio Ramsar Laguna Conchalí, Laguna Cahuil, Sitio Ramsar El Yali, Humedal Tubul-Raqui, Estuario del río Queule, intermareal de Putemún
Humedal continental	Evaporación	Salares, bofedales, "puquios"	Salar de Atacama, Sitio Ramsar Surire, Sitio Ramsar sistema hidrológico Soncor, Salar de Huasco, Sitio Ramsar Lagunas Negro Francisco y Santa Rosa, entre otros
	Infiltración	Hualves, pitrantos, ñadis, charcos, pantanos de aguas dulces	Humedales en depresión central de las Regiones VII-IX y sectores de Chiloé. Zona costera de la Araucanía entre Queule y Toltén
	Infiltración saturado	Mallines, turberas, pomponales	Parque Karukinka (Tierra del Fuego), Parque Nacional Torres del Paine, Parque Nacional Chiloé, Parque Tantauco
	Escorrentía	Ríos, lagos, esteros, arroyos	Río Lluta, Lago Chungará, ríos y esteros en el Sitio Ramsar Parque Andino Juncal, estero Tongoy, Lago Lleu-Lleu
Afloramientos subterráneos	Praderas andinas, ciénagas, vegas	Sitio Ramsar Laguna Santa Rosa y Negro Francisco, Parinacota, Jachucoposa, Ciénagas de Name	

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Humedales de Chile en sitio web del Ministerio del Medio Ambiente: https://humedaleschile.mma.gob.cl/ecosistemas/humedales/

Posteriormente, en 2011, el MMA y CEA realizaron un Catastro Nacional de Humedales[74] donde se plantea una categorización de los cuerpos de agua, distinguiéndose **ríos, lagos y humedales** como unidades ecológicas de análisis,

[71] Citado en: Ministerio del Medio Ambiente MMA–Centro de Ecología Aplicada CEA (2011) Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Santiago, Chile. 164 pp.
[72] CONAMA-CONAF-BIRF (1999) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile: Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile.
[73] CONAMA-Centro de Ecología Aplicada (2006) Protección y manejo sustentable de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica.
[74] Ministerio del Medio Ambiente MMA–Centro de Ecología Aplicada CEA (2011).

para apoyar los mecanismos e instrumentos de gestión territorial del Estado. Los resultados de este catastro evidenciaron que el país cuenta con un total de 14.604 km^2 de superficie de humedales dentro del territorio nacional[75] (**Ver Cuadro 4.6**). Hasta ahora los resultados muestran un bajo grado de representación de los ecosistemas acuáticos en el SNASPE a escala regional y nacional, ya que sólo 0,5% de los humedales del país se encontraría en áreas de protección oficial y equivalen a 2,7% de las áreas protegidas[76]. Los ecosistemas extremófilos altoandinos, así como los de agua subterránea, son ecosistemas dulceacuícolas que no han sido considerados dentro de las clasificaciones descritas y para los cuales poca información existe sobre su estado de conservación.

Cuadro 4.6. Ubicación y superficie de lagos, ríos y humedales de Chile.

Región	Lagos (km^2)	Ríos (km^2)	Humedales (km^2)	Total en km^2
Arica y Parinacota	56	34	196	286
Tarapacá	12	14	111	137
Antofagasta	167	76	166	409
Atacama	87	12	78	177
Coquimbo	9	10	140	159
Valparaíso	15	27	24	66
Metropolitana	22	61	49	132
O'Higgins	6	4	101	111
Maule	115	171	138	424
Biobío	176	282	64	522
Los Ríos	1050	230	13	1293
Araucanía	561	176	82	819
Isla Grande de Chiloé	130	49	116	295
Los Lagos	178	232	2036	2446
Aysén	4000	329	113	4442
Magallanes y Antártica Chilena	2700	180	6	2886
Total	**9.284**	**1.887**	**3.433**	**14.604**

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Estas cifras no contemplan los humedales de las islas oceánicas, las turberas, ni los mallines de la zona sur austral (regiones de Aysén y Magallanes).

Chile posee una línea de costa estimada en 83.850 km, considerando el perímetro de todos sus territorios insulares del sur y oceánicos. La superficie total de sus 200 millas marinas, o Zona Económica Exclusiva (ZEE), es de 3.409.122 km^2

[75] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2014b).
[76] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016b). Informe del Estado del Medio Ambiente.

aproximadamente, alojando intereses de conservación y aprovechamiento de recursos naturales en los mares antárticos.

Desde un punto de vista oceanográfico, cuatro ecosistemas marinos han sido descritos[77]: (1) Ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur, (2) Ecosistema del Margen Oriental del Pacífico Sureste, (3) Ecosistema Subantártico y (4) Ecosistema Antártico. A la altura del ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur es posible encontrar dos tipos de ecosistemas: el pelágico y el insular, mientras que en el Margen Oriental del Pacífico Sureste encontramos los ecosistemas de surgencias y los de bahías. Dentro del Ecosistema Subantártico es posible distinguir tres ecosistemas principales: oceánicos, de mares Interiores y estuarinos. Adicionalmente, y tomando en cuenta la topografía la cuenca oceánica y la dinámica de las corrientes marinas, otros dos tipos de ecosistemas han sido considerados en los últimos años: (5) Ecosistemas de montes submarinos y (6) Ecosistemas de profundidades (**Ver Cuadro 4.7**).

Cuadro 4.7. Ecosistemas marinos de Chile desde el punto de vista oceanográfico y biológico.

Ecosistema
Ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur - Pelágico - Insular
Ecosistema de Margen Oriental del Pacífico Sureste - de surgencias - de bahías
Ecosistema Subantártico - oceánicos - de los mares interiores - estuarinos
Ecosistema Antártico
Ecosistemas de montes submarinos
Ecosistemas de profundidades

Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída del capítulo "Ecosistemas Marinos" en Ministerio del Medio Ambiente (2018b).

Desde un punto de vista más focalizado en la gestión pública, el MMA desarrolló entre 2015 y 2016 un sistema de clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva con el fin de contar con un inventario de ecosistemas marinos en Chile para la planificación de su conservación y protección[78]. Esta propuesta integra distintas clasificaciones existentes y propuestas surgidas de la discusión de esa integración con especialistas, oceanógrafos y ecólogos marinos a través de siete talleres realizados a lo largo del país durante el año 2015. Esta

[77] Ahumada et al. (2000) y Bernal & Ahumada (1985), citados en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2018b).
[78] Rovira & Herreros (2016) Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Departamento de Panificación y Políticas en Biodiversidad, División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

clasificación arrojó un total de 14 ecorregiones y 96 ecosistemas marinos que van desde Arica hasta Cabo de Hornos, incluyendo las islas oceánicas, definidos y distinguidos de acuerdo a criterios de profundidad, sustrato del fondo, existencia de áreas singulares como las zonas de surgencia, montes submarinos, entre otros. Estos ecosistemas incluyen sectores como Zona de Surgencia Norte Grande; Litoral Los Molles; Litoral Duro Chile Central; Mesobentónico Centro Sur; Fiordo de Chiloé Continental; Senos del Golfo de Pena; Beagle Ballenero-Magallanes; Montes Submarinos de Islas Desventuradas; Abisal Archipiélago de Juan Fernández; Litoral Isla de Pascua y Montes Submarinos Pacífico Austral Oceánico, entre otros. La lista completa de esta propuesta de clasificación se encuentra en el **Anexo 4.2**[79].

Si bien tenemos claridad de que las funciones de los ecosistemas y los procesos ecológicos que en estos ocurren son el soporte tanto de la biodiversidad como del bienestar humano, todas las clasificaciones mencionadas, tanto a nivel local como global, continúan dependiendo en gran medida de las métricas de las especies o de indicadores simplistas de cobertura que transmiten información limitada sobre los ecosistemas mismos. Esto limita nuestra capacidad para diagnosticar tendencias y para diseñar y encontrar soluciones políticas y de gestión para frenar y revertir la disminución actual de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas. Con el objetivo de cerrar esta brecha, recientemente la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)[80] publicó una nueva propuesta de clasificación basada en las funciones de los ecosistemas, que acepta la naturaleza dinámica de los ecosistemas y su dependencia de los procesos ecológicos[81]. Este marco novedoso coloca todos los ecosistemas de la Tierra en un contexto teórico unificador para guiar la transformación de la política y gestión de ecosistemas a escalas locales a globales.

Esta nueva "Tipología de Ecosistemas Global" de la UICN comprende tres niveles jerárquicos principales: En el primero se consignan 4 reinos centrales: terrestre, aguas dulces, marino y subterráneo, más 6 reinos de transición entre estos: marino-terrestre, subterráneo-aguas dulces, aguas dulces-marino, marino-aguas dulces-terrestre, subterráneo-marino y terrestre-aguas dulces. En el segundo nivel hay 25 biomas funcionales, definidos por tener uno o más procesos de ensamblaje que soportan funciones clave del ecosistema y procesos ecológicos. El

[79] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016a) Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva.
[80] También denominado International Union for the Conservation of Nature IUCN.
[81] Keith et al. (2022) A function-based typology for Earth's ecosystems. Nature 610: 513–518.

tercer nivel define 110 grupos funcionales de ecosistemas (EFG por sus siglas en inglés), que son unidades clave para realizar generalizaciones y predicciones sobre funciones, biota, riesgos y gestión de soluciones (Para detalles sobre las definiciones de los diferentes niveles jerárquicos, ver **Anexo 4.3)**. Notablemente, en Chile se encuentran 88 de estos 110 grupos funcionales de ecosistemas, siendo 73 de ellos ecosistemas de ríos, humedales y mares[82].

4.1.2. Estado de conservación de la biodiversidad

La pérdida de diversidad biológica se traduce en una disminución de la variabilidad genética, pérdida de especies, disrupción de ecosistemas, dificultades de adaptación a cambios climáticos y reducción de servicios ecosistémicos. Por ello, la diversidad biológica, entendida como el patrimonio ambiental de cada país, es un bien que debemos resguardar. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por proteger la Tierra, la biodiversidad se está deteriorando en todo el planeta como resultado de las actividades humanas. Muchas de las actividades que hoy resultan fundamentales para la existencia de las personas (agricultura, transporte y energía), están impulsando directamente la destrucción de la naturaleza y contribuyendo al cambio climático mediante la liberación de las reservas de carbono secuestradas en el suelo y en la vegetación del planeta (**Ver Sección 4.3**). La pérdida, degradación y conversión de los paisajes está teniendo un impacto catastrófico en las plantas, animales, hongos y microorganismos con los que compartimos este mundo. Son ya más de un millón de especies las que están en peligro de extinción y se prevé que esta degradación empeore si no se toman medidas urgentes y precisas[83].

Es bajo esta premisa que en la última Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (COP15), finalizada en Montreal (Canadá) en diciembre del 2022, se logró un acuerdo histórico para orientar las acciones mundiales en favor de la naturaleza de aquí a 2030. Las delegaciones de 196 Estados se alinearon en torno a una meta que ayudará a proteger la naturaleza de la grave crisis de pérdida de especies y ecosistemas que enfrenta. El compromiso de proteger al menos el 30% de los ecosistemas terrestres, de aguas continentales, costeros y marinos para 2030 (30 x 30) fue uno de los logros más importantes de este

[82] "Nature" saca cuentas: Chile alberga 88 de los 110 ecosistemas del planeta. LUN, 27 de noviembre de 2022, p. 6.

[83] https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-cop15-finaliza-con-un-acuerdo-historico-por-la-biodiversidad

acuerdo entre naciones, conocido como el Marco Global de Biodiversidad Post-2020[84].

En el documento resultante –que detalla el plan de acción- se estableció que los países deben: reducir a casi cero la pérdida de áreas de gran importancia para la biodiversidad; reducir el exceso de nutrientes, pesticidas y productos químicos altamente peligrosos; eliminar de forma progresiva o reformar los subsidios que dañan la naturaleza; aumentar los incentivos positivos para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad; movilizar al menos US$200 mil millones por año en financiamiento relacionado con la biodiversidad; aumentar los flujos financieros internacionales de los países desarrollados a los países en desarrollo; prevenir la introducción de especies exóticas invasoras; y reducir al menos a la mitad el establecimiento de especies exóticas invasoras ya conocidas. Para cumplir con el acuerdo, los países deberán implementar una gobernanza adecuada en las áreas protegidas que incluya monitoreo y planes de manejo, entre otras políticas. En el caso de Chile, este punto se lograría con la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (**Ver Secciones 4.3 y 4.4**).

4.1.2.1. Estado de conservación a nivel de especies

Diversos esfuerzos han sido hechos en Chile para clasificar el estado de conservación de la biodiversidad. En 2005, la entonces Comisión Nacional de Medio Ambiente, hoy Ministerio del Medio Ambiente, publicó a través de la Secretaría General de la Presidencia un reglamento que unificaría las listas anteriores (e.g. el Reglamento de la Ley de Caza, los Libros Rojos de CONAF, el Boletín 47 del Museo de Historia Natural y otras listas realizadas por científicos). Este reglamento fue sustituido en 2011 por el Decreto Supremo Nº29 de 2011 (vigente actualmente), que incorpora nuevos grupos taxonómicos susceptibles de ser catalogados y adapta las categorías de clasificación a aquellas propuestas por UICN, ampliamente reconocidas a nivel internacional para evaluar el estado de conservación de las especies. Asimismo, también determinó que hasta que las especies estén catalogadas en este nuevo sistema, sus categorías en las listas anteriores seguirían vigentes. Hasta diciembre del 2021 se habían completado 17 procesos de clasificación estipulados en el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE, **Cuadro 4.8**). Actualmente, el proceso N°18 está en consulta pública para recibir observaciones a la clasificación preliminar de especies y el proceso N°19 ha dado inicio con el llamado a sugerir especies para su clasificación.

[84] https://ioc.unesco.org/news/biodiversity-cop15-hails-ambitious-new-global-policy-framework-preserving-ocean-life

Cuadro 4.8. Número de especies clasificadas en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación (RCE), desde 2005 hasta 2022.

Proceso	Decreto	Diario Oficial	N° de especies
1	DS N°151/2006	24 marzo 2007	33
2	DS N°50/2008	30 junio 2008	71
3	DS N°51/2008	30 junio 2008	61
4	DS N°23/2009	07 mayo 2009	133
5	DS N°33/2011	27 febrero 2012	112
6	DS N°41/2011	11 abril 2012	73
7	DS N°42/2011	11 abril 2012	111
8	DS N°19/2012	11 febrero 2013	96
9	DS N°13/2013	25 julio 2013	110
10	DS N°52/2014	29 agosto 2014	103
11	DS N°38/2015	04 diciembre 2015	100
12	DS N°16/2016	30 septiembre 2016	89
13	DS N°6/2017	02 junio 2017	121
14	DS N°79/2018	19 diciembre 2018	55
15	DS N°23/2019	10 julio 2020	93
16	DS N°16/2020	27 octubre 2020	100
17	DS N°44/2021	30 diciembre 2021	100
18	En consulta pública: Observaciones a la clasificación preliminar de especies	2022	74
19	Llamado a sugerir especies para clasificar	2023	n/a

Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida desde el sitio web de clasificación de especies del MMA. https://clasificacionespecies.mma.gob.cl

Al 2021 (17° proceso de la RCE), existían 1.433 especies clasificadas según su estado de conservación. Aunque dicha cifra corresponde a un bajo porcentaje del total de especies descritas para Chile (alrededor del 4%), este esfuerzo contribuye a disminuir el riesgo de extinción y a priorizar los recursos y acciones destinadas a la protección. Del total de especies clasificadas y validadas por la RCE, 621 corresponden a plantas, 685 a animales y 127 a hongos. Las especies oficialmente amenazadas en el país ascienden a 882, es decir que el 62% de las especies ya clasificadas se encuentran En Peligro Crítico, En Peligro, o son Vulnerables (**Ver Cuadro 4.9**). Entre las plantas clasificadas, el 73% ha sido categorizada como amenazada, mientras que 58 y 27% de las especies de animales y hongos, respectivamente, están dentro de esta categoría. Las categorías de conservación más amenazadas son las de los onicóforos (gusanos aterciopelados) y anélidos (gusanos cilíndricos segmentados) (100% cada uno), seguida por los moluscos (96%), árboles (91%), peces de aguas continentales (83%), arbustos (79%), arácnidos (74%) y anfibios (71%). Sin embargo, estos porcentajes hay que considerarlos con cautela, sobre todo para aquellos grupos como los onicófores y anélidos para los cuales solo una especie ha sido clasificada. Además, es

importante tener en mente que para todos los grupos intencionadamente se han clasificado aquellas especies que se sospecha están en mayor riesgo de extinción.

Cuadro 4.9. Total de especies clasificadas según estado de conservación, por categoría de conservación*.

Categoría de Conservación	N°EE	EX	EW	CR	EN	VU	Total amenazadas (CR, EN, VU) y su %	NT	LC	DD
Plantas										
Árboles	46	0	0	4	20	18	**42 (91%)**	3	1	0
Arbustos	165	6	1	22	70	39	**131(79%)**	12	15	0
Herbáceas	302	8	0	53	85	70	**208 (69%)**	34	41	11
Suculentas	108	1	0	4	35	32	**71 (66%)**	20	16	0
Animales										
Moluscos	54	0	0	21	30	1	**52 (96%)**	0	1	1
Crustáceos	25	0	0	2	7	5	**14 (56%)**	1	10	0
Insectos	99	1	0	13	33	20	**66 (67%)**	7	20	5
Arácnidos	23	1	0	8	6	3	**17 (74%)**	2	1	2
Corales y medusas	5	0	0	1	1	1	**3 (60%)**	1	0	1
Onicóforos	1	0	0	0	1	0	**1 (100%)**	0	0	0
Anélidos	1	0	0	0	1	0	**1 (100%)**	0	0	0
Peces	48	0	0	3	23	14	**40 (83%)**	2	5	1
Anfibios	62	0	0	10	23	11	**44 (71%)**	7	7	4
Reptiles	134	0	0	10	28	29	**67 (50%)**	21	34	12
Aves	116	0	0	6	26	26	**58 (50%)**	25	31	2
Mamíferos	117	1	0	4	10	19	**33 (28%)**	12	44	27
Hongos										
Ascomycota	91	0	0	3	12	4	**19 (21%)**	3	54	15
Basidiomycota	36	0	0	1	6	8	**15 (42%)**	7	13	1
Subtotal plantas	**621**	**15**	**1**	**83**	**210**	**159**	**452 (73%)**	**69**	**73**	**11**
Subtotal animales	**685**	**3**	**0**	**78**	**189**	**129**	**396 (58%)**	**78**	**153**	**55**
Subtotal hongos	**127**	**0**	**0**	**4**	**18**	**12**	**34 (27%)**	**10**	**67**	**16**
Total	**1.433**	**18**	**1**	**165**	**417**	**300**	**882 (62%)**	**157**	**293**	**82**

Fuente: Elaboración propia a partir de Listado de Especies Clasificadas desde el 1° al 17° Proceso de Clasificación RCE (actualizado a mayo de 2022). https://clasificacionespecies.mma.gob.cl Para explicaciones de cada categoría de conservación ver **Anexo 4.4**. Abreviaciones utilizadas: N° EE: Número de especies evaluadas; EX: Extintas; EW: Extintas en estado silvestre; CR: En peligro crítico; EN: En peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi amenazadas; LC: Preocupación menor; DD: Datos deficientes. Total amenazadas: CR + EN + VU.

Solamente para grupos taxonómicos donde todas, o la mayoría de las especies han sido evaluadas, es posible asegurar que el resultado sea un buen indicador del estado de conservación general del grupo. Tal es el caso de reptiles, anfibios, pteridofitas y mamíferos, para los cuales 99,3; 96,9; 83,1 y 72,2 % de las especies descritas para el país han sido clasificadas. Las especies de aves, gimnospermas y magnoliophyta han sido medianamente representadas en el RCE (24, 33 y 11%), mientras que el resto de los grupos han sido pobremente representados (**Ver Cuadro 4.10**). En el caso particular de los peces, aunque solo 48 de las 1373 especies descritas para Chile han sido clasificadas, casi la totalidad de ellas

corresponde a peces de aguas continentales, lo que significa un buen grado de representación para este último grupo. Sin embargo, para aquellos grupos que han sido poco evaluados, como los moluscos, crustáceos u otros invertebrados, no se puede asumir que los altos niveles de amenaza encontrados puedan ser generalizados. De todas maneras, estos resultados son relevantes y dan cuenta de la necesidad de avanzar en la clasificación de las especies ya descritas, para las cuales no tenemos información sobre sus estados de conservación.

Cabe destacar un incremento de 24% en el número de especies clasificadas entre el Informe País anterior (2019, RCE N°14) y el de este año (2022, RCE N°17), dónde los grupos con un mayor porcentaje de aumento en el número de especies clasificadas son los hongos (189%), aves (84%) y reptiles (60%). También aparecen por primera vez en el listado los anélidos y onicóforos, aunque con una sola especie representante para cada grupo.

Cuadro 4.10. Especies descritas versus especies clasificadas al año 2019 y al 2022.

Grupo biológico	Total descritas	2019		2022	
		Total clasificadas	%	Total clasificadas	%
Microalgas	863	0	0,0	0	0,0
Macroalgas	534	0	0,0	0	0,0
Plantas no vasculares	1.497	1	0,1	1	0,1
Pteridófitas	160	130	81	133	83,1
Gimnospermas	15	5	33,3	5	33,3
Magnoliophyta	4.480	456	10,2	482	10,8
Hongos	3.300	44	1,3	127	3,8
Líquenes	1.385	0	0,0	0	0,0
Artrópodos Hexápodos	12.443	76	0,6	99	0,8
Artrópodos Quelicerados	1.405	5	0,4	23	1,6
Artrópodos Crustáceos	2.551	25	1,0	25	1,0
Moluscos	1.194	48	4,0	54	4,5
Otros invertebrados*	4.126	5	0,1	7	0,2
Peces	1.373	46	3,4	48	3,5
Anfibios	60	62	103,3	62	103,3
Reptiles	135	102	75,6	134	99,3
Aves	480	86	17,9	116	24,2
Mamíferos	162	119	73,5	117	72,2
Total	36.163	1210	3,3	1433	4,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cuadro 4.2 y de información extraída desde la lista de especies de Chile según Estado de Conservación del MMA (actualizado a mayo de 2022. Incluye hasta 17° proceso RCE). http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies

*Este valor incluye a anélidos y artrópodos miriápodos.

4.1.2.2. Estado de conservación a nivel de ecosistemas

Una forma de definir la pérdida o degradación de ecosistemas terrestres y establecer categorías de riesgo a través de una evaluación de umbrales cualitativos y cuantitativos, es la aplicación de las listas rojas de ecosistemas desarrolladas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta metodología fue aplicada a la clasificación de ecosistemas de Luebert & Pliscoff (2017) y analizada por los mismos autores, aplicando los criterios de la UICN a aquellos pisos vegetacionales para los que se contaba con información a escala nacional. Los criterios de la Lista Roja de Ecosistemas se enfocan en cinco síntomas ecológicos (desde A hasta E) que permiten estimar el riesgo de que un ecosistema tipo pierda las características que lo definen[85]. A y B se vinculan a la distribución espacial del ecosistema donde el primero se refiere a la disminución en curso de la distribución y el segundo a distribución restringida, la cual predispone al sistema a encontrarse bajo amenazas espacialmente explícitas. El criterio C permite evaluar la degradación del ambiente abiótico, mientras que el D evalúa la interacción de procesos e interacciones bióticas, las que pueden resultar en la pérdida de mutualismos, diversidad del nicho biótico, o la exclusión de biota constituyente. Finalmente, el criterio E, consiste en un modelo de estimaciones probabilísticas del riesgo de colapso.

Mediante la evaluación de estos cinco criterios se obtienen distintas categorías de conservación de ecosistemas, las cuales corresponden básicamente a las mismas de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, ello para mantener un carácter genérico de evaluación. Comprende, por un lado, las siguientes categorías cuantitativas de riesgo: (i) En Peligro Crítico (CR); ii) En Peligro (EN) y iii) Vulnerable (VU), y por otro lado, categorías cualitativas personalizadas para los ecosistemas: iv) ecosistemas que casi no cumplen con los criterios cuantitativos para las tres categorías de amenaza, reciben la categoría de Casi Amenazado (NT); v) ecosistemas que sin lugar a duda no cumplen con ninguno de los criterios cuantitativos, los cuales reciben la categoría Preocupación Menor (LC); vi) ecosistemas para los cuales no se cuenta con datos suficientes para aplicar cualquier criterio, los que tienen la categoría Datos Insuficientes (DD); y vii) ecosistemas que no han sido evaluados, por lo que reciben la categoría No Evaluado (NE). Por último, aparece la categoría de ecosistema Colapsado (CO), equivalente a la categoría de especie extinta (EX).

[85] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2020). Informe del Estado del Medio Ambiente.

A partir de este análisis se obtuvo que a nivel nacional 12 pisos vegetacionales se encuentran En Peligro Crítico (CR), 2 En Peligro (EN), 5 son Vulnerables (VU) y 106 en Preocupación Menor (LC). Esto significa, que de un total de 125 pisos de vegetación, 19 se encuentran amenazados (clasificados como En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerables), los que equivalen al 15,2% del total de los ecosistemas existentes en el país. Del informe se observa que las categorías de amenaza (CR, EN o VU), se concentran principalmente en la zona central de Chile, con las categorías de mayor grado de amenaza (CR) entre las Regiones de O'Higgins y Los Lagos, seguida por la categoría EN entre las Regiones de O'Higgins y Los Ríos, mientras que las Regiones del país con ecosistemas vulnerables se concentran entre Valparaíso y Ñuble (**Ver Figura 4.3**). Esta mayor amenaza que afecta a los ecosistemas de la zona central de Chile se manifiesta a través de la pérdida, degradación y fragmentación de estos ecosistemas, y se explica por impactos tanto antrópicos como naturales experimentados por estos ecosistemas, siendo el cambio de uso del suelo el principal factor antrópico que ha ocasionado cambios en los ecosistemas terrestres naturales de nuestro país (**Ver Sección 4.2.1**).

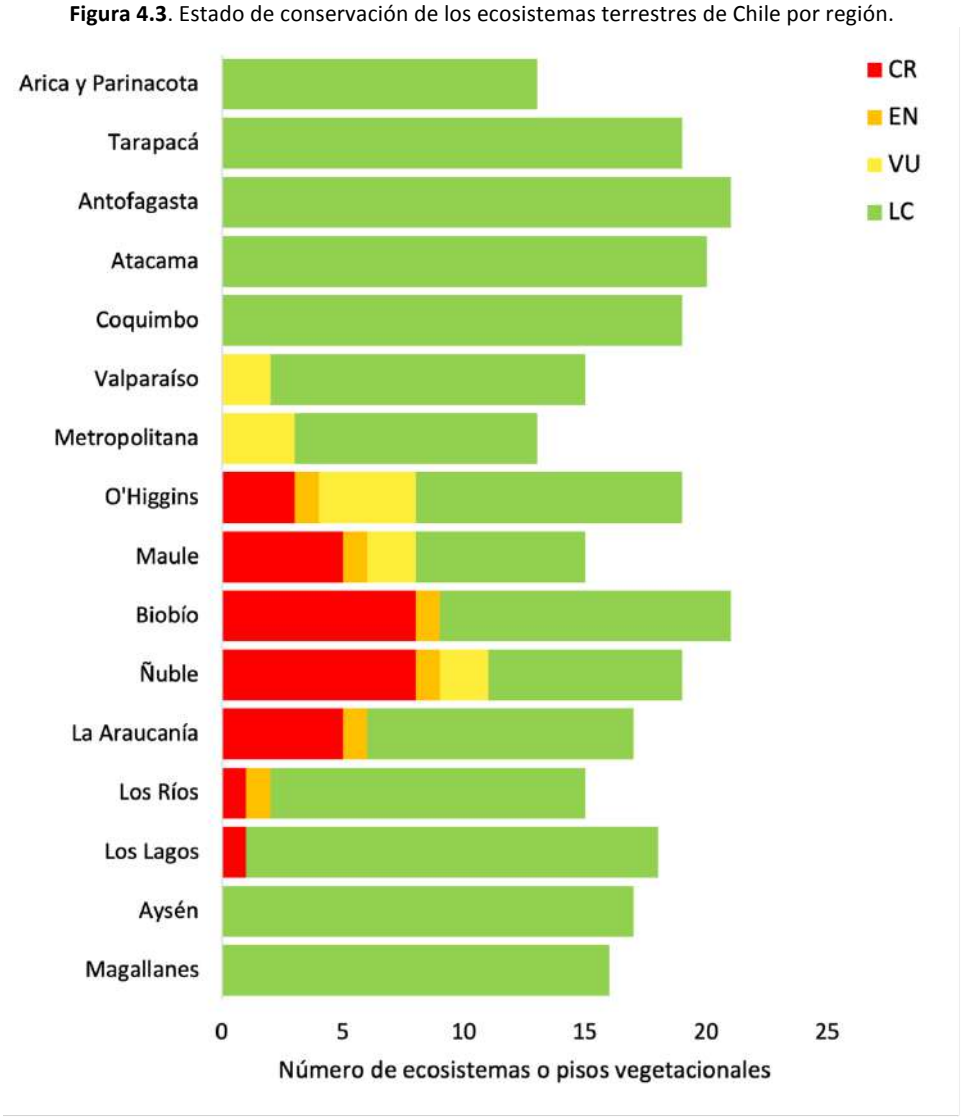
Los resultados de este ejercicio concuerdan con los análisis regionales y locales que se han efectuado a la fecha. La zona geográfica donde se concentran los ecosistemas terrestres que han sufrido una mayor pérdida de superficie natural en términos históricos como recientes[86], coincide con el área que ha presentado la mayor dinámica de la cobertura natural y antrópica, siendo esta la zona de Chile central ubicada entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos[87] (**Ver Figura 4.3)**. Así también, dentro de esta área los ecosistemas más amenazados son los que se relacionan con la dinámica asociada al sector forestal, en los que se ha transformado fuertemente el paisaje del sector costero entre la Región de O'Higgins y la Región de la Araucanía[88]. En relación con los criterios de funcionalidad, el único criterio evaluado en el estudio se abordó desde la perspectiva de los efectos del cambio climático sobre la biota nativa. Respecto a este análisis, los resultados obtenidos presentan concordancia con las evaluaciones globales y nacionales para Chile, identificando a la zona central del país como el área más afectada por la disminución de las precipitaciones a mediano plazo[89].

[86] Aguayo et al. (2009) y Armesto et al. (2010), citados en Pliscoff (2015).
[87] Schulz et al. (2010) y Hernández et al. (2015), citados en Pliscoff (2015).
[88] Echeverría et al. (2006); Echeverría et al. (2008); Altamirano & Lara (2010); Altamirano et al. (2013); Miranda et al. (2015), citados en Pliscoff (2015).
[89] Vicuña et al. (2011); Quintana & Aceituno (2012), citados en Pliscoff (2015).

Otro estudio fue el realizado por Alaniz et al. (2016)[90], donde se evaluó el nivel de amenaza a los ecosistemas esclerófilos de la región de Chile central, aplicando también los criterios metodológicos de la Lista Roja de Ecosistemas de UICN. Para ello, se seleccionaron aquellos estudios espacialmente explícitos que identificaran alteraciones en la estructura de la vegetación, lo que permitió cuantificar la reducción en la distribución de dichos ecosistemas. La aplicación de la metodología permitió evaluar un alto porcentaje de los ecosistemas (85%), que se clasificaron según los estudios con rangos de calidad temporal del 30 al 100% y calidad espacial del 12 al 100%. Si solo se consideran las evaluaciones con una calidad espacio-temporal superior a la media (> 50%), ocho de los 17 ecosistemas evaluados se clasifican en categorías de amenaza, lo que representa el 22,9% del área de estudio.

[90] Alaniz et al. (2016). Chile: Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. Biological Conservation 204: 378-385.

Figura 4.3. Estado de conservación de los ecosistemas terrestres de Chile por región.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Luebert & Pliscoff (2017).

En relación con la condición ambiental de los ecosistemas acuáticos continentales se considera que tanto los humedales altoandinos (vegas, lagunas, bofedales), como los humedales de turberas y los humedales costeros, constituyen ecosistemas frágiles. Los primeros, debido a que sus componentes hídricos y botánicos son únicos y críticos, mientras los segundos, concentrados en la Patagonia chilena, debido a que sus servicios ecosistémicos a nivel local y global son irremplazables.

En el ambiente marino, por otro lado, no se cuenta con información suficiente de su biodiversidad, que permita dar cuenta de la pérdida y/o alteración de estos ecosistemas, así como de las especies que los componen. Una aproximación al estado de estos ecosistemas es la que proviene de estudios internacionales como el Índice de Salud General de los Océanos, el cual señala que la biodiversidad

marina de Chile y su estado de conservación se encuentra en un nivel "bueno". Contrariamente, no son bien evaluadas actividades como la pesquería, acuicultura y extracción de recursos oceánicos no alimenticios, los cuales estarían afectando la capacidad de recuperación de los océanos y de provisión de recursos. Esto se debería a la mala calidad de las aguas, enriquecimiento de nutrientes en cuerpos de agua cerrados como bahías, canales y fiordos, destrucción del hábitat, captura incidental, liberación accidental de especies no autóctonas, y la sobreexplotación de especies hidrobiológicas de interés comercial[91]. Por otra parte, de acuerdo con la clasificación de ecorregiones marinas para América Latina y el Caribe, previamente descrita, de las seis ecorregiones identificadas para nuestro país[92], sólo la de Humboldt fue catalogada como de alta prioridad para la conservación[93].

4.1.3. Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos (SE), o servicios que prestan los ecosistemas, son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés) los describe en términos de: (1) servicios de suministro, como los alimentos, las fibras y el agua; (2) servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, sequías, pérdida del suelo y propagación de enfermedades; (3) servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos del agua, los gases y los nutrientes; y (4) servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales, religiosos y otros intangibles (**Ver Cuadro 4.11**). El MEA fue un programa de trabajo internacional de cuatro años de duración, diseñado para satisfacer las necesidades que tienen los encargados de la toma de decisiones de contar con información científica sobre los vínculos entre el cambio de los ecosistemas y el bienestar humano. Fue lanzado por el Secretario General de las Naciones Unidas, entonces Kofi Annan, en junio de 2001, y sus principales informes de evaluación se publicaron en 2005[94].

[91] Halpern et al. (2012) An index to assess the health and benefits of the global ocean. Nature 488: 615-620.
[92] Humboldt, Chile Central, Araucana, Chiloense, Canales y Fiordos del sur de Chile (Spalding et al., 2007).
[93] Sullivan & Bustamante (1999).
[94] Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación (2003). Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio.

Cuadro 4.11. Servicios ecosistémicos.

Servicios de Suministro	**Servicios de Regulación**	**Servicios Culturales**
Productos necesarios para la Humanidad obtenidos de los ecosistemas	Beneficios materiales obtenidos de los procesos de regulación de los ecosistemas	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas
Alimento	Regulación del clima	Espirituales y religiosos
Agua potable	Control de enfermedades	Recreación y turismo
Aire respirable	Purificación del agua	Estético
Combustible	Purificación del aire	Inspiracional
Fibras vegetales	Control de la erosión	Educativo
Fármacos	Polinización	Sentido de identidad
Recursos genéticos	Dispersión de frutos	Patrimonio cultural
Servicios de base o soporte*		
Formación de suelo Ciclado de Agua, Gases y Nutrientes Producción Primaria		

Fuente: Elaboración propia en base a la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005).
*En la clasificación más actual se ha convenido en excluir los servicios de base o soporte por considerárseles más bien funciones del ecosistema, fundamentales para la generación de servicios.

A más de 10 años del MEA, el concepto de servicios ecosistémicos (SE) se encuentra ampliamente reconocido, tanto en el ámbito científico como en el ámbito político[95]. En el año 2012, 118 países firmaron como miembros de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES por su sigla en inglés), entre ellos Chile, con la misión de evaluar el estado de la biodiversidad y sus ecosistemas y los SE que estos proveen a la sociedad. El estudio "Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile"[96] da cuenta de los ámbitos de investigación desarrollados en el país en torno a los SE. De acuerdo con este documento, desde el año 2004 se observa un crecimiento exponencial en el número de documentos vinculados con SE, los que están contenidos en 105 documentos clasificados como artículos científicos, tesis y otros. La mayoría de los estudios se han desarrollado en ecosistemas terrestres, a escalas locales y en ecosistemas rurales, y se han enfocado en la valoración económica de los SE.

Dentro de estos estudios se destacan el realizado por Figueroa (2010), quien estableció una aproximación preliminar del valor de los SE que proveen las áreas protegidas en Chile, obteniendo un resultado estimado de 1.368 millones de dólares anuales. Es decir, por el sólo hecho de existir, las áreas protegidas del país aportan a todos los chilenos al menos el equivalente al 0,5% del PIB[97]. Este cálculo, sin embargo, no considera los encadenamientos económicos y de empleo

[95] Balvanera et al. (2012) y Polasky et al. (2015), citados en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2018b).
[96] Bachmann et al. (2014) Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile. Reporte para el Ministerio del Medio Ambiente MMA.
[97] Figueroa (2010) Valorización Económica Detallada de las Áreas Protegidas. Proyecto GEF SNAP "Creación de un Sistema Nacional Integral de áreas protegidas". Santiago, Chile.

hacia los sectores relacionados, por lo que la estimación está sin duda subestimada. Previamente otro estudio estimó que las áreas protegidas del SNASPE contribuyen en aproximadamente un 15% al servicio de sumidero de carbono, respecto al resto de los ecosistemas chilenos, y en aproximadamente 12% al servicio de refugio de biodiversidad[98]. Por su parte, los ecosistemas terrestres de la zona central y sur ofrecen la mayor cantidad de servicios ecosistémicos en sus distintos niveles[99]. Uno de ellos es el abastecimiento de agua generado por los bosques, puesto que éstos contribuyen a la infiltración, retención y almacenamiento del agua en esteros, lagos y acuíferos[100]. Al respecto, un estudio estimó el aporte del bosque nativo al servicio de producción de agua de la cuenca de Llancahué, región de Los Lagos, obteniendo un valor entre 74.971 y 170.389 pesos chilenos por hectárea de bosque nativo[101].

Otro estudio, titulado "Recopilación de información de indicadores de servicios ecosistémicos a nivel nacional e internacional"[102], prioriza diez SE relevantes para Chile y propone criterios de calidad de indicadores para estos. Los SE analizados fueron: Almacenamiento de agua para agua potable; Purificación del agua; Regulación del clima global; Regulación del clima local y regional; Pesca comercial; Purificación y oxigenación del agua; Carácter natural; Carácter del paisaje; Paisaje cultural y Regulación hídrica. Las conclusiones del estudio muestran que aún existe una dispersión conceptual en torno al término SE, lo que dificulta el diseño de indicadores, así como también existe una dispersión de información en distintas instancias administrativas, lo que limita generar una línea base para la evaluación y monitoreo de los SE seleccionados. Además, los autores del informe mencionan que los indicadores disponibles para la mayoría de los SE no son exhaustivos y son a menudo insuficientes para caracterizar la diversidad y complejidad de los beneficios que proporcionan, mientras que, por otra parte, los datos son a menudo insuficientes para apoyar el uso de estos indicadores.

En cuanto al uso de los SE, todos somos beneficiarios. El propio desarrollo económico de nuestro país se basa en gran medida en la extracción y exportación de recursos naturales y biodiversidad y en el aprovechamiento de los servicios

[98] Durán et al. (2013) Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. PLoS ONE 8(12): e82643.
[99] Durán et al. (2013).
[100] De Groot et al. (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics 41: 393–408.
[101] Núñez (2004) Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua, del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima región. Tesis para optar al título de Magíster en Desarrollo Rural. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 152 pp.
[102] Nahuelhual et al. (2015) Recopilación de información de indicadores de servicios ecosistémicos a nivel nacional e internacional. Reporte para el MMA.

ecosistémicos que ellos brindan. A modo de ejemplo, en Chile el sector minero y silvoagropecuario son usuarios intensivos del servicio de provisión de agua, consumiendo 9 y 73% del recurso en el país, respectivamente[103]. El sector silvoagropecuario, además hace uso de la productividad de los ecosistemas y de la capacidad de almacenaje de agua de los suelos; el sector pesquero se sustenta en la extracción de biodiversidad marina; mientras que el sector turismo usa el valor de la naturaleza como espacio paisajístico y recreativo. Pese a su relevancia y a la alta dependencia que el país tiene de los SE, no se han tomado los suficientes resguardos para que su explotación no reduzca la biodiversidad y amenace la mantención de estos servicios. Hasta hoy, los sectores productivos, aun cuando se benefician de los SE, no integran suficientemente acciones de conservación de estos en sus esquemas de inversión y de planificación. Algunos esfuerzos están siendo realizados en este ámbito, principalmente en el sector agropecuario, mediante la implementación de proyectos de "agroecología" o "intensificación ecológica", los cuales tienen por objetivo mejorar la producción agrícola a través de la biodiversidad, restaurando los balances ecológicos de estos sistemas y disminuyendo así la dependencia de insumos externos o complementarios. Algunos ejemplos de estas iniciativas son el "Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad", una iniciativa científica del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) y la Universidad Austral de Chile, cuyo objetivo es mostrar la compatibilidad entre la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de la industria vitivinícola chilena; y el proyecto "Desarrollo de Indicadores de Biodiversidad para Aumentar la Competitividad de la Fruticultura de Exportación de la Región de O'Higgins a la Unión Europea", ejecutado en conjunto entre la Pontificia Universidad Católica de Chile y las exportadoras Subsole S. A. y Primafruit Ltda[104].

[103] Ministerio de Obras Públicas. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 (2013).
[104] Muñoz et al. (2016) Manual de Conservación de Biodiversidad en Predios Agrícolas de Chile Central. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 124 pp.

4.2. CAUSAS Y CONDICIONANTES DEL ESTADO DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

El informe de la evaluación mundial sobre la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos llevado a cabo el 2019 por la Plataforma Intergubernamental de Política Científica sobre Biodiversidad y Servicios de Ecosistema (IPBES, por sus siglas en inglés)[105], en sus 1.800 páginas presenta el primer panorama completo del estado de la biodiversidad mundial desde 2005, con evidencia proporcionada por 400 expertos de 50 países. El informe entrega una imagen alarmante de las extinciones de especies, la disminución de la vida silvestre, la pérdida de hábitats y el agotamiento de los servicios de los ecosistemas a nivel global. Entre sus resultados, resalta una declinación de los Servicios Ecosistémicos, alteración del 75% de la superficie terrestre, con 66% del área oceánica bajo impactos acumulativos crecientes, y 85% del área de humedales perdida a nivel global. Producto de lo anterior se ha reducido la productividad en 23% de la superficie del planeta y la declinación de los insectos polinizadores ha puesto en riesgo un capital avaluado entre los $ 235 a 577 mil millones de dólares. Por otro lado, la abundancia de las especies nativas ha declinado globalmente llegando a un punto tal que se presume que un millón de especies podrían declinar hacia la extinción en las próximas décadas, afectando de manera irreversible la contribución que la naturaleza realiza a las personas y socavando las bases fundamentales sobre las que se sustentan nuestros sistemas socio-económicos[106].

El informe también ofrece un estudio exhaustivo de la interrelación entre el cambio climático y la pérdida de la Naturaleza. Entre los principales contribuyentes de las alteraciones en los ecosistemas se encuentran: (1) la pérdida y degradación de hábitats; (2) la sobreexplotación de recursos, principalmente la sobrepesca); (3) las especies invasoras; (4) la contaminación y (5) el cambio climático.

4.2.1. Pérdida y degradación de hábitat

En relación con la superficie terrestre del país, la pérdida, degradación y fragmentación de los ecosistemas continúan siendo las amenazas más

[105] IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo (Eds.). IPBES Secretariat, Bonn, Germany.
[106] Marquet et al. (2022).

importantes. Los motores de estos impactos son diversos y obedecen a causas tanto antrópicas como naturales. Entre las causas antrópicas, el cambio de uso de los suelos ocasionado por la industria forestal –a través de la tala de bosques y las con especies exóticas como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*–[107]; la industria agrícola –a través del despeje de bosques para el establecimiento de pastizales y cultivos–; y la urbanización, constituye una de las mayores amenazas[108], principalmente en la zona central y centro-sur de nuestro país. Otros factores importantes que inciden en la pérdida de hábitats son los incendios y la desertificación. Producto del desmonte de vegetación, el sobrepastoreo y otras actividades se han afectado negativamente vastas áreas del territorio nacional, con pérdida local de especies y suelos productivos En función del Reporte de neutralidad en la degradación de las tierras[109], realizado entre las regiones de Valparaíso y Aysén, se estableció que entre el 2001 al 2013, el total de superficie con cambio de uso de suelo para el bosque nativo fue de 330.505 ha; para matorrales y praderas, 959.240 ha y para humedales, 27.498 ha.

Al analizar la distribución del uso del suelo en el territorio nacional (**Ver Cuadro 4.12**), se observa que los mayores porcentajes de superficie están ocupados por áreas sin vegetación (31,7% desierto y áreas degradadas), tierras forestales (23,7%, incluyendo bosque nativo y plantaciones) y praderas y matorrales (27,5%). De estos últimos, una proporción importante corresponde a matorrales que han reemplazado al bosque nativo después que éste ha sido destruido[110], pero que poseen potencial para su restauración, al igual que otras tierras degradadas que actualmente están sin vegetación arbórea y que poseen potencial para su forestación con especies nativas[111].

Cuadro 4.12. Usos del suelo en Chile.

Usos de la tierra	Superficie (ha)	%
Áreas urbanas e industriales	796.720	1,1
Terrenos agrícolas	3.230.542	4,3
Praderas y Matorrales	30.240.377	39,9
Plantación Forestal	3.114.125	4,1
Bosque Nativo	14.737.485	19,5
Bosque Mixto	179.125	0,2
Humedales	854.896	1,1

[107] Schulz et al. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). Applied Geography 30(3): 436-447.
[108] Citado en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2014b).
[109] CONAF (2017b). Reporte de Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT) ante la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULD).
[110] Miranda et al. (2016) Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: Revealing the evidence. Regional Environmental Change 17: 285-297.
[111] Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetales (2016). CONAF y Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Áreas sin vegetación	17.347.106	22,9
Nieves y Glaciares	3.466.361	4,6
Cuerpos de agua	1.431.227	1,9
Áreas No Reconocidas	331.199	0,4
Total	75.729.163	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos del Sistema de Información territorial de CONAF (SIT CONAF, https://sit.conaf.cl). Consultada en octubre de 2022.

La pérdida y modificación de hábitats es una amenaza para organismos tan diferentes como hongos, helechos, mamíferos y aves[112]. Por ejemplo, para 28 de las especies de mamíferos evaluadas con problemas de conservación en 1983, la destrucción de hábitat es una causa principal, secundaria o probable en 18 casos[113]. De igual forma, aves rapaces especialistas de bosques y humedales se han visto afectadas negativamente por la destrucción de hábitats, en tanto otras que habitan hábitats más abiertos han sido favorecidas por la reducción de cobertura arbórea[114]. En áreas como la isla de Pascua (Rapa Nui), la transformación de hábitats y su fauna asociada ha sido tan severa que el valor heurístico de la biota de coleópteros para estudios de biogeografía y evolución ha sido drásticamente reducido[115]. La expansión agrícola y urbana en Chile central ha provocado la fragmentación de los bosques maulinos, amenazando la sobrevivencia de numerosas especies restringidas a este ecosistema, y provocando, presuntamente, la extinción del hongo *Lepiota locaniensis,* el cual no ha vuelto a ser observado en los últimos 70 años[116]. La modificación del hábitat también afecta la diversidad de peces, como por ejemplo en el río Biobío, el cual soporta una pérdida progresiva de especies de peces nativos[117]. La contaminación, fragmentación y eutroficación de los humedales palustres urbanos (por presiones antrópicas de urbanización) del centro-sur de Chile, tiene incidencia significativa en la disminución de la diversidad de insectos, lo que a su vez, causa alteraciones en las características y atributos del ecosistema[118]. Un caso extremo de las consecuencias de la pérdida de hábitat es lo que está experimentado la rana del Loa (*Telmatobius dankoi*), un anfibio micro-endémico sólo conocido en una localidad específica de Calama. En junio de 2019, se constató que el arroyo donde habitaba la única población conocida de esta especie se encontraba completamente seco, producto de los continuos desvíos de los canales de riego para uso agrícola. La población remanente, de sólo 62

[112] Simonetti et al. (1995).
[113] Miller et al. (1983), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).
[114] Jaksic & Jiménez (1986), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).
[115] Desender & Baert (1996), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).
[116] Simonetti & Lazo (1994), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).
[117] Habit et al. (2006) Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. Gayana (Concepción) 70: 100-113
[118] Villagrán-Mella et al. (2006), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005)

individuos, fue relocalizada a la espera de su recuperación. Situaciones como esta se espera que aumenten su frecuencia en el futuro, modificando la composición y distribución de plantas y pequeños mamíferos[119].

Una de las principales presiones de la zona central y centro-sur sobre el bosque nativo ha sido el desarrollo de la actividad forestal, que trajo consigo la sustitución de la vegetación nativa por plantaciones de especies exóticas de crecimiento rápido[120] en las zonas centro y sur del país. Este tipo de actividad forestal compromete el estado de los ecosistemas no solamente por el cambio de uso de suelo y la fragmentación del hábitat, sino que también afecta la disponibilidad de agua y la calidad del suelo[121]. Esta actividad se desarrolla justamente en el *hotspot* chileno de biodiversidad, que incluye los bosques lluviosos Norpatagónico y Valdiviano, bosques deciduos de *Nothofagus* y bosque esclerófilo y matorrales, típico de las regiones mediterráneas[122]. Sólo en la precordillera andina de la región del Maule se perdió 44% del bosque nativo, a una tasa anual de deforestación de 4,1% entre 1989 y 2003[123]. Asimismo, en los últimos 20 años se ha triplicado el área de plantaciones de cultivo de paltos (*Persea americana*) y se ha duplicado el área de viñedos, dejando a los ecosistemas mediterráneos confinados a cerros isla sin conexión entre ellos[124]. A pesar de las exigencias de certificación exigidas por parte de los compradores internacionales a las grandes empresas forestales, y la aplicación desde 2009 de la Ley sobre Recuperación del Bosque nativo y Fomento Forestal, la tasa anual de deforestación se ha mantenido. Para más detalle ver Segunda parte, Capítulo 3: Bosques nativos.

La expansión de las ciudades, por su parte, altera también los hábitats de la biodiversidad. Este crecimiento se genera en función de las áreas rurales aledañas. Por otra parte, el aumento de la población hace que las áreas periurbanas intensifiquen el uso de sus suelos y sientan la presión del mayor tránsito de ellas repercutiendo en la conservación de la biodiversidad. Un ejemplo claro de esta situación es el impacto sobre los humedales urbanos, los cuales son frecuentemente "rellenados" para construcción de viviendas y desarrollo de

[119] Gutiérrez et al. (2010) y Kelt & Meserve (2014), citados en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016b). Informe del Estado del Medio Ambiente.
[120] Salazar et al. (2015) Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. Global and Planetary Change 128: 103–119.
[121] Huber & Trecaman (2004). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. Bosque 25(3): 33-43.
[122] Arroyo et al. (2006), en CONAMA (2006).
[123] Altamirano & Lara (2010), citado en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016b).
[124] Armesto et al. (2010), citado en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016b).

infraestructura de caminos y puentes. Este fenómeno ha sido particularmente importante en grandes ciudades como Concepción, en la cual el incremento de la superficie urbana ha sido identificado como la amenaza más importante sobre los humedales de la intercomuna Concepción-Talcahuano-San Pedro, contando asimismo con estudios que indican que, en Concepción metropolitano, entre los años 1975 y 2000, se produjo la pérdida de 23% de los humedales.

Otro proceso poco estudiado, que se ha intensificado en la última década debido al incremento del ingreso per cápita y el crecimiento de la población, es la ocupación del borde costero con urbanizaciones que en general no consideran el impacto en la conservación de la biodiversidad. Los sitios más afectados han sido el borde marítimo de las Regiones V y VI, además de los numerosos humedales costeros de la zona central y centro-sur, así como los bordes de los lagos especialmente del sur.

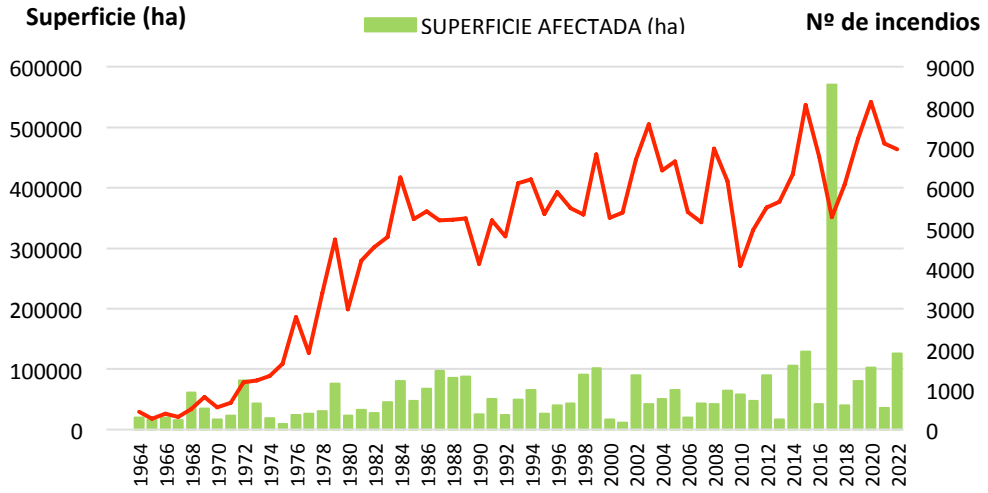
Así como se expanden las ciudades también ha sucedido algo similar con la agricultura. La expansión agrícola antes del decenio de los ochenta se hacía hacia territorios de poca pendiente, pero en las últimas décadas se ha proyectado hacia los cerros, mediante la elevación de las cotas de riego. La ausencia de pasadizos *ad hoc* para evitar la discontinuidad de su vegetación ha repercutido de forma importante en la pérdida del bosque esclerófilo de la región central, perjudicando también la conservación de la fauna asociada.

Otros causantes de degradación y pérdida de hábitats en Chile son los incendios forestales, cuyo aumento en la última década contribuyó al alto grado de fragmentación del bosque nativo y consecuentemente al deterioro y pérdida de otros ecosistemas y hábitats. Los incendios pueden alterar severamente la estabilidad de los ecosistemas, modificando la estructura y composición de especies, factores que sumados se traducen en una pérdida de funcionalidad del ecosistema, que es de difícil recuperación[125], principalmente por los altos costos que supone su control y restauración. De acuerdo con las estadísticas de incendios de CONAF[126], desde los comienzos de sus registros en 1964 y hasta la temporada 2021-2022, el promedio anual de hectáreas consumidas por el fuego ha sido de 59.622 ha, con un promedio de 4.329 incendios y una tendencia al aumento consistente a través de los años (**Ver Figura 4.4**). Sólo en los últimos diez años (2013-2022), se registraron en promedio 6.757 incendios, los que afectaron

[125] Fernández et al. (2010) Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. PUC-Gobierno de Chile, Santiago, Chile.
[126] https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/

en promedio a más de 124.000 ha anuales, de las cuales casi un 60% correspondieron a formaciones nativas. En 2017, en particular, estas cifras se incrementaron drásticamente debido a la ocurrencia de la denominada "Tormenta de fuego". Múltiples incendios tuvieron lugar en las Regiones de O'Higgins, Maule y Biobío y se extendieron desde el 18 de enero al 5 de febrero de 2017. Sólo en este periodo se registraron 681 incendios, afectando un total de 518.174 ha del territorio nacional, dentro de la cual 40% correspondería a ecosistemas remanentes clasificados en estado de conservación[127]. Para más detalle sobre incendios forestales ver Segunda parte, Capítulo 3: Bosques Nativos.

Figura 4.4. Número de incendios forestales y superficie de vegetación afectada desde 1964 a 2022.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONAF descargados en diciembre del 2022 desde https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/.

4.2.2. Sobreexplotación y uso insostenible de recursos

La sobreexplotación es otra amenaza a la sobrevivencia de la diversidad biológica, siendo la sobreexplotación pesquera uno de los factores más importantes que amenaza la pérdida de los ecosistemas marinos y su biodiversidad. Aunque se desconoce la tasa de pérdida, se presume un daño significativo a los fondos marinos como consecuencia de años de pesquerías de arrastre con artes de pesca destructivas. Las pesquerías en la actualidad se encuentran en una denominada "sequía marina", con la menor captura de peces en su historia[128].

El último informe de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura[129] identifica el estado de situación de las 28 unidades de pesquerías sobre las cuales existe Punto

[127] CONAF (2017) El gran incendio de Chile de 2017, descripción e impactos. http://www.conaf.cl/
[128] Sociedad Nacional de Pesca SONAPESCA, para año 2013, en Ministerio del Medio Ambiente MMA (2014b).
[129] SUBPESCA (2022). Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2021.

Biológico de Referencia (PBR), señalando que 10 de ellas están sobreexplotadas, 6 están agotadas o colapsadas, 9 se encuentran en plena explotación y 3 se consideran sub-explotada (**Cuadro 4.13**). Dentro de las primeras se encuentran el congrio dorado, el bacalao de profundidad, la merluza común y la merluza austral, mientras que la merluza de tres aletas y la merluza de cola de la zona sur-austral están agotadas. Esto significa que 57% de los peces que actualmente se explotan en Chile se encuentra en estado de sobreexplotación o agotamiento. Por otro lado, se evidencia una situación preocupante, como es la deficiente información sobre 17 pesquerías de las cuales se desconoce su estado de conservación real. Entre estos recursos encontramos especies de invertebrados como el erizo rojo, el chorito, el loco y el pulpo, pero también algas pardas como el huiro negro, huiro palo y huiro flotador. Es de particular preocupación el caso del recurso alga, el cual ha tenido una enorme expansión de desembarques y aumento de precios, debido a la alta demanda para alimentación directa y como materia prima para la extracción de ficocoloides como el agar, la carragenina y los alginatos, utilizados ampliamente en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. La presión de extracción de estos recursos ha sido persistente por décadas, ocasionando la reducción de los stocks naturales a lo largo de los ecosistemas bentónicos de la costa chilena. Esto subraya la necesidad de avanzar en investigación científica que permita acumular datos para tomar mejores decisiones de manejo para estas especies y desarrollar también métodos de repoblamiento en beneficio del medio ambiente y de las comunidades que dependen de estas actividades[130].

Cuadro 4.13. Estado de pesquerías en Chile. Comparativo 2018-2021.

Estado de pesquerías	Nº de pesquerías	
	2018	**2022**
Sobreexplotada	11	10
Agotada o colapsada	8	6
Plena explotación	8	9
Subexplotada	0	3
Total de unidades analizadas en el informe	27	28
Total de pesquerías definidas para el país	44	45

Otro recurso pesquero fuertemente explotado, pero no considerado dentro de la pesquerías definidas para el país, es el krill antártico *(Euprhausia superba)*. Esta especie ocupa un lugar fundamental en las cadenas tróficas de los ecosistemas antárticos, concentrando entre el 95 y el 99% de la dieta de pingüinos, ballenas y focas antárticas. Además, el krill juega un papel relevante en la regulación de CO_2 en la atmósfera, ya que sus restos hunden carbono a aguas profundas, en

[130] Oyarzo-Miranda et al. (2023) Seaweed restocking along the Chilean coast: History, present, and inspiring recommendations for sustainability. Frontiers in Marine Science 9: 1062481. doi: 10.3389/fmars.2022.1062481

donde puede permanecer por largos periodos de tiempo. Hasta 23 millones de toneladas de carbono podrían dejarse fuera de circulación por año a través de este proceso. Sin embargo, esta especie está siendo amenazada debido al cambio climático y la pesca industrial, siendo la única especie en la Antártica que es explotada por la pesquería en niveles industriales[131]. Las últimas estadísticas indican una biomasa de capturas de 100.000 toneladas anuales, siendo Japón el principal productor (45%), seguido de Rusia (11%), Ucrania (11%), Polonia (10%) y Chile (1%)[132].

En síntesis, las principales amenazas a la biodiversidad marina producto de la sobreexplotación son el deterioro de sus poblaciones explotadas, la reducción del tamaño promedio del recurso y reducción de sus poblaciones, el deterioro de los ecosistemas marinos bentónicos y pelágicos, tanto costeros como oceánicos, los cambios en la estructura trófica comunitaria y, la pérdida de biodiversidad, entre otros[133]. Para más detalle ver Segunda parte, Capítulo 6: Ecosistemas marinos y del borde costero.

En el ámbito terrestre, el reemplazo de los ecosistemas por agrosistemas altamente artificializados, se hace sobre la base de la eliminación de la cubierta vegetal e interviniendo el suelo en sus primeros horizontes, eliminando así gran parte de la biodiversidad original. Las áreas de secano del país, además de una agricultura temporal, están, en su mayoría, sometidas al estrés de una ganadería extensiva. Esto es palpable en el Norte Chico, en todo el secano costero e interior, en parte de la precordillera de Los Andes y en las estepas de la Patagonia. El sobrepastoreo generalizado en estas áreas, rompe las cadenas tróficas, compacta y agota los suelos, y elimina especies, tanto vegetales como animales. Las explotaciones ovinas, que predominan en la Patagonia, por el poder selectivo de los ovinos, han hecho desaparecer numerosas especies vegetales.

La extracción maderera constituye también una importante amenaza para la conservación de la biodiversidad, específicamente para la conservación del bosque nativo. De acuerdo con la Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT (2015), el 33,2% de las viviendas del país (1.721.032), utilizan leña, siendo especialmente relevante en las Regiones de la Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén, donde más del 90% de las viviendas la utilizan. El consumo total a nivel

[131] https://www.paiscircular.cl/biodiversidad/en-primer-dia-mundial-del-krill-advierten-importancia-de-crustaceo-antartico-para-supervivencia-de-especies-polares/
[132] https://www.centronaval.org.ar/boletin/BCN808/808villemur.pdf
[133] Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD (2009) Towards Ecosystem-Based Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem.

nacional llega a las 11.770.675 de m^3 estéreos/año[134], de los cuales un 58% corresponde a leña nativa, siendo el Roble o Hualle la especie más consumida[135].

4.2.3. Especies Exóticas Invasoras (EEI)

Las invasiones biológicas se definen como aquellos eventos en que una especie expande su rango geográfico de distribución debido a la acción directa o indirecta del ser humano, mostrando un crecimiento poblacional acelerado, ocupando regiones en que previamente no se encontraba[136] . Según la Convención de la Diversidad Biológica CDB (1992)[137] las especies exóticas invasoras (EEI) corresponden a "plantas, animales, patógenos u otros organismos que son exóticos a un ecosistema, y que pueden causar perjuicios económicos o daños ambientales y afectar la salud humana. Particularmente aquellos organismos que afectan en forma negativa la biodiversidad, provocando la declinación y/o extinción de especies nativas, a través de competencia, depredación, o transmisión de enfermedades, y por la disrupción local de ecosistemas y sus funcionamientos". En Chile, hoy se tiene claridad que las EEI son una amenaza creciente para la conservación de la biodiversidad, generando impactos en múltiples escalas[138], ya que depredan a las especies nativas, compiten por recursos, transmiten enfermedades, alteran y fragmentan los ecosistemas y degradan los servicios ecosistémicos con efectos sociales y económicos importantes.

La introducción de especies en el país tiene una larga historia que se inició con la llegada de los españoles en el siglo XVI. Algunas de estas especies han ingresado a territorio nacional desde hace muchos años, con lo cual ya cubren proporciones significativas del país. En cambio, hay algunas que a pesar de haber arribado a Chile sólo recientemente, han tenido un aumento notable en los últimos años. En 2014, a través de un diagnóstico de la situación de las especies exóticas[139], se contabilizaron más de 2.000 especies asilvestradas o naturalizadas en el territorio

[134] Cantidad de leña que puede colocarse apilada en el espacio de 1 m^3

[135] Ministerio de Energía (2015) Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera.

[136] Mack et al. (2000) Biotic Invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. Ecological Applications 10: 689-710.

[137] Convención Sobre Diversidad Biológica CDB (1992), Decreto Supremo Nº1.963 del Ministerio de Relaciones Exteriores MINREL, publicado en el Diario Oficial del 06 de mayo de 1995.

[138] Jaksic & Castro (2014) Invasiones biológicas en Chile: causas globales e impactos locales. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

[139] Proyecto GEF/MMA/PNUD: Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras. Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández (2013-2017).

nacional; de ellas, 25 están clasificadas dentro de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo[140].

Entre estas últimas destacan la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), la avispa chaqueta amarilla (*Vespula germánica*), la tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta*), el espinillo (*Ulex europeaus*), el conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*), el jabalí (*Sus scrofa*) y el ciervo rojo (*Cervus elaphus*).

En el año 2017, en el marco del proyecto EEI-AJF del GEF/MMA/PNUD[141], se publica el primer catálogo de especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile[142]. Los resultados de este trabajo, en conjunto con otras actualizaciones de grupos puntuales (e. g., plantas vasculares)[143], dan cuenta de un total de 1.170 especies exóticas registradas para Chile (**Ver Cuadro 4.14**). Dentro de los grupos más abundantes se encuentran las plantas vasculares, con un total de 818 especies, representando 15% del total de este grupo presente en el territorio. Este porcentaje es alto si se compara con otros países de Latinoamérica como Ecuador, donde sólo se han contabilizado 595 especies de plantas introducidas de una flora total de 16.000[144] . El segundo grupo más abundante corresponde al de los invertebrados (164 especies), siendo la mayoría de ellos insectos.

Los vertebrados por su parte suman un total de 67 especies exóticas. En términos comparativos el número de vertebrados exóticos invasores en Chile es bajo en proporción al total de especies nativas y solo representan el 3,9% de los casi 610 vertebrados terrestres presentes[145]. No obstante, esta baja proporción de vertebrados exóticos versus nativos, se puede destacar la alta proporción de exóticos invasores en este taxón. Esto se debe a que los animales al desplazarse, y algunos contar con ámbitos de hogar extensos, pueden interactuar en forma autónoma con la biodiversidad nativa, con mayor facilidad que las plantas. A la fecha se tiene el registro de 13 aves exóticas de las cuales dos son consideradas invasivas; con respecto a los mamíferos se reconocen 23 especies exóticas, de las cuales 14 son consideradas invasivas. Una importante proporción de estos

[140] Lowe et al. (2004) 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
[141] Global Environmental Facility of the World Bank (Fondo Mundial para el Medio Ambiente) GEF.
[142] PNUD (2017ª) Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile. LIB, UDEC, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad. De las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile. 61 pp.
[143] Rodríguez et al. (2018).
[144] Jürgensen & León-Yáñez (1999) Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden 75: 1–1182.
[145] Jaksic (1998) Vertebrate invaders and their ecological im-pacts in Chile. Biodiversity and Conservation 7: 1427-1445.

mamíferos exóticos son animales domésticos, los cuales pueden adaptarse a la vida silvestre una vez liberados de la acción humana e interactuar con nuestra biodiversidad[146]. Para los peces dulceacuícolas se han descrito 28 especies exóticas, de las cuales cuatro son reconocidas como invasivas. Si bien poco se conoce sobre el impacto de los peces exóticos en la fauna íctica nativa, este podría ser dramático dado que solo existen 42 especies dulceacuícolas en todo Chile, de las cuales 35 son endémicas. Esto es equivalente a introducir un depredador tope en una isla, y para el caso de los sistemas dulceacuícolas en Chile, las especies nativas principalmente afectadas serían los galáxidos[147]. Finalmente se ha documentado la presencia de un anfibio exótico, el cual se encuentra asilvestrado y dos reptiles con altos potenciales invasivos.

Cuadro 4.14. Especies exóticas asilvestradas descritas en Chile**.**

Grupo Biológico	Nº de especies
Microalgas	**4**
Diatomeas	1
Dinoflagelados y Silicoflagelados	3
Macroalgas	**17**
Phaeophyta (pardas)	2
Chlorophyta (verdes)	3
Rhodophyta (rojas)	12
Plantas no vasculares (hepáticas, musgos, antóceros)	**29**
Bryophyta (musgos)	16
Marchantiophyta (hepáticas)	12
Antohocerotophyta (antóceros)	1
Plantas vasculares	**818**
Pteridofitas (helechos y licopodios)	5
Gimnospermas (pinófitas y gnetófitas)	5
Liliopsida (Monocotiledóneas)	216
Magnoliopsida (Dicotiledóneas)	592
Hongos y Líquenes	**71**
Invertebrados	**164**
Annelidos	8
Artrópodos Hexápodos	109
Artrópodos Quelicerados	1
Artrópodos Crustáceos	4
Moluscos	42
Vertebrados	**67**
Peces (aguas continentales)	28
Anfibios	1
Reptiles	2
Aves	13
Mamíferos (terrestres y marinos)	23
Total	**1.170**

Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida desde PNUD (2017), Rodríguez et al. (2018) y base de datos del Inventario Nacional de especies de Chile del MMA, consultado en julio 2019.

Ejemplos emblemáticos de los impactos que están dejando vertebrados invasores en nuestro país son los casos del castor americano (*Castor canadensis)* y del visón (*Neovison vison*). El castor, presente en ecosistemas de aguas continentales de

[146] Malo et al. (2015) Low habitat overlap at landscape scale between wild camelids and feral donkeys in the Chilean desert. Acta Oecologica 70: 1-9.
[147] Habit et al. (2015) Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. Ecosistemas 24(1): 43-51.

Tierra del Fuego en Chile y Argentina, es la especie exótica invasora de la que se tiene mayor conocimiento. En 1946, 20 castores fueron introducidos en la parte argentina de Tierra del Fuego, traídos desde Canadá y noreste de EE. UU., para crear una industria peletera local. Al no prosperar la industria, los castores fueron liberados en la ribera del Lago Fagnano, expandiendo su área de distribución en el continente, incluyendo territorio chileno. En la actualidad, existe una población estimada de entre 65.000 y 110.000 individuos en el archipiélago fueguino[148]. Su velocidad de expansión terrestre varía según los ecosistemas colonizados, pudiendo llegar a superar los 6 km anuales. La invasión del castor ha modificado ríos y turberas de Tierra del Fuego, provocando una pérdida de bosque nativo estimada en 23.000 ha. Además, se estima que, en los últimos 20 años, Chile perdió al menos US$ 69.606.555 por la presencia del castor en territorio nacional[149].

El caso del visón (*Neovison vison*) es similar, y sus perjuicios son aún más devastadores. Esta especie de mustélido de origen norteamericano, fue importado por primera vez a Punta Arenas en los años 1930s, seguido por una segunda introducción a finales de los años 1960s a la región de Aysén, ambas introducciones con fines de explotación de pieles. Después de cierto tiempo, se produjeron escapes accidentales y/o liberaciones al medio silvestre, desde donde se desarrolló la expansión natural del visón hacia nuevas regiones en Chile[150]. En la actualidad se encuentra presente en la región de La Araucanía desde la cuenca del río Cautín al sur, luego en las regiones de Los Ríos, Los Lagos y Aysén, incluyendo recientemente la colonización de la Isla de Chiloé, y Magallanes continental e insular[151]. Entre los impactos que ejerce esta especie se han descrito efectos en la actividad agropecuaria local, potencial impacto negativo en el turismo, impacto en las tramas tróficas por diseminación del didymo (ver más abajo), distribución de patógenos, impactos sobre vertebrados e invertebrados a través de la depredación y la competencia, entre otros[123].

Especies exóticas asilvestradas correspondientes a grupos como las algas, los hongos y plantas no vasculares, más difíciles de identificar, son aún poco conocidas. Dentro de los pocos casos estudiados se destacan los ejemplos de la

[148] Sitio web del Proyecto GEF Castor: https://gefcastor.mma.gob.cl

[149] PNUD (2017b) Valoración económica del impacto de siete especies exóticas invasoras sobre los sectores productivos y la biodiversidad en Chile. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Santiago, Chile.

[150] Jaksic (1998).

[151] PNUD (2017b).

macroalga *Codium fragile*[152] y la microalga *Didymosphenia geminata.* Esta diatomea, más conocida como didymo, fue registrada por primera vez el 2010 en el sur de Chile y se desconoce cuándo fue introducida al país. El didymo se ha propagado masivamente, modificando los ecosistemas de ríos y lagos, provocando la disminución de las poblaciones de peces y otras especies, afectando también la industria turística y generando un alto costo de gestión para su control[153].

En cuanto a la distribución regional de las especies exóticas, el mayor número se distribuye entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos; mientras que en el extremo norte se registra el menor número de especies introducidas, con 117 y 126 especies en las Regiones de Arica y Parinacota y de Tarapacá, respectivamente (**Ver Figura 4.5**). Por otra parte, algunas especies tienen una distribución territorial nacional, es decir que están presentes en las 16 regiones del país. Ejemplos de esto son las plantas introducidas *Erodium cicutarium, Medicago sativa* y *Chenopodium album*.

En Chile, la normativa e institucionalidad respecto de las EEI ha sido orientada principalmente al tratamiento de plagas desde la perspectiva sanitaria y de sus efectos negativos sobre sectores productivos. Por ende, las normas existentes, por regla general, tienen por objeto principal el resguardo de los sectores productivos, constituyendo el aspecto ligado a la protección de la biodiversidad un espacio residual y marginal. Además, un problema mayor para la gestión de las EEI en Chile es la actual dispersión normativa e institucional de las competencias sectoriales ambientales, lo que genera dificultades para gestionar y controlar las EEI por la falta de integración en la actuación del Estado[154]. Por un lado, el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) es el principal responsable de la gestión preventiva pre-frontera de las EEI en el ámbito terrestre, mientras que en el ámbito de las especies hidrobiológicas estas competencias recaen en la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA). En el control post-frontera, el principal organismo con potestades para ejercer control sobre las EEI es la Corporación Nacional Forestal CONAF, pero sólo dentro de las áreas protegidas. El SAG, por su parte, también cumple una labor en este aspecto, a través de la detección precoz de plagas en vegetales y enfermedades animales y desarrollo de mecanismos de respuesta temprana a la

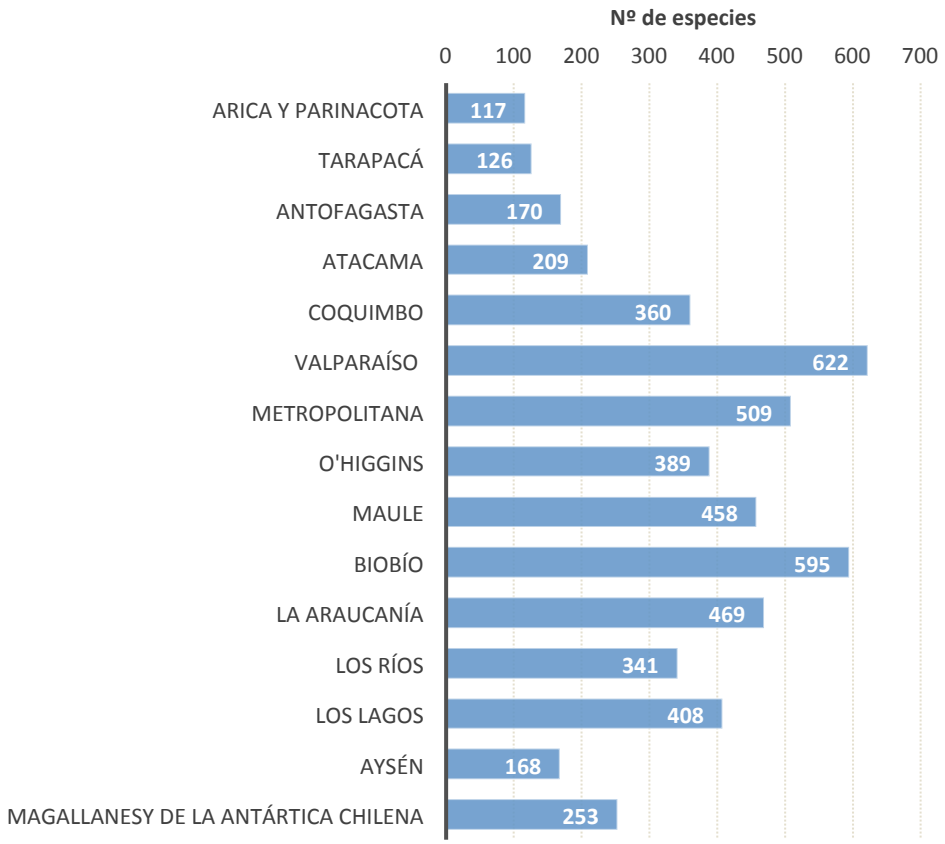
[152] Neill et al. (2006) Invasion of *Codium fragile* ssp. *Tomentosoides* in northern Chile: A new threat for *Gracilaria* farming. Aquaculture 259: 202-2010.
[153] Montecino et al. (2016) Spatio temporal population dynamics of the invasive diatom *Didymosphenia 62eminate* in central-southern Chilean rivers. Science of the Total Environment 568: 1135-1145.
[154] Bustos & Jaksic (2017). Marco regulatorio aplicable al proceso de internación de especies exóticas a la república de Chile. Ediciones CAPES-UC, Santiago, Chile.

detección de estas. El MMA no tiene actualmente atribuciones que le faculten prevenir el ingreso al país de una especie exótica potencialmente peligrosa para la biodiversidad, y solo puede actuar de manera indirecta a través de la difusión, sensibilización y coordinación con instituciones públicas[155].

En este contexto, y para dar cumplimiento a los compromisos internacionales (CDB, 1992) y nacionales (Estrategia Nacional de Biodiversidad, 2003 y su Plan de Acción), el año 2005 se constituye el Comité Operativo para la Prevención, el Control y la Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras (COCEI), el que se reúne periódicamente desde tal fecha, para establecer las prioridades de gestión sobre las EEI. Parte del trabajo de este comité ha sido el desarrollo de la actual Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y la Erradicación de las EEI[156], la cual deberá complementarse en un futuro con un Plan de Acción Nacional de gestión de EEI que permita la implementación de esta estrategia (**Ver Anexos 4.5 y 4.6**).

[155] Comité Operativo para el Control de las Especies Exóticas Invasoras COCEI (2014) Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y/o Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras. Ministerio del Medio Ambiente MMA. Santiago, Chile. 26 pp.
[156] COCEI (2014).

Figura 4.5. Distribución regional de las especies exóticas presentes en Chile.



Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida en PNUD (2017).

4.2.4. Contaminación

La contaminación es una de las grandes causas de pérdida de biodiversidad que se genera por la presencia de sustancias o combinación de éstas, en concentraciones y permanencia superiores a las encontradas usualmente en un ecosistema natural. Las actividades humanas no sostenibles son las principales causantes de la contaminación ambiental. Es así como en la zona norte, por ejemplo, como consecuencia de la actividad minera, la sobreexplotación del recurso agua ha secado bofedales y vegas alterando el medio con la consecuente afectación de la biodiversidad, proceso que ha seguido agravándose en las últimas décadas. El peso de la minería en la economía nacional ha influido para que este problema no tenga una solución definitiva. Los pasivos mineros (relaves abandonados), en especial de minas antiguas y de tamaños menores, han seguido contaminando suelos y cursos de agua, con efectos que en muchas ocasiones han llegado hasta el mar.

La zona central, dedicada a la agricultura, presenta problemas de fuentes difusas, con alta carga orgánica provenientes de actividades agropecuarias[157], industriales y de asentamientos humanos. Finalmente, en la zona sur la acuicultura, y en particular la salmonicultura, genera diversas presiones sobre la biodiversidad en la columna de agua, el fondo marino y la costa[158]. Se estima que la gran cantidad de antibióticos, especialmente de derivados de quinolona, usados en los últimos 20 años en salmonicultura, en los estuarios de la región de Los Lagos, seleccionará y favorecerá la diseminación de genes de resistencia y de bacterias resistentes entre los ambientes acuáticos y terrestres, impactando negativamente la salud animal y humana. Por cada tonelada de salmón producida en Chile se usan 36.600 veces más antibióticos que en Noruega[159] . En la actualidad se ha impulsado el desarrollo de profundas reformas orientadas a la realización de prácticas más sustentables en el sector, tales como la diversificación de la industria hacia otros cultivos y la realización de la actividad a menor escala, entre otras medidas.

4.2.5. Cambio Climático

El cambio climático es una amenaza para los distintos niveles de la biodiversidad (genes, especies, ecosistemas y paisajes) y sus efectos podrían producir extinciones para un gran número de especies, así como el desplazamiento de otras provocando una reestructuración de las comunidades y ecosistemas de los que forman parte. El sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)[160], concluye que el calentamiento de la atmósfera, el mar y la tierra debido a la influencia humana es inequívoco. Se han producido cambios rápidos y generalizados en la atmósfera, el océano, la criosfera y la biósfera. Desde 2011 (mediciones recogidas en el IE5), las concentraciones han seguido aumentando en la atmósfera y en 2019 alcanzaron medias anuales de 410 partes por millón (ppm) de dióxido de carbono (CO_2), 1.866 partes por billón (ppb) de metano (CH_4) y 332 ppb de óxido nitroso (N_2O). La tierra y el océano han absorbido una proporción casi constante (a escala global, alrededor de 56% anual) de las emisiones de CO_2 procedentes de las actividades humanas durante las últimas seis décadas. Desde 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios, siglos

[157] Morlans (2010). Contaminación Difusa en Acuíferos: Estudio de Caso en la Comuna de Colina, Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Ingeniera Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
[158] Camus & Jaksic (2009) Piscicultura en Chile: entre la productividad y el deterioro ambiental 1856-2008. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 100 pp.
[159] Millanao et al. (2011) Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: salud pública y salmonicultura en Chile. Revista Médica de Chile 139: 107-118.
[160] IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.

y milenios, incluyendo el aumento en la frecuencia y la intensidad de los episodios de calor extremo y de precipitaciones intensas y sequías simultáneas a nivel global. Desde mediados del siglo XIX, el aumento promedio de la temperatura de la superficie terrestre ha sido de 0,85°C. A escala mundial, los niveles del mar aumentaron con mayor rapidez que en los dos milenios anteriores. En muchas partes del mundo, incluida América Latina, el cambio de la precipitación está alterando los sistemas de agua dulce, lo que afecta la calidad y la cantidad de agua disponible, y en consecuencia el equilibrio de los ecosistemas terrestres, costeros y marinos. Un informe especial del año 2018 del IPCC[161] establecía que limitar el calentamiento global a 1,5°C en lugar de los 2°C previamente establecidos, tendría beneficios claros para las personas y los ecosistemas naturales, lo que demandaría cambios de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos del funcionamiento de la sociedad humana. El más reciente informe de evaluación de cambio climático del IPCC sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad (IPCC, 2022)[162] entrega nueva evidencia sobre las consecuencias del cambio climático en diferentes sectores y regiones del mundo. Los resultados son inequívocos: el cambio climático está afectando la naturaleza, las vidas de las personas y la infraestructura a nivel global, poniendo en peligro necesidades básicas como el acceso al agua y los alimentos de miles de millones de personas, y amenazando el objetivo de conseguir un desarrollo sustentable que evite alcanzar el límite de calentamiento de 2°C.

Se espera que el cambio climático afecte a todos los aspectos de la biodiversidad y se le considera como una presión adicional a las múltiples actividades humanas que han causado y seguirán causando una pérdida en biodiversidad, a nivel mundial. El efecto general del cambio climático, provocado por el ser humano, muestra con alta confiabilidad que muchas especies de ecosistemas terrestres han cambiado sus rangos geográficos, sus actividades estacionales, abundancias, e interacciones con otras especies. Es probable que se modifique la composición de la mayoría de los ecosistemas actuales, ya que es difícil que las especies que componen dichos ecosistemas cambien de emplazamientos todos a la vez. Cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos podrían modificar la extensión y emplazamiento de los ecosistemas, cuya estructura y funcionalidad deberá adaptarse a unas condiciones climáticas diferentes a las actuales. Aunque a la fecha sólo unas pocas extinciones de especies han sido atribuidas con alta confiabilidad al cambio climático, se conoce con alta certeza

[161] IPCC (2018). Global Warming of 1.5ºC. Summary for Policymakers.
[162] IPCC (2022). AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.

que cambios climáticos naturales ocurridos en los últimos millones de años a tasas muchísimo más lentas que el actual cambio climático antropogénico, han causado alteraciones en los ecosistemas y extinciones de especies significativas. Muchas especies, especialmente las más vulnerables, podrían sufrir la extinción en el intento por adaptarse a un clima diferente.

Chile es un país particularmente vulnerable a los efectos del cambio climático por cumplir con siete de las nueve características de vulnerabilidad[163]. Las especies y ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos del país, han evolucionado dentro de ciertos rangos de eficiencia y tolerancia en relación con los parámetros climáticos. No obstante, los cambios acelerados que se están produciendo podrían modificar los patrones de temperatura y precipitaciones, probablemente más allá de los umbrales de tolerancia biológica, que hasta ahora los ecosistemas y especies han enfrentado[164]. Debido a esta vulnerabilidad, se han realizado distintos estudios para modelar el comportamiento futuro de las especies y los ecosistemas terrestres en Chile, frente a escenarios de cambio climático. En 2010, el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), encomendado por la entonces Comisión Nacional de Medio Ambiente CONAMA[165], desarrolló el estudio denominado "Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecorregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático". En relación con la distribución y dispersión de las especies, el estudio señala que las consecuencias de este cambio dependerían fundamentalmente de la capacidad de dispersión o migración a gran escala con que cuenten las especies estudiadas[166].

Considerando que las especies tienen limitaciones para dispersarse cuando cambian las condiciones ambientales en sus áreas tradicionales, la gran mayoría de las 1.447 especies de flora terrestre y las 67 especies de fauna analizadas, presentarían reducciones en su área de distribución proyectada. Los impactos del cambio climático sobre 36 ecosistemas evaluados en este mismo estudio

[163] Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, PANCC 2017-2022. Gobierno de Chile. De acuerdo al artículo 4.8 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se reconoce como países especialmente vulnerables a los que tengan las siguientes características: a) Países insulares pequeños; b) Países con zonas costeras bajas; c) Países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuesta al deterioro forestal; d) Países con zonas propensas a los desastres naturales; e) Países con zonas expuestas a la sequía y la desertificación; f) Países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana; g) Países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos; h) Países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo; i) Países sin litoral y los países de tránsito.

[164] MMA (2014a) Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. Elaborado en el marco del PANCC y de la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago, Chile. 95 pp.

[165] Marquet et al. (2010). Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecorregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. IEB, Chile.

[166] Marquet et al. (2010).

muestran un patrón de variación latitudinal en casi todas las unidades presentes en la zona costera e interior del norte y centro de Chile. Al tener climas más cálidos, se trasladarían las condiciones actuales desde la zona norte hacia las zonas central y austral, con lo cual se podrían ver influenciadas de manera importante las comunidades vegetales y faunísticas asociadas. Por ejemplo, los herbívoros de la zona austral podrían verse beneficiados, al generarse condiciones para un mayor crecimiento de la biomasa vegetal[167]. Así también, las unidades con vegetación esclerófila y espinosa son las que muestran mayor variación en sus rangos de distribución actuales. La mayor cantidad de cambios en las unidades de vegetación estimados hacia fines de siglo ocurriría en la zona central de Chile, área donde los ecosistemas experimentarían mayor dinamismo. En este contexto, la vegetación del *hotspot* de clima mediterráneo y templado sería altamente vulnerable a dichos cambios.

Para el caso de los humedales altoandinos en el extremo norte del país, ocho sitios correspondientes a las cuencas con mayor cantidad de hábitat de humedal fueron utilizados en el estudio antes mencionado (Cuenca altiplánica, Cuenca del Río Lluta, Cuenca del Salar de Atacama, Cuenca del Río Loa, Cuencas Endorreicas del Salar de Atacama, Cuenca Norte Salar de Pedernales, Cuenca Vertiente Pacífico, Cuenca Río Huasco). Los resultados del análisis indican que el balance hídrico futuro se caracterizará por una tendencia al aumento de las temperaturas y reducción del agua de precipitaciones, caudales y escorrentía superficial, siendo estos últimos los principales sostenedores de los humedales de esta zona, lo que significaría un perjuicio en la estabilidad y funcionalidad ecológica de estos ecosistemas.

De manera complementaria, en el estudio realizado por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente de la Universidad de Chile (AGRIMED)[168] se analizó el estrés bioclimático sobre cada uno de los 127 pisos vegetacionales de Chile. El estrés bioclimático se estima como una función de las diferencias entre las condiciones promedios durante 1980-2010 (línea base) y las condiciones climáticas esperadas en 2030 y 2050. En base a este concepto e incorporando además otras variables no climáticas que inciden en la vulnerabilidad de los ecosistemas, se identifican como especialmente afectados para el escenario del año 2050 los pisos de vegetación situados en la zona central del país, entre las Regiones de Coquimbo y

[167] Searle & Rovira (2008) Cambio climático y efectos en la biodiversidad: el caso chileno. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. CONAMA (2008), pp. 502-505.
[168] Santibáñez et al. (2013) Plan de acción para la protección y conservación de la biodiversidad, en un contexto de adaptación al cambio climático. MMA-Fundación Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile; Santiago, 224 p.

Los Lagos. Entre ellos, los más vulnerables serían algunos pisos de vegetación pertenecientes a las formaciones vegetacionales Bosque Esclerófilo, Bosque Caducifolio y Bosque Laurifolio[169]. Los autores consideran que la velocidad de adaptación de las comunidades de plantas y animales no es compatible con la rapidez con que se prevé que seguirán ocurriendo los cambios climáticos en el mundo. Aunque el territorio chileno posee condiciones particularmente favorables para atenuar la magnitud de los cambios en las temperaturas, esto no es lo mismo en el caso de las precipitaciones, las cuales amenazan con seguir disminuyendo durante varias décadas más, amenazando seriamente a los recursos hídricos y a la vegetación natural, que debería adaptarse en una importante extensión del territorio a una condición algo más árida. Los resultados del estudio señalan, también, que la región central mediterránea del país podría ser la más afectada por la disminución de las precipitaciones; para dicha zona se ha indicado como probable para el año 2040, una reducción superior a 30% en el promedio anual de las precipitaciones[170]. En las regiones altas, arriba de los 2.000 m[171], se sentiría con fuerza el aumento de la temperatura, lo cual hará que los ecosistemas de altura requieran particular atención, no sólo por la amenaza climática, sino porque cumplen un importante rol regulador hídrico en las partes altas de las cuencas.

En ambientes marinos, para Chile se pronostican aumentos del nivel medio del mar al año 2100, del orden de los 20 cm entre los 30° y 60° S y de 25 cm entre los 20° y 30° S. Los vientos superficiales se fortalecerán pasando de un promedio de 6,5 m/s en el período 2000-2005, a 7,5 m/s en el período 2071-2100, efecto que asociado a las surgencias tenderían a enfriar las aguas superficiales[172]. Pese a la relevancia del sector pesquero y acuícola dentro de la economía nacional, actualmente Chile no cuenta con un nivel de información detallada respecto de los efectos del cambio climático sobre dichas actividades; lo cual es relevante, dado que se espera que el cambio climático traiga consigo una reorganización de las comunidades de plancton, y en consecuencia, genere efectos sobre especies vinculadas a la pesca. Otro de los efectos esperados se relacionaría con la distribución y la abundancia de mamíferos marinos. Sumado a lo anteriormente señalado, se pronostica la posibilidad de que aumenten eventos con mínima concentración de oxígeno, con repercusiones en la fauna costera y marina, así

[169] Santibáñez et al. (2013).
[170] Searle & Rovira (2008) Cambio Climático y Efectos en la Biodiversidad: el caso chileno. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. CONAMA 2008, pp. 502-505.
[171] Santibáñez et al. (2013).
[172] Santibáñez et al. (2013).

como cambios en la temperatura y salinidad donde se concentran cultivos marinos, lo cual podría causar la diseminación de enfermedades[173].

4.3. INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

4.3.1. Contexto global

Los instrumentos para la gestión ambiental son herramientas de política pública que, mediante regulaciones, incentivos o mecanismos que motivan acciones o conductas de agentes, permiten contribuir a la protección del medio ambiente y, prevenir, atenuar o mejorar problemas ambientales[174] (REMA 2021).

Chile ha adoptado importantes compromisos globales que contribuyen a la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (**ver Anexo 4.5**). En 1994 Chile ratificó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), comprometiéndose a implementar acciones para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. En 2010, la CDB instó a los países a actualizar sus Estrategias Nacionales de Biodiversidad (ENB) de acuerdo con el "Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi". Este plan estratégico propone 20 metas mundiales (Metas de Aichi, **Anexo 4.6**), orientadas a detener la pérdida de diversidad biológica a nivel global y enfrentar a través de las acciones de política pública y privada, las causas subyacentes que provocan su pérdida y deterioro.

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en sus "Perspectivas Ambientales al 2050", plantea la necesidad de fortalecer las políticas públicas y los instrumentos para abordar de mejor manera las presiones directas sobre ella, a través de la promoción del uso sustentable, la inserción de los objetivos de biodiversidad en las políticas y planes intersectoriales, y la protección y restauración de ecosistemas y hábitats, entre otros aspectos. En la misma línea, el nuevo pacto social global que da origen a la "Agenda de Desarrollo Sostenible al 2030" de las Naciones Unidas, plantea 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que buscan enfrentar los problemas sociales, económicos y ambientales que aquejan a los países y al planeta (ODS, **Anexo 4.6**). De acuerdo con dicha agenda no es posible superar la pobreza, el

[173] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016b).
[174] REMA (2021).

hambre y la desigualdad si, entre otros, no se avanza seriamente en la protección y uso sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales.

Anteriormente, Chile ya había suscrito otras convenciones y tratados en materia ambiental, tales como la Convención de Washington; la Convención Ramsar o de Humedales de Importancia Internacional; el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras del Pacífico Sudeste; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kyoto, entre otros (**Ver Anexo 4.5**). En este contexto, diversos esfuerzos fueron realizados por Chile en el avance de la institucionalidad ambiental, los cuales culminaron con la aprobación de la Ley de Bases Generales sobre el Medio Ambiente (Ley N°19.300 de 1994) y la creación de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), como ente coordinador de las distintas instituciones del Estado con competencias relacionadas con el medio ambiente. Asimismo, en el marco de la adhesión del CDB (1992), Chile diseñó y aprobó en 2003 una Estrategia Nacional de Biodiversidad y un Plan de Acción Nacional orientados a conservar y dar uso sostenible a los ecosistemas terrestres y marinos. Para más detalle, ver Tercera Parte de este Informe País.

El año 2010, con la modificación de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°20.417, 2010) se reforma profundamente la institucionalidad ambiental, creando el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y se compromete la creación de un servicio público encargado de la conservación de la biodiversidad y, en particular, de la administración de las áreas protegidas del país. Así en marzo de 2011, el Ejecutivo ingresó al Congreso el Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (proyecto de ley del SBAP, boletín N°7.487-12). Como su título indica, el proyecto de ley tiene por objeto la conservación de la diversidad biológica del país, a través de la preservación, restauración y uso sustentable de las especies y ecosistemas. Asimismo, esta ley permitirá la implementación de instrumentos y mecanismos que ayuden a reducir la pérdida de hábitats de especies nativas, la contaminación, los impactos de especies exóticas invasoras, la sobreexplotación de especies y los efectos del cambio climático global. Luego de un segundo ingreso del proyecto de ley (boletín N°9.404-12) y varios años de tramitación, este proyecto fue finalmente aprobado en su primer trámite constitucional en el Senado y continúa su tramitación en la Cámara de Diputados. Su aprobación es clave para completar la institucionalidad ambiental de Chile. Un resumen de los principales

instrumentos normativos en material de biodiversidad se puede ver en el **Anexo 4.7**.

4.3.2. La estrategia nacional de biodiversidad

Chile en el año 2003 aprobó su primera Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB 2003), cuyo objetivo general era "conservar la biodiversidad del país, promoviendo su gestión sustentable, con el objeto de resguardar su capacidad vital y garantizar el acceso a los beneficios para el bienestar de las generaciones actuales y futuras". La evaluación de esta Estrategia, presentada por el MMA a través del quinto informe nacional de biodiversidad de Chile (2014), concluye que el 50% de las acciones propuestas fueron realizadas. Entre las razones por las cuales determinadas acciones no fueron realizadas, se cuentan principalmente factores como la falta de voluntad política junto con el cambio en las prioridades de trabajo de las entidades encargadas de llevar a cabo la ejecución de las acciones. En cuanto a las metas, el 85% de ellas presentaron un cumplimiento bajo y medio-bajo, mientras que el 15% restantes presentó un cumplimiento medio-alto. Ninguna meta fue cumplida con un nivel alto.

A 10 años de la ENB 2003, y a la luz de los compromisos adquiridos por Chile en materia internacional, particularmente con el CDB, el año 2013 se inició un trabajo multisectorial con actores públicos y privados para actualizar la estrategia vigente y generar un instrumento de política pública que incorporase las Metas Aichi y los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) (**Ver Anexo 4.6**), considerando a su vez las prioridades del país. El impulso a este proceso comenzó con la aprobación del Proyecto GEF/PNUD/MMA "Planificación Nacional de la Biodiversidad para apoyar la implementación del Plan Estratégico de la Convención de Diversidad Biológica, 2011-2020", financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) donde entre otras cosas, se constituye un Comité Directivo Asesor del Proyecto (CDAP), para avanzar en la elaboración de una propuesta de marco político para la nueva Estrategia.

Otro avance, sólo en la planificación y creación de instrumentos, se ha logrado a través de la actualización de los planes de acción de la Política Nacional para la Protección de Especies Amenazadas, la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile, y la Política Nacional de Áreas Protegidas, permitiendo mejorar algunos de los esfuerzos que nacieron al alero de la ENB 2003. Además, a partir de los vacíos identificados en la ENB 2003, se crearon dos nuevos instrumentos, la Estrategia Nacional para la Gestión de

Especies Exóticas Invasoras, y la Estrategia Nacional para la Conservación Marina y de Islas Oceánicas. Por otro lado, el año 2014 fue aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad. Este plan constituye un avance para la implementación de esta nueva Estrategia, al igual que el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y los Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura. En el 2015 se elaboraron también 15 diagnósticos del estado y tendencia de la biodiversidad a nivel regional, que deberían servir de insumo para la actualización de los Planes de Acción Regionales del 2017 en adelante.

Luego de todo este proceso y a 14 años de la primera ENB, se elabora en Chile la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 (ENB) y su Plan de Acción, ambos aprobados el 05 de enero de 2018 por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad. Este nuevo instrumento de política pública establece los principales lineamientos estratégicos y metas nacionales en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad al 2030 y se basa en los siguientes principios orientadores: (1) La biodiversidad es la base del bienestar humano; (2) La equidad y acceso a los beneficios es una prioridad; (3) La conciencia pública y la cooperación son la base para la conservación de la biodiversidad; (4) La intersectorialidad es esencial para la gestión de la biodiversidad; (5) La gradualidad es indispensable en una estrategia de largo plazo; (6) La precaución y prevención contribuyen a salvaguardar el patrimonio natural; y (7) Se requiere Compromiso global y nacional. La ENB cuenta con una Visión y Misión de corto, mediano y largo plazo, cinco objetivos estratégicos y varios lineamientos estratégicos que los articulan (**Ver Cuadro 4.15**), con los cuales se espera: promover el uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano; desarrollar la conciencia, el conocimiento y la participación de la ciudadanía en el resguardo de la biodiversidad como fuente de bienestar; proteger y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; fortalecer la institucionalidad y buena gobernanza; e integrar objetivos de biodiversidad en otros instrumentos sectoriales, generando un marco orientador que articule los principales desafíos del país en este ámbito. Cada uno de los objetivos está a su vez asociado a las metas país al 2030, las metas Aichi y los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) (**Ver Anexo 4.6**).

Cuadro 4.15. Marco estratégico de la ENB 2017-2030.

Visión	La sociedad chilena comprende, valora, respeta e integra la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del país como fuente de su propio bienestar, deteniendo su pérdida y degradación, restaurándolos, protegiéndolos, usándolos de manera sustentable y distribuyendo los beneficios de la biodiversidad de manera justa y equitativa, manteniendo las posibilidades de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras.				
Misión	Impulsar la conservación de la biodiversidad del país, en todos sus niveles, en un marco de buena gobernanza territorial, que garantice el acceso justo y equitativo a los bienes y servicios ecosistémicos para las generaciones actuales y futuras, y fomente las capacidades del país para resguardar, restaurar y usar sustentablemente este patrimonio y legado natural.				
Cinco objetivos estratégicos	Promover el uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano, reduciendo las amenazas sobre ecosistemas y especies.	Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población.	Desarrollar una institucionalidad robusta, buena gobernanza y distribución justa y equitativa de los beneficios de la biodiversidad.	Insertar objetivos de biodiversidad en políticas, planes y programas de los sectores públicos y privados.	Proteger y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.
Metas nacionales al 2030 (resumidas)	Avance significativo en el uso sustentable de la biodiversidad nacional, contribuyendo a la mantención de sus servicios ecosistémicos.	El 60% de la población nacional estará consciente del valor de la biodiversidad nacional y los problemas ecológicos y ambientales que genera su pérdida.	Avance en lograr una institucionalidad que permita la conservación y gestión sustentable de la biodiversidad del país, tanto a nivel local, regional como nacional.	Las instituciones públicas, sectores productivos y de servicios del país, que generen impactos sobre la biodiversidad, habrán avanzado en la aplicación permanente de políticas y medidas para conservar y usar sustentablemente la biodiversidad nacional y sus servicios ecosistémicos.	Se habrá reducido la tasa de pérdida de ecosistemas y especies en un 75% y será cercano a cero donde sea priorizado.
Metas Aichi asociadas	3, 4, 6, 7, 14, 15	1, 18, 19	16, 17, 18, 20	2	5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
ODSs asociados	2, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17	4, 12, 14, 16, 17	6, 14, 15, 16 17	11, 12, 13, 15, 17	2, 6, 14, 15, 17

Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida en ENB 2017-2030 (2017).

Los objetivos y lineamientos estratégicos definidos por la ENB 2017-2030 se implementan a través de su Plan de Acción Nacional. Los ámbitos temáticos que aborda este Plan corresponden a la Conservación de la Biodiversidad Marina y de Islas Oceánicas; las Especies Exóticas Invasoras; las Especies Nativas; las Áreas Protegidas; la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile; y Actividades transversales. Este último ámbito recoge aquellos aspectos que son genéricos para los distintos objetivos de la Estrategia, tales como aspectos de financiamiento, comunicación, institucionalidad, entre otros. Además, incluye actividades del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad. Otros instrumentos de política pública que apuntan a la protección directa o indirecta de la biodiversidad son: el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y

Acuicultura; la formalización del Comité Nacional de Restauración Ecológica; el Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030; la Política Nacional para la Gestión Sustentable de la Montaña en Chile y su Plan de Acción (en proceso de formulación); la Política Forestal 2015-2035, entre otras (**Ver Cuadro 4.16**). Durante el año 2018 se oficializaron también los primeros tres Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies (RECOGE) para el ruil, el llucumillo y para la flora costera del norte de Chile. El objetivo de estos planes es mejorar el estado de conservación de las especies, principalmente a través de la mitigación de las amenazas, con un enfoque en el trabajo colaborativo entre Servicios Públicos, investigadores y sociedad civil. A la fecha, se ha iniciado la implementación de nueve de estos planes: chinchilla de cola corta; fardela blanca; garra de león; golondrinas de mar; huemul de los Nevados de Chillán; picaflor de Arica; más los tres planes antes mencionados[175].

A pesar de estos avances en planes, estrategias e instrumentos para responder a los compromisos internacionales en términos de la protección de la biodiversidad, muchas de estas iniciativas aún no se han concretado y otras no han avanzado lo suficiente como para ver los resultados de esos esfuerzos. El país cuenta con una amplia batería de mandatos, compromisos e instrumentos, que bien podrían ser aplicados y utilizados más eficazmente si hubiese la voluntad política necesaria.

[175] https://simbio.mma.gob.cl/PlanesRecoge. Consultado en diciembre del 2022.

Cuadro 4.16. Principales Políticas, Estrategias y Planes para la conservación de la Biodiversidad en Chile.

Tipo	Título	Fecha
Políticas	Política Nacional para la Protección de Especies Amenazadas	2005
	Política Nacional de Áreas Protegidas (PNAP)	2007
	Política Nacional de Mejoramiento Genético del Ganado Bovino y Ovino	2008
	Política para la Protección y Conservación de Glaciares	2009
	Política forestal 2015-2035	2016
Estrategias	Estrategias Regionales de Biodiversidad	2002
	Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB-2003)	2003
	Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile (ENH)	2005
	Estrategia Nacional de Cambio Climático	2006
	Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y/o Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras	2014
	Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales	2016
	Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 y su Plan de Acción	2017
	Estrategia Nacional de Conservación de Aves 2021-2030	2021
Planes	Plan de Acción País de la ENB-2003	2005
	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) 2008-2012	2006
	Plan de Acción Nacional para Prevenir, Desalentar y Eliminar la Pesca Ilegal no declarada y no reglamentada	2006
	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario	2013
	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014-2019	2014
	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	2014
	Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura	2015
	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC-II) 2017-2022	2017
	Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022	2018
	Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030	2021

4.3.3. Conservación *in situ*: Áreas protegidas

Internacionalmente, se ha llegado al consenso de que la conservación *in situ*, es decir, la creación y manejo de áreas protegidas, constituyen el mecanismo más adecuado para la preservación y conservación de la biodiversidad en sus tres niveles jerárquicos: genes, especies y ecosistemas. Según la definición de la UICN, “Un área protegida es un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado a través de medios legales u otros efectivos para lograr la conservación a largo plazo de la naturaleza junto a los servicios de los sistemas y los valores culturales asociados" (Dudley 2008).

En 2010, los países del mundo acordaron detener la pérdida de biodiversidad, así como asegurar el uso sostenible de los recursos naturales (CDB 2010) en el Plan Estratégico sobre la Diversidad Biológica (CDB). El plan incluye 20 Metas de Aichi para la Diversidad Biológica a cumplir en 2020 y reconoce el rol central de las áreas protegidas para lograr las metas de conservación de la biodiversidad. La meta 11 establece una serie de elementos importantes y necesarios que una red global de áreas protegidas debería proporcionar: para 2020, al menos el 17 por ciento de las áreas terrestres y de aguas continentales y el 10 por ciento de las

zonas marinas y costeras (especialmente las áreas de especial importancia para la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas) se conservarán mediante sistemas de áreas protegidas y otras medidas eficaces de conservación basadas en el área que sean gestionados de manera efectiva y equitativa, resulten ecológicamente representativos, bien conectados e integrados en los paisajes terrestres y marinos más amplios (CDB, 2010)[176].

4.3.3.1 Áreas Protegidas Públicas

El desarrollo y gestión de las áreas protegidas (AP) en Chile comenzó a inicios del siglo XX, antes de la existencia de una ley de medio ambiente o de un organismo del Estado cuyo propósito fuera velar por la preservación de la biodiversidad. El primer hito relevante en este sentido es la creación en 1907 de la Reserva Forestal Malleco, por decreto del Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL)[177], seguido luego por la Ley de Bosques de 1925 y 1931; la Convención de Washington en 1940; y la creación en 1970 de la Corporación de Reforestación (COREF), órgano que en 1972 pasó a denominarse Corporación Nacional Forestal (CONAF). La CONAF ha sido una institución relevante en la historia de la administración de las AP del Estado en el ámbito de los ecosistemas terrestres. Fue creada como un órgano de derecho privado, sin fines de lucro y subordinado al Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Sus principales funciones son el fomento forestal, el combate y control de incendios forestales y la administración de áreas silvestres protegidas del Estado en el ámbito terrestre.

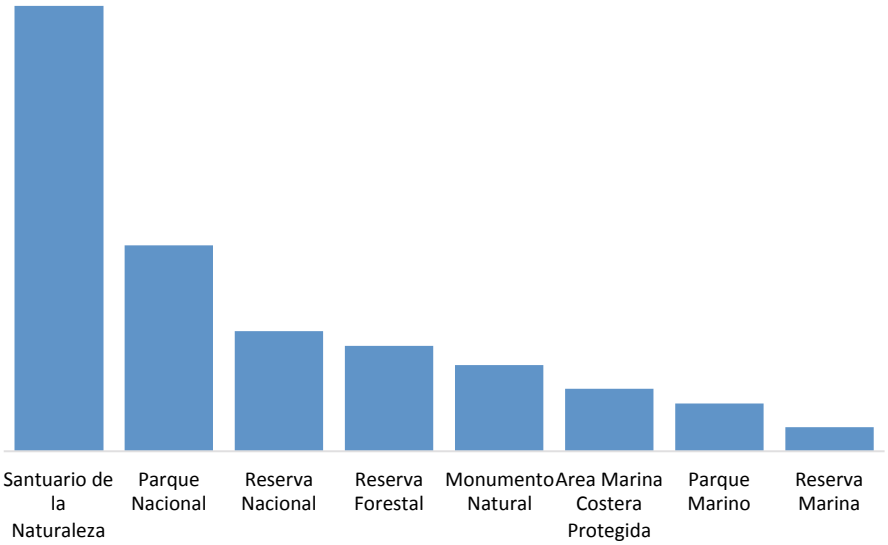
En 1984, la ley N°18.362 creó el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); sin embargo, dicha ley no entró en vigor ya que quedó supeditada a la creación de la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables, como servicio público descentralizado, cuestión que no se materializó. En razón a lo anterior, las áreas silvestres protegidas del Estado se sustentan legalmente en la Ley de Bosques de 1931; en el D.S. N°531 de 1967 que ratifica la Convención de Washington de 1940; y en el D.L. N°1.939 de 1977 sobre adquisición y administración de bienes del Estado. Años más tarde, en 2014, se crea[178] el Comité Nacional de Áreas Protegidas, cuyo objetivo central es constituirse en una instancia de apoyo técnico y de consulta respecto de políticas, programas, planes, normas y proyectos asociados a la creación, manejo y financiamiento de las áreas protegidas. Uno de los desafíos del comité es la

[176] UNEP-WCMC (2015) Manual de Usuario 1.4 de la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas.
[177] Decreto N°540 de 1907 del Ministerio de Relaciones Exteriores MINREL.
[178] Resolución Exenta N°83 del 03 de febrero de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente MMA.

implementación del Plan de Acción Nacional de Áreas Protegidas (2015-2030), parte de la ENB y del Plan Estratégico 2011-2030 del CDB.

Actualmente Chile cuenta con 229 APs que cubren un total de 159.942 km^2 de superficie terrestre y 1.512.449 km^2 de superficie marina, correspondiente a 21 y 41% de cobertura respecto al área total del país, respectivamente. Las APs consideran un espectro amplio de niveles de protección, existiendo diferentes tipos según el nivel de restricciones establecidas para cada categoría de manejo. El desarrollo legislativo e institucional de las áreas protegidas en Chile ha llevado a la constitución de 8 distintas categorías, las cuales cumplen con los siguientes criterios: (1) tienen como objetivo la conservación de la biodiversidad, (2) cuentan con mecanismos institucionales para su designación y manejo, (3) se constituyen sobre espacios geográficos bien determinados. Estas categorías corresponden a: Parque Marino; Parque Nacional; Monumento Natural; Santuario de la Naturaleza; Reserva Forestal; Reserva Nacional; Reserva Marina; y Área costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU). A esto se agregan dos designaciones de tipo internacional que corresponden a los sitios Ramsar y a las Reservas de la Biósfera de la UNESCO. En la **Figura 4.6** se presenta el número de APs para cada una de estas categorías.

Figura 4.6. Número de Áreas Protegidas de Chile por categoría área de designación.

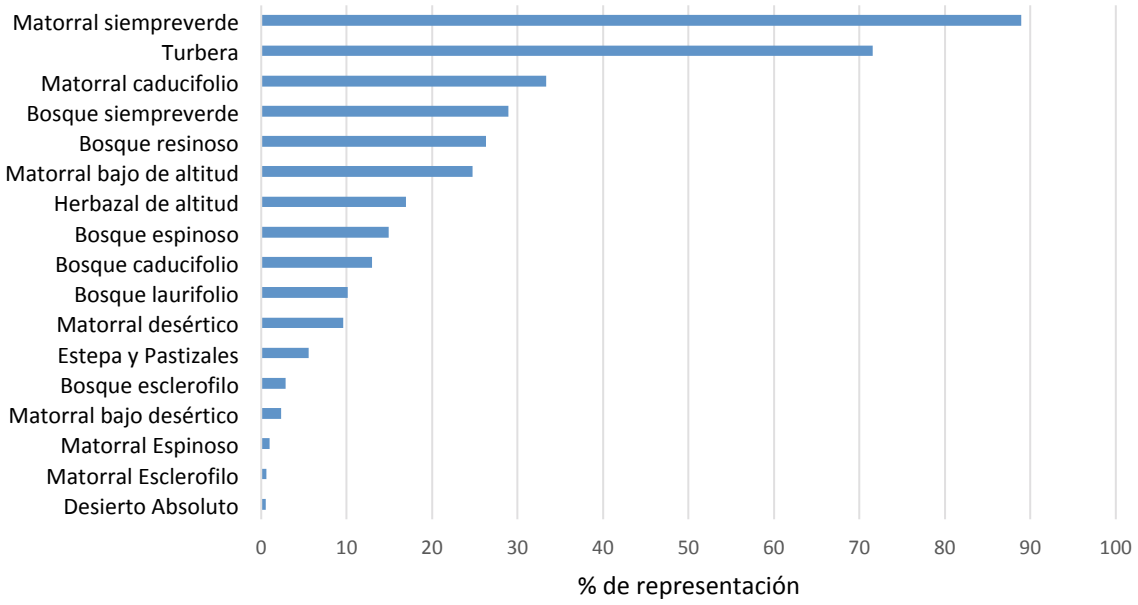


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en noviembre del 2022 desde el Registro Nacional de Áreas protegidas, http://areasprotegidas.mma.gob.cl

A pesar de la alta concentración de áreas protegidas y de superficie representada en el ámbito terrestre y marino, todavía persisten importantes vacíos de representatividad para un número importante de ecosistemas, por lo que estos valores deben ser tomados con precaución. Respecto a la representatividad de las ecorregiones terrestres, los datos entregados por el Registro Nacional de Áreas Protegidas[179], muestran que de las 11 ecorregiones clasificadas por el MMA, sólo 5 (45%) alcanzan el porcentaje de representatividad estipulado para el cumplimiento de la meta Aichi 11[180]. Para las ecorregiones marinas, por su parte, 3 de las 7 (43%) están correctamente representadas en las APs. Una situación similar se observa al analizar la representatividad de biomas dentro del SNASPE. Según el Informe de las Áreas Protegidas del Estado de 2015, más del 12% de los ecosistemas no se encuentra incluido en ninguna categoría AP y otro 24% posee menos de 1% de sus áreas bajo algún sistema de protección. Los biomas mejor representados son el matorral siempre verde y las turberas, mientras que el desierto absoluto, el matorral esclerófilo, espinoso, y bajo desértico, junto con el bosque esclerófilo y las estepas y pastizales de la zona austral, prácticamente no tienen protección (**Ver Figura 4.7**). Estas observaciones se corresponden bastante bien con el análisis hecho por Martínez-Tilleria et al. (2017), quienes identificaron 15 ecosistemas sub-representados en el SNASPE, dentro de los cuales aquellos dominados por matorrales y bosques del centro de Chile serían los menos representados (sólo un 3%, **Cuadro 4.4**). Estos y otros antecedentes indican que el matorral esclerófilo del centro de Chile, o matorral chileno, a pesar de ser biológicamente uno de los ecosistemas más ricos del país[181], es probablemente el más amenazado en Chile continental, debido, a su histórica reducción en extensión[182] y a la falta actual de protección.

[179] http://areasprotegidas.mma.gob.cl, consultado en julio 2019.
[180] Meta Aichi 11: Para 2020, al menos el 17% de las zonas terrestres y de aguas continentales y el 10 % de las zonas marinas y costeras estarán conservadas en áreas protegidas. Más detalles en Anexo 4.6.
[181] Rundel (1981); Arroyo et al. (1993); Cowling et al. (2005), en Martínez-Tilleria et al. (2017).
[182] Holmgren et al. (2000) y Armesto et al. (2007, 2010), en Martínez-Tilleria et al. (2017).

Figura 4.7. Representación de biomas terrestres en el SNASPE.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en julio 2019 desde el portal del Registro Nacional de Áreas protegidas, http://areasprotegidas.mma.gob.cl

Respecto a la protección de áreas en los ambientes marinos y costeros, a pesar de que en términos generales existe un 12,9% de protección de la Zona Económica Exclusiva, el 97% de dicha superficie corresponde a dos áreas, el Parque Marino Motu Motiro Hiva, con 1.500 km^2; y el Parque Marino Nazca Desventuradas, con 3.000 km^2, que protege la provincia biorregional de Isla de Pascua; la superficie restante corresponde a las áreas marinas protegidas establecidas en el borde continental y que aportan marginalmente a la representatividad del resto de las ecorregiones marinas del país[183]. Tampoco se encuentran bajo medidas de conservación los cañones submarinos ni los ambientes pelágicos ni demersales. Asimismo, existen vacíos en los esfuerzos de conservación en la zona norte, central, los fiordos y canales del sur y las islas oceánicas[184].

Finalmente, es importante notar que la sola existencia de una AP no garantiza necesariamente su adecuada conservación[185]. Uno de los grandes desafíos institucionales es la creación de áreas protegidas con planes de manejo que permitan la conservación efectiva de la biodiversidad. Hasta 2017, sólo 42% de las APs contaban con un plan de manejo vigente (es decir, un plan con antigüedad no superior a 20 años), representando no más de 10% del total de la superficie

[183] Ministerio del Medio Ambiente (2014b). *Op. cit.*
[184] Ministerio del Medio Ambiente (2014b). *Op. cit.*
[185] Jones et al. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. Science 360:778-791.

protegida del país[186]. Entre las APs que cuentan con planes de manejo la mayoría corresponden a Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Reservas Forestales y Monumentos Nacionales, mientras que entre los casi 60 Santuarios de la Naturaleza, sólo 14 cuentan con plan de manejo y ninguna de las Áreas Marinas Costeras Protegidas ni los Parques Marinos cuentan con algún instrumento concreto de protección.

4.3.3.2 Otras designaciones para la conservación in situ

Además de las áreas protegidas existen otros instrumentos de conservación de espacios terrestres o acuáticos, como las Iniciativas de Conservación Privada (ICP); los Bienes Nacionales Protegidos (BNP); los Paisajes de Conservación (PC); los Sitios Prioritarios de la ENB y la Ley N°19.300 (artículo 11, letra d). Las Designaciones Internacionales de Protección, como las Reservas de la Biosfera y los Humedales de Relevancia Internacional (Sitios Ramsar), que aun cuando no son consideradas áreas protegidas oficiales en nuestro país, son homologables a las categorías de áreas protegidas V o VI de UICN, razón por la cual fueron presentadas en la sección precedente.

En la actualidad se estima que en el país existen casi 400 áreas de protección fuera del SNASPE (sin contar las Designaciones Internacionales que suman otras 24 áreas), las que en conjunto suman una superficie aproximada de 16.000.000 ha (**Ver Cuadro 4.17**). Las ICP son porciones de tierra de cualquier tamaño que: i) están gestionadas con el fin primordial de conservar la biodiversidad, ii) están protegidas con o sin reconocimiento formal del Estado, y iii) están gestionadas por, o a través de, personas individuales, comunidades, corporaciones u organizaciones no gubernamentales[187]. Sin tener una base legal, son iniciativas privadas que han sido catastradas el año 2013 por el proyecto conjunto de ASI Conserva Chile A.G., para el Proyecto MMA PNUD/GEF SNAP. En Chile se han registrado 232 ICP. Los BNP, con 58 unidades registradas en Chile, corresponden a bienes fiscales, que son protegidos a través del instrumento de auto destinación al Ministerio de Bienes Nacionales y que pueden ser concesionados con fines de conservación y desarrollo sustentable a instituciones privadas interesadas. Los PC, con sólo 2 unidades presentes en Chile, son territorios que poseen un patrimonio natural y valores culturales y paisajísticos asociados de especial interés regional o nacional para su conservación. Están delimitados geográficamente incorporando propiedad pública y/o privada, y son gestionados a través de un acuerdo de

[186] Ministerio del Medio Ambiente (2018c). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente.
[187] Langholz & Krug (2003) Private protected area action plan: WPC Governance Stream, Parallel Session 2.5. World Parks Congress, Durban.

adhesión voluntaria entre los actores locales, en el cual se establecen objetivos explícitos para implementar una estrategia consensuada y efectiva de conservación y desarrollo, por medio de actividades que se fundamentan en la protección y puesta en valor del patrimonio, en la vulnerabilidad de este y en el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, tanto de la ENB como de la Ley N°19.300, nacen de un trabajo realizado en cada una de las regiones de Chile, al amparo de los Comités Regionales de Biodiversidad, coordinados por la entonces CONAMA, entre los años 2001 y 2002. La gran mayoría de estas áreas de protección son de extensión pequeña y mediana, las cuales se consideran insuficientes como AP *per se*, pero su conjunto las hace complementarse y hacerlas útiles para los esfuerzos de conservación nacionales.

Cuadro 4.17. Otras designaciones de Áreas Protegidas en Chile.

Otras designaciones de AP en Chile	Nº	Superficie (ha)
Iniciativas de Conservación Privada (ICP)	232	1.255.341
Bien Nacional Protegido (BNP)	58	616.524
Paisaje de Conservación (PC)	2	0,1
Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	266	9.575.763
Sitio Prioritario (Ley N°19.300, artículo 11, letra d)	64	4.606.974
Total	**390**	**16.054.602**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en julio 2019 desde el Registro Nacional de Áreas protegidas, http://areasprotegidas.mma.gob.cl

Otro tipo de iniciativas de protección más específicas son por ejemplo aquellas desarrolladas en el marco de la ENB 2017-2030, para avanzar en la gestión y protección de humedales. Al 2018, se registraban 89 iniciativas de carácter permanente en este ámbito, 17 de ellas de alcance nacional y 72 de alcance regional. Las regiones con mayor cantidad de iniciativas en curso son las Regiones de Atacama, Coquimbo, Metropolitana, y Los Lagos, con un total de siete iniciativas en cada Región. Cabe mencionar que las actividades que contaban con mayor cantidad de iniciativas correspondían al fortalecimiento de la gobernanza local (15 iniciativas) y al fortalecimiento y armonización del marco legal (15 iniciativas), mientras que las menos hacían relación con la implementación del Plan Nacional de Restauración de Humedales, el levantamiento de información para establecer jerarquías de protección o para la mantención de redes de monitoreo[188].

Un interesante trabajo sobre la representatividad ecosistémica en áreas protegidas públicas y privadas en Chile fue reciente publicado por Pliscoff (2022) a través de un informe publicado por el Centro de Estudios Públicos CEP[189]. Los

[188] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2018c).
[189] Pliscoff (2022).

resultados del análisis de representatividad muestran que para escenario de protección que solo considera aquella protección oficial del Estado, de los 125 pisos de vegetación se identifican 11 ecosistemas sin protección, los cuales se distribuyen principalmente en la zona norte y en el centro del país. Además, se identificaron 79 ecosistemas con menos del 17% protegido y 35 sobre el 17%. Esto da cuenta de una representación adecuada de solo el 28% de los ecosistemas presentes en el país. Por otra parte, el escenario de protección privada, a pesar de cubrir solo el 1,65% del territorio nacional, aporta con la representación de una parte de la superficie del 56,8% de los ecosistemas terrestres del país. La gran mayoría de las áreas protegidas privadas posee un tamaño menor que las del Estado, por lo que la representación de grandes superficies de un mismo ecosistema es baja: solo 3 de los 125 ecosistemas posee más del 17% de protección exclusivamente bajo protección privada.

Al analizar el escenario de protección que combina la protección oficial y la protección privada, el número de ecosistemas sin protección baja a 8, lo que significa que existen 3 ecosistemas que no tienen representación bajo protección oficial y que sí están representados por un área protegida privada. Este es el caso del Matorral Bajo Tropical Andino de *Fabiana denudata–Chuquiraga atacamensis*, ubicado en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, el Matorral Bajo Desértico Mediterráneo Andino de *Senecio proteus-Haplopappus baylahuen*, ubicado en la Región de Atacama y el Bosque Caducifolio Mediterráneo de *Nothofagus obliqua–Persea lingue*, ubicado en las Regiones del Biobío y de la Araucanía. Bajo el escenario público-privado, 76 ecosistemas poseen menos del 17% de su superficie bajo protección y 41 sobre el 17%. En un escenario que combina ambas protecciones se representa adecuadamente el 32,8% de los ecosistemas terrestres presentes en el país. Es relevante además dar cuenta que 7 ecosistemas aumentan su representación sobre el 17%, debido a la adición de áreas de protección privada[190]. Estos se encuentran en la zona sur del país, en la Región de Los Lagos y en la Región de Magallanes. Los resultados de este trabajo hacen notar el importante rol que cumple la conservación privada en Chile y la importancia de avanzar hacia una institucionalidad que incorpore, dé respaldo, y establezca lineamientos a la conservación voluntaria en Chile, al margen de lo realizado por el Estado (SNASPE). Avances como la recientemente aprobada ley de donaciones que incorporan los fines ambientales y/o de conservación son

[190] Pliscoff et al. (2022).

importantes, así como la implementación de una plataforma que reconozca legalmente a estas iniciativas[191].

4.3.4. Conservación *ex situ*

Las medidas de conservación *ex situ* se utilizan para aquellos casos en que el estado de conservación es crítico, o la conservación *in situ* es inviable. Estas acciones, que se desarrollan fuera de los sitios donde las especies se encuentran en estado natural, contemplan desde el almacenamiento de recursos genéticos en bancos de germoplasma hasta los centros de preservación de especies de flora y fauna, como los jardines botánicos, por ejemplo. Tienen como objetivo contar con muestras o especímenes de las especies para su conocimiento, estudio y reproducciones futuras.

Los bancos de germoplasma (Gene Banks, en inglés) son Centros para la conservación *ex situ* de recursos genéticos que funcionan bajo condiciones adecuadas para prolongar la vida del material conservado. Para operar adecuadamente y ser considerados como tales, los bancos de germoplasma deben contar con capacidad administrativa, financiera, técnica, tecnológica y de información permanente, que asegure su sostenibilidad[192]. En Chile, estos centros de conservación han sido principalmente desarrollados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el cual desde su creación en 1964 mantiene y caracteriza germoplasma vegetal en el marco de los programas de mejoramiento genético de cultivos (arroz, avena, trigo, entre otros). Entre 1989 y 1995, con el apoyo de la Agencia Internacional de Cooperación del Japón, (JICA) y del Estado de Chile, INIA ejecutó un Proyecto de Conservación de Recursos Genéticos Vegetales cuyo principal producto fue la consolidación de bancos de germoplasma que permitieran la conservación *ex situ*, principalmente en forma de semillas, de los recursos genéticos vegetales del país[155].

Desde 2013, se formaliza en INIA la "Red de bancos de germoplasma", conformada por un Banco Base, cuyo objetivo es la preservación a largo plazo (más de 50 años) y cinco Bancos Activos para la conservación a mediano plazo, cuyas funciones involucran también monitorear la variabilidad y viabilidad, intercambio, multiplicación, caracterización, documentación, uso y valorización de las colecciones de germoplasma, que hoy superan las 45.000 accesiones o

[191] Root-Bernstein M, Montecinos-Carvajal Y, Ladle R, Jepson P & Jaksic FM (2013) Conservation easements and mining: The case of Chile. Earth's Future 1: 33-38. https://doi.org/10.1002/2013EF000136

[192] León Lobos et al. (2018b), en "Conservación *ex situ*", Ministerio del Medio Ambiente MMA.

muestras de especies y variedades de vegetales cultivadas y nativas, además de 5.000 accesiones de microorganismos benéficos con aplicación en la agricultura. Al presente se ha logrado recolectar alrededor de 2.000 muestras de semillas, correspondientes a 1.266 especies. De estas, un 67% son endémicas y el 33% restante nativas de Chile. Hay una fracción menor al 0,5% de especies introducidas. Del total conservado, un 39% corresponde a hierbas anuales y perennes, 36% a arbustos y 13% a geófitas, seguido de cactus, árboles y una menor fracción de lianas y plantas parásitas. Una fracción no menor corresponde a especies amenazadas de extinción, como pacul (*Krameria cistoidea*), algarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium*), dalea (*Dalea azurea*), garra de león (*Leontochir ovallei*) y azulillo (*Tecophylaea cyanocrocus*)[193]. En lo que respecta a microorganismos (bacterias, microalgas y otros organismos unicelulares), existen colecciones de trabajo mantenidas en universidades, destacando la Universidad de Concepción, Universidad de Chile, Universidad de La Frontera y Universidad Austral. También hay una colección de microorganismos conservadas en el Instituto Forestal, INFOR. Estas colecciones se han creado en el marco de proyectos de investigación por lo que su conservación no se encuentra garantizada.

Otro de los instrumentos usados son los jardines botánicos. Estos se definen como colecciones de plantas vivas que difieren de otros jardines y parques porque están destinados a generar conocimiento sobre las plantas con el fin de apoyar su conservación y utilización en la agricultura, la horticultura y la floricultura[194]. Sus propósitos fundamentales, según la definición de la Botanic Gardens Conservation International (BGCI) son: Rescatar el germoplasma amenazado; Producir material para la reintroducción en los hábitats degradados; Producir material para la investigación; Almacenar el germoplasma en diversas formas: bancos de semillas, colecciones de campo, bancos de germoplasma; Proveer material para múltiples propósitos con el fin de reducir la presión contra la recolección de plantas silvestres; y Disponer de material para los programas de educación[195]. Además, los jardines botánicos cumplen un rol cultural y social, al ser una alternativa cercana para que las comunidades puedan tener acceso al descubrimiento y conocimiento de la flora. En Chile existen alrededor de 15 jardines botánicos, entre oficiales (inscritos en la BGCI) y no oficiales, que cumplen con los propósitos antes descritos (**Ver Cuadro 4.18**).

[193] León-Lobos et al. (2018).
[194] Teiller (2008), en "Jardines Botánicos", Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. CONAMA, Santiago, Chile.
[195] Celis (2018b) "El rol de los jardines botánicos en la conservación de la biodiversidad". Ministerio del Medio Ambiente MMA, Santiago, Chile.

Cuadro 4.18 Jardines botánicos en Chile.

Nombre del Jardín o Arboretum	Ciudad
Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile	Valdivia
Jardín Botánico Nacional	Viña del Mar
Arboretum de la Universidad Austral de Chile	Valdivia
Parque Botánico Hualpén	Concepción
Corporación Jardín Botánico Chagual	Santiago
Jardín Botánico de la Universidad de Talca	Talca
Jardín Botánico "Carl Skottsberg", Universidad de Magallanes	Punta Arenas
Proyecto Jardín Botánico de la Región de Atacama	Copiapó
Proyecto Jardín Botánico de la Serena	La Serena
Arboretum Antumapu de la Universidad de Chile	Santiago
Arboretum Frutillar de la Universidad de Chile	Frutillar
Jardín Mapulemu del Parque Metropolitano	Santiago
Jardín del Instituto del Desierto, Universidad de Antofagasta	Antofagasta

4.3.5. Restauración de ecosistemas

Considerando la progresiva tendencia a la pérdida de diversos paisajes forestales y formaciones xerofíticas en Chile, la sola integración de estos sistemas dentro de áreas protegidas no es un medio suficiente para resguardar su permanencia en el tiempo. En este contexto, se hace cada vez más necesaria una intervención activa que permita recuperar, al menos en parte, los ecosistemas degradados. A esto apunta la "Restauración Ecológica", definida por la Ecological Society for Restoration como "el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido". La restauración ecológica de un ecosistema promueve reestablecer las funciones (procesos), integridad (composición de especies y estructura comunitaria) y capacidad de resistir a futuras perturbaciones (persistencia y resiliencia)[196].

El 2017 se constituye en Chile el Comité Nacional de Restauración Ecológica, cuya tarea es asesorar al MMA en la definición de acciones y criterios para la restauración ecológica de las áreas de biodiversidad nativa; sugerir iniciativas o apoyar acciones tempranas que contribuyan a la restauración ecológica; y contribuir a la definición e implementación de un marco de trabajo de corto, mediano y largo plazo de las tareas de restauración[197]. Según la base de datos del Registro Nacional de Restauración Ecológica, se contabilizan en la actualidad un total de 84 iniciativas en ejecución en distintas comunas del país, lo que corresponde a una superficie de 205.279 ha bajo programas de restauración y una inversión de $12.601.000.000 pesos chilenos. En cuanto a las fuentes de financiamiento de las iniciativas de restauración ecológica, 59% proviene de

[196] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2018b).
[197] Comité Nacional de Restauración Ecológica (2018). Documento Marco Restauración Ecológica.

fuentes públicas, 37% de fuentes privadas, 2% de fondos concursables internacionales y 2% a partir de donaciones. El uso de suelo donde se realizan este tipo de iniciativas son principalmente bosque nativo, terreno silvícola y terreno mixto[198].

Un importante avance en la restauración en Chile se logra el 2021 con la aprobación para su implementación del Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030, oficializado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, y que coordinan los ministerios de Agricultura (con la participación de la Corporación Nacional Forestal CONAF) y del Medio Ambiente[199]. El propósito de este plan es recuperar los bienes y servicios ecosistémicos y la biodiversidad; reducir las amenazas y presiones sobre distintos ecosistemas; y aumentar los beneficios ambientales, económicos y sociales, favoreciendo una economía de la restauración basada en alianzas público-privada sustentables, como un compromiso a nivel país. Con una ambiciosa meta (un millón de hectáreas a restaurar), este plan será un elemento clave para la regeneración de ecosistemas degradados que permitan capturar más carbono y cumplir el compromiso de reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero al 2030, como meta establecida en nuestra Contribución Determinada a Nivel Nacional actualizada (NDC 2020), aprobada durante la Presidencia de la COP25 de Cambio Climático e integrada a la Estrategia Climática de Largo Plazo (2021). El plan considera además: procesos de restauración ecológica; rehabilitación de suelos erosionados; rehabilitación de ciclos hidrológicos; recuperación de paisajes y ecosistemas afectados por incendios forestales, catástrofes u otros factores de degradación; restauración, conservación y protección de áreas naturales o de valor ecológico en ambientes terrestres, marinas, de aguas continentales o mixtos; entre otros.

4.3.6. La percepción de los diversos actores

Aun cuando Chile ha logrado grandes avances hacia el conocimiento y la conservación de la biodiversidad, una gran parte de la población nacional permanece ajena a estos temas, lo que denota una falencia en la efectividad con que el Estado y el mundo académico transfieren estos conocimientos hacia la ciudadanía. Durante 2014 y 2015, el MMA realizó encuestas a nivel nacional sobre la percepción de los ciudadanos acerca de los principales problemas ambientales

[198] Información consultada en https://restauracionecologica.mma.gob.cl/indicadores/ en noviembre del 2022.
[199] Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal & Ministerio del Medio Ambiente (2021). Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030.

que nos afectan. Dentro de las respuestas obtenidas, nadie mencionó algún deterioro a la biodiversidad, al patrimonio natural o a la naturaleza como un fenómeno que los afecte directamente. Pese a ello, también en ambas encuestas, el 70% de los entrevistados declara haber visitado, al menos una vez en su vida, un Parque Nacional, Santuario de la Naturaleza o Reserva Nacional. Los resultados de estas encuestas demuestran que la protección de la biodiversidad no parece ser un tema suficientemente comprendido y del cual se sienta parte la mayoría de la población, lo que implica un desafío importante como país.

Un proceso de consulta más reciente, realizado en el marco del levantamiento de información para la elaboración del "Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile"[200] consideró la inclusión de una pregunta sobre el conocimiento del estado de la biodiversidad, a los grupos de interés relevantes identificados durante el proceso (Academia, ONGs, centros de investigación, municipios y establecimientos educacionales certificados ambientalmente, clubes de forjadores ambientales, entre otros). La consulta efectuada consideró 3 niveles: nacional, regional y comunal. Para el primer nivel de consulta (nacional) se consideró a los grupos de interés compuestos por académicos/investigadores y ONGs de escala nacional. Para este grupo, más del 40% de los encuestados considera que el estado de la biodiversidad nacional ha empeorado en los últimos 4 años, mientras que solo el 18% piensa que ha mejorado. A escala regional se consultó sobre el estado de la biodiversidad a las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMIs) del MMA y a las comunidades locales que han desarrollado proyectos de conservación y/o protección ambiental con el MMA, financiados por el Fondo de Protección Ambiental (FPA). Para este caso, sobre el 38% de los encuestados manifiesta que el estado de la biodiversidad regional ha empeorado, mientras que sólo el 14% y 9% de los encuestados de las SEREMIs y comunidades locales, respectivamente, percibe una mejora en el estado de la biodiversidad regional. Finalmente, a nivel comunal, se observó que sobre el 33% de los encuestados manifiesta que el estado de la biodiversidad comunal ha empeorado en los últimos 4 años, mientras que los encuestados que manifiestan que ha mejorado se encuentra por sobre el 22% (establecimientos educacionales y forjadores ambientales); sólo el 10% de los profesionales de los municipios manifiesta una mejora de la biodiversidad comunal[201].

[200] Ministerio del Medio Ambiente (2020).
[201] Ministerio del Medio Ambiente (2020).

A nivel escolar y municipal, sin embargo, se ha observado un aumento en el número de establecimientos certificados por su gestión ambiental en el Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (SNCAE) –en el caso de establecimientos educacionales– y en el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) –en el caso de las Municipalidades–, incrementando los contenidos referidos a biodiversidad. Hasta octubre de 2022, 1.082 colegios habían obtenido un nivel de certificación de excelencia[202], mientras que 86 municipalidades habían alcanzado este nivel[203]. Por otro lado, a través de la Fundación Sendero de Chile, se ha desarrollado el programa de "Comunicación, Educación y Conciencia Pública en Biodiversidad" (CEPA), que contempla actividades al aire libre en espacios representativos de la diversidad ecológica del país. El MNHN, por su parte, aporta con el programa "Museo a tu Comuna" (MUVACO), generando conciencia sobre la importancia de la biodiversidad y su conservación[204], por nombrar algunas iniciativas ya instaladas institucionalmente y que involucran a la ciudadanía en forma activa.

En el ámbito de la participación de los pueblos indígenas en la conservación de la biodiversidad, la Corporación de Desarrollo Indígena (CONADI), ha implementado desde 2008 el "Programa de Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales". Este programa ha realizado estudios ambientales, además de capacitaciones y talleres, los cuales promueven las prácticas productivas sustentables. Por otro lado, el Ministerio de Salud (MINSAL) cuenta con el "Programa de Salud y Pueblos Indígenas" que opera en los Servicios de Salud, y tiene un enfoque intercultural, con el fin de rescatar los conocimientos tradicionales y el valor de los recursos naturales y la biodiversidad para su uso medicinal[205].

Las organizaciones de la sociedad civil, como las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), fundaciones y otras, son un componente central en representar y canalizar los intereses de la sociedad civil en temas relacionados a la conservación de la biodiversidad. En las últimas décadas, han emergido numerosas ONGs locales como el Comité Nacional Pro Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF); Ecoceanos; Defensores del Bosque Chileno; Fundación Terram, entre otras, y de influencia global, tales como Conservation International, The Nature Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF), Oceana, World Resources

[202] Sitio web del Programa Escuelas Sustentables del MMA: https://sncae.mma.gob.cl
[203] https://educacion.mma.gob.cl/gestion-local/sistema-de-certificacion-ambiental-municipal/
[204] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2014b).
[205] Ministerio del Medio Ambiente MMA (2014b).

Institute, entre otras (Zimmerer et al., 2004). Estos nuevos actores políticos internacionales jugarían un rol clave en la conservación ambiental, complementando las acciones de los sectores gubernamentales y de negocios y desarrollando funciones de carácter público, suministrando un amplio espectro de servicios que mejoran la calidad de vida de las comunidades donde se desempeñan.

En Chile, la mayor parte de lo que se sabe sobre el patrimonio biológico del país es producto de la actividad académica[206]. Sin embargo, la relación funcional de la ciencia chilena con la conservación de esta biodiversidad es menos clara. Esto sucede simplemente por una falta de interés de los biólogos en materias de conservación. Ello queda demostrado por la declinación en la construcción de taxonomías y por los escasos incentivos. A pesar de lo anterior, comienza a darse un creciente interés de la academia y de los instrumentos tradicionales de financiamiento (FONDAP, ICM, PIA, etc.) por desarrollar temas de biodiversidad y sustentabilidad, lo que ha dado nacimiento a varios centros y grupos de investigación enfocados en estos aspectos. Ejemplos de ellos son el Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES), el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), el Instituto de Socio-ecología Costera (SECOS), y el Núcleo de Conservación Marina, entre otros.

En el ámbito productivo, aunque siempre está la tendencia de que las iniciativas de conservación deriven en obstáculos al desarrollo del comercio y la producción, han sido los parámetros internacionales de la industria y los llamados de organismos externos, como la OCDE, quienes ejercen influencia para que las empresas nacionales se coloquen a la par con sus competidores del exterior, sobre todo del mundo desarrollado, en términos de tecnología y uso de los recursos. Sin duda, tanto en el ámbito privado como en la institucionalidad pública, falta integrar un enfoque ecosistémico, que considere la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas en la definición de alcances y restricciones de su quehacer.

[206] Jaksic F, Camus P & Castro S (2012) Ecología y Ciencias Naturales: Historia del conocimiento del patrimonio biológico de Chile. Ediciones CASEB/DIBAM, Santiago, 228 pp. https://www.researchgate.net/publication/348977178

4.3.7. Avances para el conocimiento de la biodiversidad y desafíos pendientes

Una frase popularmente acuñada es que, para poder proteger la naturaleza, primero es necesario conocerla. Esta premisa cobra vital importancia si se considera que aún se desconocen muchos de los factores que influyen en la biodiversidad y en sus interacciones. De hecho, incluso en una de sus expresiones más tangibles, la diversidad de especies, se estima que se desconocen entre un 80-85% del total de éstas[207]. Para poder ser más efectivos en la conservación de la biodiversidad es necesario conocer más sobre ella.

Para avanzar en el conocimiento de la biodiversidad se necesita primordialmente más investigación y monitoreo a largo plazo. Sin embargo, también es necesario avanzar en la manera en que se transfiere el conocimiento a los tomadores de decisiones y a la ciudadanía. La mayor parte de la información proveniente de la academia tiene un formato que no es fácil de obtener, conocer y comprender. En este aspecto el mundo académico se enfrenta al desafío de aprender a "traducir" la información generada a un lenguaje no técnico, mientras que el desafío para los organismos del Estado está en abrir más instancias de comunicación que permitan generar políticas públicas basadas en evidencia. Una propuesta al respecto involucra mayor asignación presupuestaria al MMA y al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MINCYT) para mayor difusión ciudadana de la importancia de la biodiversidad.

Esta brecha, entre quienes producen el conocimiento y quienes lo necesitan para tomar decisiones de política pública, sobre todo en el ámbito legislativo, se puede explicar por la existencia de múltiples barreras: (1) Comunidades disonantes, esto es que los académicos por un lado desconocen cómo funciona el proceso de formación de leyes y que los tomadores de decisión, por otro, desconocen cómo funciona el mundo académico y el proceso científico; (2) Falta de incentivos y capacidades para participar, tanto para el sector académico como para el de tomadores de decisión; (3) Limitaciones de las vías de acceso en el Congreso[208][209]. Un prometedor avance en esta línea es "Vincula", una plataforma desarrollada para crear un espacio de encuentro entre los investigadores y académicos y los

[207] Perspectiva Mundial sobre Diversidad Biológica (2001). Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Canadá.
[208] Reyes-Mendy (2021) ¿Es posible pensar en un Honest Knowledge Broker en el espacio legislativo? Colloquio LIES. Ciencia Política y Políticas Públicas: ¿Qué relaciones? 7 octubre 2021.
[209] Reyes-Mendy et al. (en revision en Parliamentary Studies). Legislative Science Advice in Chile: Exploring a Decade of Knowledge Producers Participation in Environmental Committee Discussions

miembros del Congreso Nacional, que permita promover el intercambio de conocimiento entre ambas comunidades; fortaleciendo una cultura de la evidencia, contribuyendo a la calidad y legitimidad del proceso de formación de la ley, y reduciendo las brechas de género y de centralismo existentes. "Vincula" funciona como una plataforma abierta, en la cual investigadores y académicos pueden registrarse y crear un perfil en base a su experticia, el cual es integrado en un sistema de búsqueda y recomendación que permite un encuentro bi-direccional entre la comunidad científica y la legislativa. A esto se suma un sistema de alerta legislativa, donde se notifica a los usuarios registrados cada vez que ingresa un proyecto de ley relacionado a su área de conocimiento, ofreciendo una ventana de participación oportuna durante el proceso de tramitación legislativa[210]. Este proyecto es el resultado de un trabajo conjunto entre más de 10 universidades nacionales y el Congreso de Chile, liderado por la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En 2016, el MMA realizó un diagnóstico sobre el estado del arte en materia de información sobre biodiversidad. El diagnóstico señala que el principal motivo de colecta sistemática de datos e información sobre la materia en Chile guarda relación con el interés científico por parte de los propios investigadores, que en su mayoría pertenecen a instituciones académicas[211]. Uno de los problemas que evidencia este diagnóstico es que un 55% de los datos sobre la biodiversidad terrestre se difunde primordialmente a través de publicaciones científicas y libros técnicos, y menos del 30% de los investigadores está dispuesto a poner sus datos a disposición de las instituciones estatales u ONGs, de forma espontánea o por solicitud. Estos datos hacen notar la urgencia de contar, a nivel país, con una red pública de datos biológicos, ecológicos y físicos, accesible y transparente, principalmente de aquellos que son frutos de investigaciones financiadas con recursos públicos.

Una red de datos públicos debería ser interoperable, confiable y verificable, de manera de permitir, de manera transversal, utilizar esta información para el conocimiento, uso sostenible y conservación del capital natural de Chile. Los potenciales beneficios de una red pública de datos basada en el análisis de los mismos para la toma de decisiones son enormes y variados, entre los cuales destacan: i) sistema de monitoreo de incendios forestales, ii) sistema de alerta de especies exóticas invasoras, iii) modelamiento de especies plaga, iv) mapas de

[210] https://vincula.cl/
[211] MMA, CATIE, CTCN & ICRAF (2016) Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático. Santiago, Chile. 172 pp.

cobertura vegetal actual y futura, v) identificación de especies o ecosistemas en riesgo, vi) proyecciones agrícolas en escenarios de cambio climático, vii) centros de origen y de diversidad genética, viii) identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, ix) cálculo de indicadores sobre biodiversidad, x) monitoreo de servicios ecosistémicos, entre otros. En este contexto, el futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debería cumplir un rol importante.

Por regla general, para financiar las investigaciones en Chile, tanto básicas como aplicadas, los investigadores y centros de investigación deben postular a proyectos concursables, principalmente financiados por fondos de organismos públicos, que en general son de duración acotada (2 a 5 años) y no facilitan la consolidación de bases de datos de largo plazo, lo cual es necesario para lograr los objetivos de política pública. En tal sentido, se requiere de formas de financiamiento que posibiliten las investigaciones de largo plazo, esenciales para el monitoreo de cambios en la biodiversidad. Pero para mejorar la investigación no basta con incrementar el financiamiento, sino también aumentar la cantidad de investigadores. Al respecto, Chile es el país de la OCDE con la menor proporción de personas dedicadas a investigación y desarrollo (I+D), con una proporción de 0,9 personas por cada 1.000 trabajadores. Casi todos los países OCDE superan los 4,0 investigadores por cada 1.000 empleados, siendo el promedio OCDE de 7,6 y el registro de Finlandia, país que cuenta con la mayor proporción de investigadores dedicados a I+D, siendo 15,9. Además de la disponibilidad de investigadores, se requiere estimular el interés por insertar a los investigadores en los distintos sectores (empresas, sector público, centros de investigación, academia, ONGs, entre otros) para que puedan desempeñarse activamente abordando los problemas en las distintas esferas de nuestra sociedad[212].

Como país miembro del Convenio sobre la Diversidad Biológica CDB, Chile se comprometió a implementar acciones para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. Para lograr este desafío se requiere contar con información actualizada y estandarizada sobre el estado y las tendencias de la biodiversidad en sus distintos niveles de organización (de genes a ecosistemas) y grupos taxonómicos a lo largo de una cobertura geográfica suficiente para generar indicadores a escala local, regional y nacional. A pesar de estas necesidades, solo una pequeña fracción de los datos recolectados sobre biodiversidad a lo largo de

[212] Extraído de la carta escrita por cuatro ganadores del Premio Nacional de Ciencias en Chile (Juan Carlos Castilla, Fabián Jaksic, Mary Kalin, Bernabé Santelices) en apoyo a la aprobación del proyecto de Ley que crea el SBAP. https://laderasur.com/

la historia de Chile es de libre acceso. Se ha estimado que menos del 1% de los datos publicados en ecología son accesibles para la comunidad, y gran parte de estas bases de datos se hallan dispersas entre agentes privados o segregadas entre distintas instituciones y personas. Más aún, la capacidad de análisis con técnicas informáticas modernas y la capacidad de cálculo están restringidas a pocos grupos en Chile. De este modo, se hace evidente la necesidad de desarrollar políticas que promuevan el acceso abierto a la información y sus herramientas de análisis, así como de colaboración científica. Si bien los organismos de financiación fomentan sistemáticamente el desarrollo de actividades de divulgación, hacer disponibles los datos de biodiversidad no se considera todavía como una actividad obligatoria[213].

Chile, a través del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), es signatario de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF), el repositorio de información sobre biodiversidad más grande a nivel mundial, albergando actualmente más de 1.400 millones de registros publicados para alrededor de 4 millones de especies a nivel global. Las contribuciones desde Chile son escasas, con 1.743.000 registros, donde 96% corresponden a datos provenientes de la red de ciencia ciudadana Ebird. Aunque desde el MMA se han estado realizando algunos esfuerzos en los últimos años para instalar capacidades de documentar, gestionar y publicar datos de biodiversidad a través de la red GBIF[214], Chile aún está al debe en esta materia, con un importante capital de conocimientos que se encuentran dispersos y poco accesibles.

[213] Maass et al. (2019). Datos en biodiversidad: Un informe para COP25.
[214] Ministerio del Ambiente-GBIF-Red de Universidades del Estado de Chile (2020). Taller "Gestión y publicación de datos de biodiversidad a través de GBIF".

4.4. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

La biodiversidad es la base que sostiene la vida en la tierra y tanto el bienestar presente como el futuro de los seres humanos está directamente relacionado con ella. Durante la conferencia de las partes del Convenio de Diversidad Biológica –COP15 de biodiversidad–, llevada a cabo en 2022 en Montreal, se concluyó que "a pesar de algunos progresos, ninguna de las Metas Aichi para la Diversidad Biológica se han alcanzado plenamente y que esto socava el logro de la Visión de la Diversidad Biológica para 2050 y otras metas y objetivos internacionales". Chile no es ajeno a este diagnóstico. Dadas las características geológicas, climáticas y topográficas de nuestro territorio, lo hacen una verdadera peculiaridad en cuanto a su diversidad de ecosistemas terrestres, marinos, costeros, glaciares, ríos, lagos, humedales y ecosistemas insulares, los que en su conjunto albergan alrededor de 36 mil especies de plantas, animales, hongos y bacterias. A esto se suma, un alto grado de endemismo (30 a 40%), producto de la evolución aislada del resto del continente durante millones de años, debido a las barreras físicas y climáticas características del territorio chileno, y una diversidad genética que estamos recién empezando a cuantificar. Esta biodiversidad singular es un patrimonio de todos los chilenos, representa nuestro patrimonio natural en el presente y para el futuro, por lo que su conocimiento, cuidado, valoración y uso sustentable son un tema de seguridad nacional que debe ser abordado con fuerza por la institucionalidad ambiental. Su protección debe ser prioritaria por ser un tema transversal que permite una mejor calidad de vida de todos los chilenos. Por ejemplo, nuestra biodiversidad es un importante capital para el desarrollo del turismo, que en países como Nueva Zelanda aporta más del 9% del PIB, un porcentaje similar al del cobre en Chile, recurso que está en declinación y que a diferencia de la biodiversidad bien cuidada, no es renovable[215].

Para avanzar en la protección de la biodiversidad, falta aún mejorar su conocimiento. Según la información recopilada en este informe, en Chile se han descrito 36.163 especies nativas, 1.000 más de lo informado en 2019. Este aumento se debe en parte a la descripción de nuevas especies, pero también a cambios taxonómicos, reevaluaciones y reinterpretación de datos. Aun así, se

[215] Extraído de la carta escrita por cuatro ganadores del Premio Nacional de Ciencias en Chile (Juan Carlos Castilla, Fabián Jaksic, Mary Kalin, Bernabé Santelices) en apoyo a la aprobación del proyecto de Ley que crea el SBAP. https://laderasur.com/

estima que faltaría un 90% de especies "chilenas" por descubrir, las que probablemente en más de un 50% corresponderían a artrópodos (insectos y arácnidos). La falta de especialistas en taxonomía y el declive del financiamiento para la ciencia básica son sin duda factores importantes. Y no solo la descripción de las especies es necesaria, también se necesita avanzar en el conocimiento de sus características poblacionales, su distribución geográfica, sus preferencias de hábitat, sus amenazas, etc. En este contexto se destacan los esfuerzos realizados por el Reglamento de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación (RCE), el cual ya va en su proceso 19. Aun así, sólo un 4% de total de especies conocidas en Chile han sido clasificadas y validadas por el RCE, y existen grupos para las cuales prácticamente no se tiene información.

Pero el conocimiento de la biodiversidad no se limita únicamente a la complejidad inherente a los organismos y su entorno, sino también a la de los datos que la describen. La expansión de las fronteras del conocimiento ecológico y evolutivo dependerá en gran medida de nuestra capacidad para generar, acceder, analizar e integrar datos de todas las áreas del conocimiento. Además, es necesaria una gestión adecuada de estos datos para crear nuevo conocimiento, profundizar el existente y ponerlo a disposición de la sociedad, y así desarrollar políticas eficaces de protección del medio ambiente[216].

Se hace necesario y urgente democratizar el saber científico y académico y ponerlo a disposición de los tomadores de decisiones y de la población en general. Es en las universidades y en los centros e institutos de investigación dónde se generan las evidencias, los sustentos teóricos y metodológicos que pueden aportar para la formulación e implementación de leyes y políticas públicas que protejan nuestra biodiversidad. En este sentido, la datos abiertos para la biodiversidad son primordiales, pero aún su disponibilidad, gestión y análisis mantienen muchas brechas. Estas incluyen la infraestructura crítica necesaria, el capital humano y la creación de grupos o capacidades multidisciplinarias que den una visión holística, que permita reconocer y dar valor agregado a los datos de biodiversidad. Chile es uno de los países con mayor responsabilidad a nivel planetario en este tema, dada la diversidad climática y topográfica tanto de su territorio como del océano que lo rodea[217]. Sin duda esto significa un gran desafío, pero que debe ser rápidamente abordado, considerando que la recopilación y sistematización de datos en biodiversidad es un mandato legal establecido a

[216] Maass et al. (2019).
[217] Maass et al. (2019).

través de la Ley N°19.300 y la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB), que responde a los compromisos internacionales que ha asumido el país frente a la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) y las Metas Aichi.

Cabe recordar que entre las principales amenazas a la biodiversidad se encuentran: (1) la pérdida y degradación de hábitats, dada principalmente por el cambio de uso de suelo; (2) la contaminación de flora, fauna, suelo, aire y aguas por diversos elementos y compuestos químicos pesados, además de hidrocarburos, pero también por biocidas y hormonas; (3) la sobreexplotación de recursos, principalmente de recursos marinos pelágicos y bentónicos; (4) las especies exóticas invasoras, para las cuales 1.170 ya han sido registradas en Chile, incluyendo especies altamente dañinas como el castor, la avispa chaqueta amarilla y el conejo; y (5) el cambio climático. Todas estas amenazas actúan en conjunto y de forma sinérgica, por lo cual no pueden ser estudiadas ni enfrentadas de manera aislada, sino que de manera global.

En cuanto a la respuesta del Estado ante estas presiones sobre la biodiversidad, motivada principalmente por los compromisos internacionales en esta materia, se destacan los esfuerzos realizados en la actualización de la ENB 2017-2030 y sus planes de acción asociados (Áreas Protegidas, Conservación de Especies Nativas, Conservación de Humedales, Gestión de Especies Exóticas Invasoras, Conservación Marina y de Islas oceánicas). Sin embargo, esta estrategia y sus planes solo recién han sido aprobados, o están en vías de aprobación, por lo que los resultados de su implementación se verán en los próximos años. Se destacan también los esfuerzos en materia de legislación respecto al Cambio Climático, los que incluyen la Estrategia Nacional y su Plan de Acción, los Planes Sectoriales (Biodiversidad, Silvoagropecuario, Salud, Pesca y Acuicultura, Ciudades) y la Ley Marco de Cambio Climático, promulgada durante el 2022. Sin embargo, aún existe una deuda mayor con la institucionalidad ambiental, cual es la falta de un Servicio capaz de gestionar la biodiversidad en todo nuestro territorio, que articule a todos los sectores en torno al desafío común de dar protección y uso sustentable a la misma. La biodiversidad no reconoce fronteras políticas internas, y su gestión tanto a nivel terrestre, marino y dulceacuícola debe tener la misma mirada territorial e integradora para tener éxito.

La protección de la biodiversidad requiere el empleo de una amplia gama de instrumentos. Por un lado, es necesario seguir trabajando, mejorando y fortaleciendo aquellos ya existentes como lo son las áreas protegidas (públicas y

privadas) y la conservación *ex situ* (bancos de germoplasma, jardines botánicos). Por otra parte, debemos avanzar en otras herramientas de gestión como son el Pago por Servicios Ambientales (PSA) y los Bancos de Compensación de Biodiversidad (BCB).

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) es una herramienta para internalizar adecuadamente, en la toma de decisiones individuales y sociales, el valor que poseen y el bienestar que brindan los servicios ambientales, resguardados en las áreas protegidas. Tiene como principal objetivo forzar y hacer explícita una adecuada valoración de los servicios ambientales provistos a través de la conservación realizada en las áreas protegidas, y producir así una asignación eficiente de estos servicios, similar a la que haría un mercado funcionando adecuadamente. Los ingresos generados por los pagos de los servicios ambientales constituyen un incentivo para quienes manejan los ecosistemas y deciden sobre sus usos y conservación, porque protejen el flujo de servicios ambientales que ellos generan en el tiempo y representan una vía para financiar las actividades de control, vigilancia y manejo de las áreas protegidas y sus ecosistemas, necesarias para restringir el libre acceso a ellas y hacer posible las condiciones para su conservación[218].

En este contexto, CONAF, en colaboración con tres agencias de las Naciones Unidas --PNUD, FAO, ONU Ambiente-- desarrolló en los últimos cuatro años una serie de proyectos de PSA destinados a la recuperación y protección de bosques nativos. Los proyectos se realizaron en cinco regiones (Coquimbo, Metropolitana, La Araucanía, Los Ríos y Magallanes) y están insertos dentro de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de CONAF. Específicamente lo que se hizo fue dar incentivos económicos para que los propietarios –en este caso de predios forestales– de lugares donde se generan servicios ambientales puedan compensar los costos de conservar esas funciones ecosistémicas: servicios como la captación de CO_2, infiltración de agua, mejora en las condiciones del suelo, refugio para fauna silvestre, belleza escénica o cultural, por mencionar algunos. Aunque los resultados de este piloto son prometedores, en términos de replicabilidad en el territorio y de aprendizajes, sobre todo en el trabajo con las organizaciones y comunidades, aún no existe un esquema de política pública estatal que permita avanzar en esta materia[219].

[218] FAO (2009). Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina.
[219] CONAF (2022) Seminario web: Los bosques como herramienta clave para combatir el cambio climático. Resultados del Programa Nacional ONU REDD en Chile.

Por otra parte, entre las herramientas de gestión que permiten armonizar el desarrollo económico con la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas están las compensaciones de la diversidad biológica (BSB por sus siglas en inglés), que son medidas de conservación con mejoras medibles en el estado de la biodiversidad, buscando neutralizar un impacto adverso inevitable. Estas medidas sólo son aplicables a proyectos que hayan seguido rigurosamente una jerarquía de mitigación, es decir, que hayan minimizado al máximo los impactos y usen las compensaciones como último recurso. Asimismo, es necesario diferenciar las compensaciones en biodiversidad del uso histórico de la palabra "compensación", ya que éstas no contemplan intercambios entre la pérdida en biodiversidad y mejoras en otros ámbitos del desarrollo social o económico. En Chile, los BCB están incorporados como instrumento económico de gestión de la biodiversidad en el Proyecto de Ley que busca crear el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). En dicho proyecto los BCB se definen como "un conjunto de territorios cuyas singularidades y valor por biodiversidad lo convierten en candidato en el esquema de la compensación de impactos de proyectos de inversión" y estipula reglamentar un mecanismo para la gestión de estos instrumentos. En este contexto, urge la aprobación del SBAP, el cual debería integrar estas necesidades, considerando las particularidades de la biodiversidad de nuestro país.

Quienes nos llevan la delantera en estos dos temas (PSA y BCB), y de los cuales hemos podido seguir de cerca sus avances en legislación ambiental son Colombia, Costa Rica, Ecuador, México y Perú. Ellos nos demuestran que un conocimiento y sistematización de la información sobre biodiversidad del país y herramientas que permitan gestionarla para maximizar su potencial, constituyen medios eficaces, no solo para la conservación de la biodiversidad, sino también para el uso sustentable de ella y el desarrollo socio-económico de los países. Es importante resaltar, que más allá de las herramientas específicas que pueda desarrollar un país para la protección de su biodiversidad, el principal marco jurídico de protección es establecido por la respectiva Constitución nacional. Esta es la ley suprema de un país y esto significa que por debajo de ellas las leyes no pueden contrariar sus disposiciones sino que deban adecuarse a ella. En caso contrario serán declaradas inconstitucionales. La inclusión de normativa ambiental en textos constitucionales es reciente en la historia. Hasta finales de los años 1970, las menciones de medio ambiente en las Constituciones de los países de América (excluyendo Estados Unidos y Canadá) estaban exclusivamente vinculadas a la salud pública. La incorporación de derechos ambientales y de los primeros

mecanismos constitucionales para su protección surgen en la década de los 1980, en gran parte como respuesta a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de 1972. Esta Conferencia culminó con la Declaración de Estocolmo, que a través de 26 principios colocó los temas ambientales en primer plano de las preocupaciones internacionales y marcó el inicio de un diálogo entre los países para avanzar hacia una gestión racional del medio ambiente[220].

A diferencia de otros países de la región, el texto constitucional de Chile es de los más antiguos y que menos modificaciones ha sufrido en lo que respecta al tema ambiental[221]. Aun cuando el país ha desarrollado una Institución Ambiental bastante robusta que comienza con la promulgación de la Ley N°19.300 sobre Bases del Medio Ambiente, esto no ha sido suficiente para dar respuesta a los diversos y numerosos conflictos y desigualdades ambientales, sociales y económicas que existen entre los residentes del país. En 2020, como resultado de un estallido social, protestas y complejas negociaciones, Chile decidió, a través de un plebiscito nacional, aprobar el iniciar un proceso constituyente para redactar una nueva Constitución a través del trabajo de una Convención Constitucional elegida democráticamente. Casi dos años después, a través de un plebiscito de salida en septiembre del 2022, Chile rechazó esta propuesta de Constitución Política de la República. Más allá de cualquier interpretación política, la propuesta constitucional reconocía por primera vez a Chile como un Estado social y ecológico así como la relación indisoluble y de interdependencia de los seres humanos y la naturaleza. Con un capítulo completo dedicado a la naturaleza y el medio ambiente, la propuesta constitucional integraba una serie de principios, derechos y deberes acordes a la emergencia climática y ambiental que estamos viviendo, a diferencia de la actual constitución que nos rige. La propuesta reconocía, por ejemplo, los derechos de la naturaleza, planteaba un estatuto de aguas y fortalecía el rol del Estado para combatir la crisis climática, entre otras cosas (**Ver Anexo 4.8** para los Artículos del Capítulo "Naturaleza y Medio Ambiente" en la rechazada propuesta de constitución).

Lo cierto es que hoy no contamos con una Constitución que recoja adecuadamente el conocimiento que tenemos sobre la crisis ambiental y que entregue las herramientas adecuadas para hacerse cargo de ella. Sin embargo, el

[220] Lima et al. (2022) Análisis comparado de constituciones latinoamericanas en materia ambiental. Revisión de casos: Chile, Costa Rica, Colombia, Ecuador y México

[221] Cubillos (2020). Constitucionalismo ambiental en Chile: Una mirada para el siglo XXI. Revista de Derecho 21: 25-51.

tema está instalado. Durante el proceso de elaboración de la propuesta constitucional se hicieron presentes una serie de actores del ámbito académico, político y no gubernamental para poner sobre la mesa el conocimiento acumulado que respalda la necesidad de que Chile tenga una Constitución Ecológica[222][223]. Un nuevo proceso constitucional, sea cual sea, debe imperativamente considerar la actual crisis climática y ecológica. En palabras de Lima et al. (2022): "… *es imprescindible que la nueva Constitución incorpore en su articulado la búsqueda de soluciones cooperativas, que se enfoquen en el bien común, en la mitigación de los conflictos y en la atenuación de las asimetrías. Pero, sobre todo, una Constitución que rescate desde lo profundo de la biología de Homo sapiens la más preciada de sus herramientas culturales: la capacidad de cooperar y distribuir los recursos de manera equitativa, y además expandir esa empatía hacia las otras formas de vida en nuestro planeta. Quizás haya que pensar alternativas más humildes de sostenibilidad, que nos preparen para ser parte de la biósfera con una vida digna, sin devastar la red de fenómenos sistémicos complejos que componen un planeta vivo. Una sostenibilidad enfocada en nuestra relación con la Naturaleza, que no tome a la biósfera como una fuente de inagotables recursos para ser explotados. Pero tampoco como una madre que nos nutre y acoge, o como un Jardín del Edén que debe ser cuidado y protegido, sino como un poder temible, capaz de crear y destruir. Un poder que hay que mantener tranquilo si no queremos ser borrados de sus dominios*".

[222] Galdámez et al. (2021) Una Constitución Socioecológica para Chile: Propuestas Integradas. Red de constitucionalismo ecológico.
[223] Lima et al. (2022).

4.5. BIBLIOGRAFÍA

Abujatum J (2019) Tratados, acuerdos y regulación medioambiental de Chile. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Agüero T (2009) La importancia de los recursos genéticos vegetales y animales en el desafío de convertir a Chile en un potencia alimentaria y forestal. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ODEPA. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Ahumada RB, Pinto LA & Camus PA (2000) The Chilean Coast: En: Seas at the millennium: An environmental evaluation. Volume I, Regional Chapters: Europe, The America and West Africa, pp. 699-717 (Sheppard CRC (Ed.). Pergamon, Amsterdam, The Netherlands.

Alaniz A, Galleguillos M & Pérez-Quezada, J (2016) Chile: Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. Biological Conservation 204: 378-385.

Araya B & Bernal M (1995) Aves. En: Diversidad biológica de Chile, pp. 350-360 (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, Eds.). CONICYT, Santiago, Chile.

Artigas J (1975) Introducción al estudio por computación de las áreas zoogeográficas de Chile continental basado en la distribución de 903 especies de animales terrestres. Gayana Miscélanea (Concepción) 4: 1-25.

Bachmann P, de la Barrera M & Tironi A (2014) Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile. Reporte para el Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Bannister JR, Vidal OJ, Teneb E & Sandoval V (2012) Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. Austral Ecology 37: 500-509.

Bernal P & Ahumada RB (1985) Ambiente Oceánico. En: Medio Ambiente en Chile, pp 55-106 (Soler F Ed.). Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA). Santiago, Chile.

Bustos L & Jaksic F (2017) Marco regulatorio aplicable al proceso de internación de especies exóticas a la república de Chile. Ediciones CAPES-UC. Santiago, Chile. http://www.capes.cl/wp-content/uploads/2018/01/Libro-PUC-Laurita-Bustos_Fabian-Jaksic.pdf

Camus P & Jaksic F (2009) Piscicultura en Chile: entre la productividad y el deterioro ambiental 1856-2008. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 100 pp.

Cárdenas L, Hernández CE, Poulin E, Magoulas A, Kornfield I & Ojeda FP (2005) Origin, diversification and historical biogeography of the genus *Trachurus* (Perciformes: Carangidae). Molecular Phylogenetics and Evolution 35: 496-507

Charrier A, Correa C, Castro C & Méndez MA (2015) A new species of *Alsodes* (Anura: Alsodidae) from Altos de Cantillana, central Chile. Zootaxa 3915(4): 540-550.

Cione A, Tonni E, Bargo S, Bond M, Candela AM, Carlini A et al. (2007) Mamíferos continentales del Mioceno tardío a la actualidad en la Argentina: cincuenta años de estudios. Ameghiniana (Argentina) Publicación Especial 1: 257-278.

Cofré HL, Samaniego H & Marquet PA (2007) Rarity and richness patterns of small mammals in mediterranean and temperate Chile: En: The quintessential naturalist: honouring the life and legacy of Oliver P. Pearson, pp. 275-302 (Kelt DA, Lessa E, Salazar-Bravo JA & Patton JL, Eds.). University of California Publications in Zoology. Berkeley, California, USA.

Cohen-Shacham E, Andrade A, Dalton J, Dudley N, Jones M., Kumar C, Maginnis S, Maynard S, Nelson CR, Renaud FG, Welling R, Walters G (2019) Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. Environmental Science & Policy 98: 20–29.

Comisión Permanente del Pacífico Sur (2014) Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur-CPPS. Serie Estudios Regionales 4. Guayaquil, Ecuador. 244 pp.

Comité Nacional de Restauración Ecológica (2018) Documento Marco Restauración Ecológica.

Comité Operativo para el Control de las Especies Exóticas Invasoras, COCEI (2014) Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y/o Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 26 pp.

CONAF (2017a) El gran incendio de Chile de 2017, descripción e impactos. http://www.conaf.cl/

CONAF (2017b). Reporte de Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT) ante la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULD).

CONAF (2017c). Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetales 2017-2025.

CONAMA (2006) Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos.

CONAMA (2008) Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos.

CONAMA-Centro de Ecología Aplicada (2006) Protección y manejo sustentable de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica.

CONAMA-CONAF-BIRF (1999) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile: Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile.

Conservation International (2005) Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Editado por CEMEX y Conservación Internacional.

Contreras A & Castro I (2008) Catálogo de variedades de papas nativas de Chile. Valdivia, Chile.

Contreras ER, Pizarro M, Köhler H, Zamora P & Zúñiga G (2019) UV-B shock induces photoprotective flavonoids but not antioxidant activity in Antarctic *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. Environmental and Experimental Botany 159: 179-190.

Contreras LC & Yáñez JL (1995) Mamíferos. En: Diversidad biológica de Chile, pp. 336-349 (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, Eds.). CONICYT, Santiago, Chile.

Correa C (2019) Nueva lista comentada de los anfibios de Chile (Amphibia, Anura). Boletín Chileno de Herpetología 6: 1-14.

Cubillos MC (2020). Constitucionalismo ambiental en Chile: Una mirada para el siglo XXI. Revista de Derecho, 21, 25-51.

Cuvertino J, Ardiles V, Osorio F & Romero X (2012) New records and additions to the Chilean bryophyte flora. Ciencia e Investigación Agraria 39(2): 245-254.

De Groot RS, Wilson M & Boumans R (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics 41: 393–408.

Di Castri F (1968) Biologie de l'Amerique Australe, 4. Esquisse écologique du Chili. CNRS, Paris, France.

Diaz S, Demissew S, Carabias J, Joly C, Lonsdale M, Ash N, Larigauderie A et al. (2015) The IPBES conceptual framework: Connecting nature and people. Current Opinion in Environmental Sustainability 14: 1–16.

Dinerstein E, Olson D, Graham D, Webster A, Primm S, Bookbinder M & Ledec G (1995) Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial. Washington, DC, EEUU.

Dring MJ (1982) The biology of marine plants (Contemporary biology) Edward Arnold Publishers, London, UK (citado en Ministerio del Medio Ambiente 2018a).

Dubois A, Lenne P, Nahoe E, Rauch M. (2013) Plantas de Rapa Nui: Guía Ilustrada de la Flora de Interés Ecológico y Patrimonial. Umanga Mo Te Natura, CONAF y ONF International. Santiago, Chile.

Durán A, Casalegno S, Marquet P & Gaston K (2013) Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. PLoS ONE 8(12): e82643.

Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación (2003) Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Santiago, Chile.

Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030) Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetales (2016) CONAF y Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 (2013) Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.

FAO, Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura (2009). Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina.

Fernández I, Morales N, Olivares L, Salvatierra J, Gómez M & Montenegro G (2010) Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. PUC-Gobierno de Chile. Santiago, Chile.

Ferrada S, Hernandez, Montoya K & Galleguillos R (2002) Estudio poblacional del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) (Clupeiformes, Engraulidae), mediante análisis de ADN. Gayana (Concepción) 66(2): 243-248.

Figueroa E (2010) Valorización Económica Detallada de las Áreas Protegidas. Proyecto GEF SNAP "Creación de un Sistema Nacional Integral de áreas protegidas". Santiago, Chile.

Formas JR (1995) Anfibios. En: Diversidad biológica de Chile, pp. 314-325 (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, Eds.). CONICYT, Santiago, Chile.

Fuentes ER, Montenegro G, Rundel PW, Arroyo MTK, Ginocchio R & Jaksic FM (1995) Functional approaches to biodiversity in the mediterranean-type ecosystems of central Chile. En: Mediterranean-type ecosystems: The function of biodiversity, pp. 185-232 (Davis GW & Richardson DM, Eds.). Springer-Verlag, Berlin.

Gajardo R (1994) La vegetación natural de Chile, Clasificación y distribución geográfica, Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Galleguillos R, Troncoso L, Monsalves J & Oyarzun C (1997) Diferenciación poblacional en la sardina chilena *Strangomera bentincki* (Pisces: Clupeidae) Revista Chilena de Historia Natural 70: 351-361.

Garilleti (2012) New *Ulota* species with multicellular spores from southern South America. The Bryologist 115(4): 585–600.

Garilleti R, Mazimpaka V & Lara F (2015) *Ulota larrainii* (Orthotrichoideae, Orthotrichaceae, Bryophyta) a new species from Chile, with comments on the worldwide diversification of the genus. Phytotaxa 217(2): 133–144.

Gonzáles A, Beltrán J, Hiriart-Bertrand L, Flores V, de Reviers B, Correa JA & Santelices B (2012) Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophycea, Laminariales). Journal of Phycology 48: 1153-1165.

González ME, Lara A, Urrutia R & Bosnich J (2011) Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42°S) Bosque (Valdivia) 32(3): 215-219.

Guillemin ML, Contreras-Porcia L, Tamirez ME, Macaya E, Bulboa C, Woods H, Wyatt C & Brodie J (2016) The bladed Bangiales (Rhodophyta) of the South Eastern Pacific: Molecular species delimitation reveals extensive diversity. Molecular Phylogenetics and Evolution 96: 814-826

Habit E, Dyer B & Vila I (2006) Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. Gayana (Concepción) 70: 100-113

Habit E, González J, Ortiz-Sandoval J, Elgueta A & Sobenes C (2015) Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. Ecosistemas 24(1): 43-51.

Halpern B, Longo C, Hardy D, McLeod K, Samhouri J, Katona S et al. (2012) An index to assess the health and benefits of the global ocean. Nature 488: 615-620

Hässel de Menéndez GG & Rubies MF (2009) Catalogue of the Marchantiophyta and Anthocerotophyta of southern South America. Nova Hedwigia 134: 1-672.

Holmgren M, Stapp P, Dickman C, Gracia C, Graham S, Gutiérrez J, Hice C et al. (2006) Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment 4: 87-95.

Huber A & Trecaman R (2004) Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. Bosque (Valdivia) 25(3): 33-43.

Instituto de Asuntos Públicos IAP, Universidad de Chile (1999) Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. Santiago, Chile.

Instituto de Asuntos Públicos IAP, Universidad de Chile (2005) Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. GEO Chile. Santiago, Chile.

Instituto de Asuntos Públicos IAP, Universidad de Chile (2008) Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. GEO Chile. Santiago, Chile.

Instituto de Asuntos Públicos IAP, Universidad de Chile (2012) Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. GEO Chile. Santiago, Chile.

Instituto de Asuntos Públicos IAP, Universidad de Chile (2015) Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. Comparación 1999-2015. Santiago, Chile.

Instituto de Asuntos Públicos IAP, Universidad de Chile. Estado del medio ambiente en Chile: Informe País 2018 (Gligo N, Ed.). Santiago, Chile. 600 pp. http://www.inap.uchile.cl/publicaciones/159662/informe-pais-estado-del-medio-ambiente-en-chile-2018

IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Brondizio ES, Settele J, Díaz S & Ngo HT, Eds.). IPBES Secretariat, Bonn, Germany.

IPCC (2013) Cambio Climático 2013: Base de ciencia física. Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas.

IPCC (2018) Global Warming of 1.5°C. Summary for Policymakers.

Ireland RR (2017) Studies on the moss flora of the Bío-Bío Region of Chile: Part 3. PhytoKeys 77: 1-20.

Jaksic FM (1998) Vertebrate invaders and their ecological impacts in Chile. Biodiversity and Conservation 7: 1427-1445.

Jaksic FM, Camus P & Castro SA (2012) Ecología y Ciencias Naturales: Historia del conocimiento del patrimonio biológico de Chile. Ediciones CASEB/DIBAM, Santiago, Chile. 228 pp. https://www.researchgate.net/publication/348977178

Jaksic FM & Castro S (2014) Invasiones biológicas en Chile: causas globales e impactos locales. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 526 pp.

Jaksic FM & Jiménez JE (1986) The conservation status of raptors in Chile. Birds of Prey Bulletin 3: 95-104.

Jones KR, Venter O, Fuller RA, Allan JR, Maxwell SL, Negret PJ, Watson JEM (2018) One-third of global protected land is under intense human pressure Science 360(6390): 788-791.

Jürgensen PM & León-Yáñez S (1999) Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden 75: 1–1182.

Laboratorio de Genética y Acuicultura, Universidad de Los Lagos (2006) Caracterización Genética de los Principales Recursos Pesqueros de Chile. Informe final corregido del Proyecto FIP 2006-52. Osorno, Chile. 243 pp.

Langholz J & Krug W (2003) Private protected area action plan: WPC Governance Stream, Parallel Session 2.5. World Parks Congress, Durban, RSA.

Larraín J (2016) The mosses (Bryophyta) of Capitán Prat Province, Aisén Region, southern Chile. PhytoKeys 68: 91-116.

Larraín J & Atala (2017). Lorentziella (Gigaspermaceae, Bryophyta) new for Chile, and Lectotypification of the genus. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 52(2): 351-355.

Larraín J & Bahamonde N (2017) Los briófitos de la Estancia Cerro Paine, Parque Nacional Torres del Paine, Magallanes, Chile. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 52(1): 27-38.

Larraín J & Drapela P (2022) Catálogo de los briófitos del Parque Nacional La Campana (Región de Valparaíso, Chile). Lilloa 59(2): 127-187.

Larraín J &Vargas R (2021) Briófitos y líquenes en las turberas de *Sphagnum* de la región de Aysén, Chile. En: Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de *Sphagnum* en la región de Aysén, pp.161-191 (Domínguez & Martínez MP Eds.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Santiago, Chile.

Larraín J, Cano MJ & Jiménez JA (2020a). New bryophyte records from the mediterranean region of Chile. Cryptogamie, Bryologie 41(11): 121-130.

Larraín J, Huttunen S, Ignatova E & Ignatov M (2020b). *Rhynchostegium occultum* (Brachytheciaceae), a new species from relict forests of central Chile. Phytotaxa 453(3): 199–217.

Larraín J, Suárez M, Brinda JC, Tangney R, von Konrat M & Crabtree D (2020c) *Notocynodontium parvulum*, a new genus and species of the Rhabdoweisiaceae (Bryophyta: Dicranidae) from southern South America. Nova Hedwigia 150: 97–108.

Las Áreas Protegidas de Chile (2015) Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Leuschner C (2013) Vegetation and ecosystems. En: Vegetation ecology, second edition, pp. 285-307 (van der Maarel E & Franklin J, eds.). Blackwell Science, Oxford, UK.

Lima M, Núñez A, Luna JP & Jaksic F (2022) Análisis comparado de constituciones latinoamericanas en materia ambiental. Revisión de casos: Chile, Costa Rica, Colombia, Ecuador y México. Ediciones CAPES-UC, Santiago, Chile. 41 pp. http://www.capes.cl/capes-constituciones/

Lobos G, Vidal M, Correa C, Labra A, Díaz-Páez H, Charrier A, Rabanal F, Díaz S & Tala C (2013) Anfibios de Chile, desafíos para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología. Santiago, Chile.

Lowe S, Browne M, Boudjelas S & De Poorter M (2004) 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo: una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).

Luebert F & Pliscoff P (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Luebert F & Pliscoff P (2017) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Maass A, Samaniego H, Amaya L, Chávez RO, Corcoran D, Fonturbel FE, García N, Pérez MF, Poulin E, Salas-Eljatib C, Scherson R, Tevy F, Travisany D, Vergara G (2019) Datos en biodiversidad: un informe para COP25. Comité Científico COP25, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Santiago, Chile.

Macaya E & Zuccarello G (2010a) Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the south-eastern Pacific. Marine Ecology Progress 420: 103-112

Macaya E & Zuccarello G (2010b) DNA barcoding and genetic diagnosis in the giant kelp *Macrocystis* (Laminariales) Journal of Phycology 46: 736-724

Mack R, Simberloff D, Lonsdale W, Evans H, Clout M & Bazzaz F (2000) Biotic Invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. Ecological Applications 10: 689-710.

Malo J, González B, mata C, Vielma A, Donoso D, Fuentes N & Estades C (2015) Low habitat overlap at landscape scale between wild camelids and feral donkeys in the Chilean desert. Acta Oecologica 70: 1-9.

Marquet P, Abades S, Armesto J, Barria I, Arroyo MTK, Cavieres L, Gajardo R, Garín C, Labra F, Meza F, Prado C, Ramírez de Arellano P & Vicuña S (2010) Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecorregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. IEB, Santiago, Chile.

Marquet P, Valladares F, Magro S, Gaxiola A & Enrich-Prast A (2018) Cambio global, una mirada desde Iberoamérica. ACCI ediciones con Fundación Española de Historia Moderna. Madrid, España. 276 pp.

Marquet PA, Gaxiola A, M. Ávila-Thieme MI, Pica-Téllez A, Vicuña S, Alaniz A, Etcheberry G, González D, Jara V & Menares L (2022) Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/35), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47883/1/S2100898_es.pdf

Martinez-Tilleria K, Núñez-Ávila M, León C, Pliscoff P, Squeo F & Armesto J (2017) A framework for the classification of Chilean terrestrial ecosystems as a tool for achieving global conservation targets. Biodiversity and Conservation 26: 2857–2876.

Millanao A, Barrientos M, Gómez C, Tomova A, Bischmann A, Dölz H & Cabello F (2011) Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: salud pública y salmonicultura en Chile. Revista Médica de Chile 139: 107-118.

Miller S, Rottmann J, Raedeke KJ & Taber RD (1983) Endangered mammals of Chile: Status and conservation. Biological Conservation 25: 335-352.

Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal y Ministerio del Medio Ambiente (2021) Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030. Santiago, Chile.

Ministerio de Energía (2015) Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2014a) Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. Elaborado en el marco del PANCC y de la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago, Chile. 95 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (2014b) Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 140 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (2015) Las Áreas Protegidas de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2016a) Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2016b) Informe del Estado del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2017a) Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030). Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2017b) Manual del Sistema de Certificación Ambiental Municipal. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2018a) Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición, Tomo I, 430 pp. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2018b) Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición, Tomo II, 264 pp. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2018c) Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2020). Informe del Estado del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (2021). Reporte del Estado de Medio Ambiente 2021. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente y Centro de Ecología Aplicada CEA (2011) Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 164 pp.

Ministerio del Medio Ambiente, CATIE, CTCN y ICRAF (2016) Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático. Santiago, Chile. 172 pp.

Ministerio de Obras Públicas MOP. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 (2013). Santiago, Chile.

Miranda A, Altamirano A, Cayuela L. et al. (2017) Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: Revealing the evidence. Regional Environmental Change 17: 285–297.

Mittermeier RA, Turner W, Larsen F, Brooks T & Gascon C (2011) Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. En: Biodiversity hotspots (Zachos F & Habel J, eds.), pp. 3-22. Springer, Berlin & Heidelberg, Germany.

Mora C, Tittenson D, Adl S, Simpson A & Worm B (2011) How many Species are there on Earth and in the Ocean? PLoS Biology 9(8): e1001127.

Morlans (2010) Contaminación Difusa en Acuíferos: Estudio de Caso en la Comuna de Colina, Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Ingeniera Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Muñoz AE, Arellano E & Bonacic C (2016) Manual de Conservación de Biodiversidad en Predios Agrícolas de Chile Central. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 124 pp.

Muller F (2009a) An updated checklist of the mosses of Chile. Archive for Bryology 58:1-124.

Muller F (2009b). New records and new synonyms for the Chilean moss flora. Tropical Bryology 30: 76–83.

Nahuelhual L, Laterra P & Barrena J (2015) Recopilación de información de indicadores de servicios ecosistémicos a nivel nacional e internacional. Reporte para el Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Santiago, Chile.

National Geographic Society, Oceana Chile & Armada de Chile (2011) Expedición a la Isla de Pascua y Sala y Gómez. Informe Científico, Febrero-Marzo 2011. Disponible en: http://oceana.org/sites/default/files/reports/Informe IPySG_final.pdf

Neill PE, Alcalde O, Faugeron S, Navarrete S & Correa J (2006) Invasion of *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* in northern Chile: A new threat for *Gracilaria* farming. Aquaculture 259: 202-210.

Núñez D (2004) Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua, del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima región. Tesis para optar al título de Magíster en Desarrollo Rural, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 152 pp.

Núñez L & Santero C (1990) Primeros poblamientos en el cono sur de América (XII-IX milenio AP.) Revista de Arqueología Americana 1: 91-139.

Olson D, Dinerstein E, Canevari P, Davidson I, Castro G, Morriset V, Abell V & Toledo E (1998) Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. Biodiversity Support Program. Washington, DC, USA.

Olson, DM & Dinerstein, E (2002) The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. Annals of the Missouri Botanical Garden 89(2): 199-224.

Ortega F (2016) Conservación y uso de los recursos genéticos chilenos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago, Chile.

Oyarzo-Miranda C, Otaíza R, Bellorín A, Vega JMA, Tala F, Lagos NA, Oyarzún FX, Estévez RA, Latorre-Padilla N, Mora Tapia AM, Figueroa-Fábrega L, Jara-Yáñez R, Bulboa C, Contreras-Porcia L (2023). Seaweed restocking along the Chilean coast: History, present, and inspiring recommendations for sustainability. Frontiers in Marine Science 9: 1062481.

Parra MJ, Rodríguez R, Cavieres L, Muñoz-Tapia L & Atala C (2015) Latitudinal patterns in pteridophyte distribution of continental Chile. Gayana (Concepción) 72: 47-57.

Perspectiva Mundial sobre Diversidad Biológica (2001) Secretaria del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Canadá.

Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, PANCC 2017-2022. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.

Pliscoff P (2015) Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Informe Técnico elaborado para el Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 63 pp.

PNUD (2009) Towards Ecosystem-Based Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem.

PNUD (2017a) Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile. LIB, UDEC, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago, Chile.

PNUD (2017b) Valoración económica del impacto de siete especies exóticas invasoras sobre los sectores productivos y la biodiversidad en Chile. Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago, Chile.

Ramírez ME (1995) Algas Marinas Bentónicas. En: Diversidad Biológica de Chile, pp. 38-47 (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, Eds.). CONICYT, Santiago, Chile.

Rodriguez R, Marticorena C, Alarcón D, Baeza C, Cavieres L, Finot V, Fuentes N, et al. (2018) Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Botánica (Concepción) 75(1): 1-430.

Root-Bernstein M, Montecinos-Carvajal Y, Ladle R, Jepson P & Jaksic FM (2013) Conservation easements and mining: The case of Chile. Earth's Future 1: 33-38. https://doi.org/10.1002/2013EF000136

Rovira J &Herreros J (2016). Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Departamento de Panificación y Políticas en Biodiversidad, División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Ruiz de Gamboa M (2016) Lista actualizada de los reptiles de Chile. Boletín Chileno de Herpetología 3: 7-12.

Salazar A, Baldi G, Hirota M, Skytus J & McAlpine C (2015) Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. Global and Planetary Change 128: 103–119.

Samaniego H & Marquet PA (2009) Mammal and butterfly species richness in Chile: Taxonomic covariation and history. Revista Chilena de Historia Natural 82: 135-151.

Santibañez F, Santibañez P, Caroca C, González P, Gajardo N, Pery P, Simonetti J & Pliscoff P (2013) Plan de acción para la protección y conservación de la biodiversidad, en un contexto de adaptación al cambio climático. MMA-Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. Santiago, Chile. 224 pp.

Schulz J, Cayuela L, Echeverria C, Salas J & Rey Benayas JM (2010) Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of central Chile (1975–2008). Applied Geography 30(3): 436-447.

Searle & Rovira (2008) Cambio Climático y Efectos en la Biodiversidad: el caso chileno. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos, pp. 502-505. CONAMA, Santiago, Chile.

Seddon N, Chausson A, Berry P, Girardi CAJ, Smith A, Turner B (2020) Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 375: 20190120.

Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, Eds. (1995) Diversidad biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile.

Simonetti, JA (2002) Diversidad biológica. En: Estado del medio ambiente en Chile (Gligo N, Ed.), pp. 161-195. LOM Ediciones, Santiago, Chile.

Spalding M, Fox H, Allen G, Davidson N, Ferdana Z, Finlayson M et al. (2007) Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. BioScience 57 (7): 573–583.

SUBPESCA (2018) Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2018. Santiago, Chile.

Sullivan K & Bustamante G (1999) Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

UNEP-WCMC (2015) Manual de Usuario 1.4 de la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas.

Veloso A, Ortiz JC, Navarro J, Núñez H, Espejo P & Labra MA (1995) Reptiles. En: Diversidad biológica de Chile, pp. 326-335 (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, Eds.). CONICYT, Santiago, Chile.

Villagrán C (2018). Biogeografía de los bosques subtropical-templados del sur de Sudamérica: Hipótesis históricas. Magallania (Punta Arenas) 46(1): 27-48.

4.6. ANEXOS

4.6.1. Anexo 4.1. Los 125 ecosistemas terrestres de Chile continental según Pliscoff & Luebert.

Ecosistemas terrestres zonales	Superficie remanente (km^2)
Desierto absoluto	**56.722**
Desierto tropical interior con vegetación escasa	56.722
Dunas de aerófitos	**381**
Dunas tropicales costeras de *Tillandsia landbeckii-T. marconae*	381
Herbazal efímero	**732**
Herbazal efímero tropical costero de *Nolana adansonii-N. lycioides*	732
Matorral desértico	**68.318**
Matorral desértico tropical interior de *Malesherbia auristipulata-Tarasa operculata*	529
Matorral desértico tropical interior de *Atriplex atacamensis-Tessaria absinthioides*	8.484
Matorral desértico tropical costero de *Nolana sedifolia/Eulychnia iquiquensis*	1.288
Matorral desértico tropical-mediterráneo costero de *Ephedra breana/Eulychnia iquiquensis*	3.051
Matorral desértico mediterráneo costero de *Copiapoa boliviana-Heliotropium pycnophyllum*	1.222
Matorral desértico mediterráneo costero de *Gypothamnium pinifolium-Heliotropium pycnophyllum*	808
Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua/Eulychnia iquiquensis*	709
Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua/Eulychnia saintpieana*	1.668
Matorral desértico mediterráneo interior de *Oxyphyllum ulicinum-Gymnophyton foliosum*	2.790
Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium floridum-Atriplex clivicola*	1.253
Matorral desértico mediterráneo costero de *Oxalis virgosa/Eulychnia breviflora*	691
Matorral desértico tropical-mediterráneo interior de *Skytanthus acutus-Atriplex desérticola*	16.073
Matorral desértico tropical interior de *Huidobria chilensis-Nolana leptophylla*	1.256
Matorral desértico mediterráneo costero de *Oxalis virgosa-Heliotropium stenophyllum*	2.491
Matorral desértico mediterráneo interior de *Adesmia argentea-Bulnesia chilensis*	12.361
Matorral desértico mediterráneo interior de *Heliotropium stenophyllum-Flourensia thurifera*	3.953
Matorral desértico mediterráneo interior de *Flourensia thurifera-Colliguaja odorifera*	8.739
Matorral desértico mediterráneo costero de *Bahia ambrosioides/Puya chilensis*	952
Matorral bajo desértico	**65.488**
Matorral bajo desértico tropical interior de *Adesmia atacamensis-Cistanthe salsoloides*	23.454
Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata-Acantholippia desérticola*	13.917
Matorral bajo desértico tropical interior de *Nolana leptophylla-Cistanthe salsoloides*	14.570
Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata*	9.926
Matorral bajo desértico mediterráneo andino de *Senecio proteus-Haplopappus baylahuen*	3.621
Matorral espinoso	**1.367**
Matorral espinoso mediterráneo interior de *Trevoa quinquenervia-Colliguaja odorifera*	874
Matorral espinoso mediterráneo interior de *Puya coerulea-Colliguaja odorifera*	493
Bosque espinoso	**9.511**
Bosque espinoso tropical interior de *Prosopis tamarugo/Tessaria absinthioides*	429
Bosque espinoso tropical interior de *Geoffroea decorticans-Prosopis alba*	477
Bosque espinoso tropical andino de *Browningia candelaris-Corryocactus brevistylus*	2.129
Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven-Prosopis chilensis*	1.156
Bosque espinoso mediterráneo andino de *Acacia caven/Baccharis paniculata*	478
Bosque espinoso mediterráneo costero de *Acacia caven-Maytenus boaria*	2.145
Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven-Lithraea caustica*	2.697
Matorral esclerófilo	**4.529**
Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero de *Peumus boldus-Schinus latifolia*	1.465
Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior de *Quillaja saponaria/Porlieria chilensis*	3.064
Bosque esclerófilo	**21.283**
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Kageneckia angustifolia/Guindilia trinervis*	4.546
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba-Peumus boldus*	4.220

Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica-Cryptocarya alba*	2.623
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria-Lithraea caustica*	2.921
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithraea caustica-Azara integrifolia*	2.138
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithraea caustica-Peumus boldus*	3.116
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Lithraea caustica-Lomatia hirsuta*	1.001
Bosque esclerófilo psamofilo mediterráneo interior de *Quillaja saponaria/Fabiana imbricata*	718
Bosque caducifolio	**59.487**
Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus macrocarpa/Ribes punctatum*	881
Bosque caducifolio mediterráneo interior de *Nothofagus obliqua-Cryptocarya alba*	1.801
Bosque caducifolio mediterráneo andino de *Nothofagus obliqua-Austrocedrus chilensis*	3.643
Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca-Azara petiolaris*	282
Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca-Persea lingue*	613
Bosque caducifolio mediterráneo andino de *Nothofagus glauca-N. obliqua*	1.127
Bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus obliqua-Gomortega keule*	540
Bosque caducifolio mediterráneo de *Nothofagus obliqua-Persea lingue*	1.270
Bosque caducifolio templado de *Nothofagus obliqua-Laurelia sempervirens*	4.922
Bosque mixto mediterráneo costero de *Nothofagus dombeyi-N. obliqua*	1.228
Bosque caducifolio templado costero de *Nothofagus alpina-Persea lingue*	835
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de *Nothofagus alpina-N. obliqua*	608
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus alpina-Dasyphyllum diacanthoides*	2.783
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus alpina-N. dombeyi*	2.637
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de *Nothofagus pumilio-N. obliqua*	1.519
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio-Araucaria araucana*	3.274
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio/Drimys andina*	3.650
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio/Berberis ilicifolia*	9.641
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio/Azara alpina*	2.722
Bosque caducifolio templado andino de *Nothofagus pumilio/Ribes cucullatum*	4.738
Bosque caducifolio templado-antiboreal andino de *Nothofagus pumilio/Maytenus disticha*	10.773
Matorral caducifolio	**20.121**
Matorral caducifolio templado andino de *Nothofagus antarctica*	7.209
Matorral caducifolio templado andino de *Nothofagus antarctica/Empetrum rubrum*	2.857
Matorral arborescente caducifolio mediterráneo-templado oriental de *Nothofagus antarctica/Berberis microphylla*	3.279
Matorral arborescente caducifolio templado-antiboreal andino de *Nothofagus antarctica/Chiliotrichum diffusum*	6.776
Bosque laurifolio	**8.383**
Bosque laurifolio templado costero de *Aextoxicon punctatum-Laurelia sempervirens*	284
Bosque laurifolio templado costero de *Weinmannia trichosperma-Laureliopsis philippiana*	2.172
Bosque laurifolio templado interior de *Nothofagus dombeyi-Eucryphia cordifolia*	5.927
Bosque resinoso de coníferas	**19.194**
Bosque resinoso templado costero de *Araucaria araucana*	269
Bosque resinoso templado andino de *Araucaria araucana-Nothofagus dombeyi*	2.117
Bosque resinoso mediterráneo-templado andino de *Araucaria araucana/Festuca scabriuscula*	1.209
Bosque resinoso templado costero de *Fitzroya cupressoides*	1.260
Bosque resinoso templado andino de *Fitzroya cupressoides*	3.097
Bosque resinoso templado costero de *Pilgerodendron uviferum-Tepualia stipularis*	2.820
Bosque resinoso templado costero de *Pilgerodendron uviferum/Astelia pum*ila	8.422
Bosque siempreverde	**88.123**
Bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus dombeyi/Gaultheria phillyreifolia*	646
Bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus dombeyi-Saxegothaea conspicua*	3.019
Bosque siempreverde templado andino de *Austrocedrus chilensis-Nothofagus dombeyi*	152
Bosque siempreverde templado interior de *Nothofagus nitida-Podocarpus nubigenus*	15.497
Bosque siempreverde templado interior de *Nothofagus betuloides/Desfontainia fulgens*	9.397
Bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus betuloides-Laureliopsis philippiana*	528
Bosque siempreverde templado andino de *Nothofagus betuloides/Chusquea macrostachya*	4.650
Bosque mixto templado andino de *Nothofagus betuloides/Berberis ilicifolia*	2.511
Bosque mixto templado-antiboreal andino de *Nothofagus betuloides-Nothofagus pumilio*	5.266
Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de *Nothofagus betuloides-Embothrium coccineum*	7.617
Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de *Nothofagus betuloides-Drimys winteri*	38.840
Matorral siempreverde	**3.463**

Matorral siempreverde templado costero de *Pilgerodendron uviferum-Nothofagus nitida*	3.463
Turbera	**56.937**
Turbera templada costera de *Donatia fascicularis* y *Oreobolus obtusangulus*	38.411
Turbera antiboreal costera de *Astelia pumila-Donatia fascicularis*	9.127
Turbera antiboreal costera de *Bolax caespitosus-Phyllachne uliginosa*	5.654
Turbera templada-antiboreal interior de *Sphagnum magellanicum/Schoenus antarcticus*	3.745
Matorral bajo de altitud	**89.589**
Matorral bajo tropical andino de *Fabiana ramulosa-Diplostephium meyenii*	6.745
Matorral bajo tropical andino de *Parastrephia lucida-Azorella compacta*	3.165
Matorral bajo tropical andino de *Parastrephia lucida/Festuca orthophylla*	1.760
Matorral bajo tropical andino de *Parastrephia lepidophylla-P. quadrangularis*	7.042
Matorral bajo tropical andino de *Azorella compacta-Pycnophyllum molle*	2.052
Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata-Chuquiraga atacamensis*	3.992
Matorral bajo tropical andino de *Fabiana squamata/Festuca chrysophylla*	3.940
Matorral bajo tropical andino de *Fabiana bryoides-Parastrephia quadrangularis*	7.661
Matorral bajo tropical andino de *Mulinum crassifolium-Urbania pappigera*	9.210
Matorral bajo tropical andino de *Artemisia copa/Jarava frigida*	2.128
Matorral bajo tropical andino de *Adesmia frigida/Jarava frigida*	3.479
Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de *Adesmia hystrix-Ephedra breana*	6.538
Matorral bajo tropical andino de *Adesmia subterranea-Adesmia echinus*	5.312
Matorral bajo mediterráneo costero de *Chuquiraga oppositifolia-Mulinum spinosum*	55
Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia-Nardophyllum lanatum*	4.060
Matorral bajo mediterráneo andino de *Laretia acaulis-Berberis empetrifolia*	5.647
Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia-Discaria articulata*	3.435
Matorral bajo templado andino de *Discaria chacaye/Berberis empetrifolia*	3.421
Matorral bajo templado andino de *Adesmia longipes-Senecio bipontinii*	2.986
Matorral bajo antiboreal andino de *Bolax gummifera-Azorella selago*	6.961
Herbazal de altitud	**25.356**
Herbazal tropical andino de *Chaetanthera sphaeroidalis*	6.574
Herbazal mediterráneo andino de *Nastanthus spathulatus-Menonvillea spathulata*	2.310
Herbazal mediterráneo andino de *Oxalis adenophylla-Pozoa coriacea*	953
Herbazal templado andino de *Nassauvia dentata-Senecio portalesianus*	11.118
Herbazal antiboreal andino de *Nassauvia pygmaea-N. lagascae*	4.401
Estepas y pastizales	**24.354**
Estepa mediterránea-templada oriental de *Festuca pallescens/Mulinum spinosum*	3.127
Estepa mediterránea-templada oriental de *Festuca gracillima*	6.354
Estepa mediterránea-templada oriental de *Festuca gracillima/Mulinum spinosum*	6.890
Estepa templada oriental de *Festuca gracillima/Chiliotrichum diffusum*	7.983
Estepa templada oriental de *Festuca gracillima/Chiliotrichum diffusum*	7.983

4.6.2. Anexo 4.2. Las 14 ecorregiones y los 96 ecosistemas marinos según la clasificación de Rovira & Herreros (2016)

Ecorregión	Ecosistemas
Norte grande	Epibentónico Blando-Norte grande
	Epibentónico Duro-Norte grande
	Litoral-Norte grande
	Litoral Blando-Norte grande
	Litoral Duro-Norte grande
	Zona de Surgencia -Norte grande
Paposo Taltal	Epibentónico Blando-Paposo Taltal
	Epibentónico Duro-Paposo Taltal
	Litoral-Paposo Taltal
	Litoral Blando-Paposo Taltal
	Litoral Duro-Paposo Taltal
	Mesobentónico-Paposo Taltal
Atacama	Epibentónico-Atacama
	Epibentónico Blando-Atacama
	Epibentónico Duro-Atacama
	Litoral-Atacama

	Litoral Blando-Atacama
	Litoral Duro-Atacama
	Mesobentónico -Atacama
	Zona de Surgencia-Atacama
Los Molles	Epibentónico Blando-Los Molles
	Epibentónico Duro-Los Molles
	Litoral-Los Molles
	Litoral Blando-Los Molles
	Litoral Duro-Los Molles
	Zona de Surgencia-Los Molles
Chile central	Epibentónico Blando-Chile central
	Epibentónico Duro-Chile central
	Litoral-Chile central
	Litoral Blando-Chile central
	Litoral Duro-Chile central
	Zona de Surgencia-Chile central
Centro sur	Epibentónico Blando-Centro sur
	Epibentónico Duro-Centro sur
	Litoral Blando-Centro sur
	Litoral Duro-Centro sur
	Mesobentónico-Centro sur
Chiloé Taitao	Canales de la Patagonia Central-Chiloé Taitao
	Canales de la Patagonia Norte-Chiloé Taitao
	Costa de Chiloé Continental-Chiloé Taitao
	Costa Este de Chiloé-Chiloé Taitao
	Costa expuesta de Golfo de Penas-Chiloé Taitao
	Costa expuesta Patagonia Norte-Chiloé Taitao
	Fiordos de Chiloé Continental-Chiloé Taitao
	Fiordos de la Patagonia Central-Chiloé Taitao
	Fiordos de la Patagonia Norte-Chiloé Taitao
	Senos del Golfo de Penas-Chiloé Taitao
Kawesqar	Canales de la Patagonia Central-Kawesqar
	Costa Expuesta de Patagonia Central-Kawesqar
	Fiordos de la Patagonia Central-Kawesqar
Magallanes	Almirantazgo-Magallanes
	Bahía Inútil-Magallanes
	Beagle Ballenero-Magallanes
	Canales de la Patagonia Central-Magallanes
	Canales de la Patagonia Sur-Magallanes
	Cockburn Magdalena-Magallanes
	Costa Expuesta de Patagonia Sur-Magallanes
	Estrecho de Magallanes Central-Magallanes
	Estrecho de Magallanes Este-Magallanes
	Estrecho de Magallanes Oeste-Magallanes
	Fiordos de la Patagonia Central-Magallanes
	Fiordos de la Patagonia Sur-Magallanes
	Nassau Hornos-Magallanes
	Otway Jerónimo-Magallanes
	Whiteside-Magallanes
Islas Desventuradas	Abisal-Islas Desventuradas
	Batibentónico-Islas Desventuradas
	Mesobentónico-Islas Desventuradas
	Montes Submarinos-Islas Desventuradas
	Superficie terrestre-Islas Desventuradas
Archipielago de Juan Fernandez	Abisal-Archipiélago de Juan Fernández
	Batibentónico-Archipiélago de Juan Fernández
	Epibentónico-Archipiélago de Juan Fernández
	Litoral-Archipiélago de Juan Fernández
	Mesobentónico-Archipiélago de Juan Fernández
	Montes Submarinos-Archipiélago de Juan Fernández

	Superficie terrestre-Archipiélago de Juan Fernández
Isla de Pascua	Abisal-Isla de Pascua
	Batibentónico-Isla de Pascua
	Epibentónico-Isla de Pascua
	Insular-Isla de Pascua
	Litoral-Isla de Pascua
	Mesobentónico-Isla de Pascua
	Montes Submarinos-Isla de Pascua
Pacifico Sudeste	Abisal-Pacífico Sudeste
	Batibentónico-Pacífico Sudeste
	Hadal-Pacífico Sudeste
	Mesobentónico-Pacífico Sudeste
	Montes submarinos-Pacífico Sudeste
Pacifico Austral Oceánico	Abisal-Pacífico Austral Oceánico
	Batibentónico-Pacífico Austral Oceánico
	Mesobentónico-Pacífico Austral Oceánico
	Montes submarinos-Pacífico Austral Oceánico

4.6.3. Anexo 4.3. Definiciones de niveles jerárquicos dentro de la tipología ecosistémica global.

Nivel	Definición
Reino	Uno de los cinco componentes principales de la biosfera que difieren fundamentalmente en la organización y función ecosistémica ya sea en ambientes terrestres, dulceacuícolas, marinos, subterráneos, o atmosféricos.
Bioma funcional	Un componente de un reino unido por uno o unos pocos impulsores (“drivers”) ecológicos principales comunes que regulan las principales funciones ecosistémicas y los procesos ecológicos, derivados verticalmente (“top-down”) por subdivisión de reinos (nivel 1).
Grupo funcional ecosistémico	Un grupo de ecosistemas relacionados dentro de un bioma que comparten impulsores ecológicos comunes que promueven la convergencia de las propiedades ecosistémicas que caracterizan al grupo. Derivado verticalmente (“top-down”) por subdivisión de biomas (nivel 2).
Sub-grupos ecosistémicos regionales	Una expresión ecorregional de un Grupo funcional ecosistémico derivado verticalmente (“top-down”) por subdivisión de ellos mismos (nivel 3). Representan variantes geográficas composicionalmente distintivas que ocupan diferentes áreas dentro del rango de distribución de un Grupo funcional ecosistémico.
Tipo ecosistémico global	Un complejo de organismos y su ambiente físico asociado dentro de un área ocupada por un Grupo funcional ecosistémico. Los tipos ecosistémicos globales agrupados en el mismo Grupo funcional ecosistémico comparten procesos ecológicos similares, pero exhiben diferencias sustanciales en su composición biótica. Se derivan verticalmente (“bottom-up”), ya sea directamente a partir de observaciones o mediante la agregación de tipos subglobales (nivel 6).
Tipo ecosistémico sub-global	Una subunidad o grupo anidado de subunidades dentro de un tipo ecosistémico global, que por lo tanto exhiben un mayor grado de homogeneidad composicional y de semejanza entre sí que los tipos ecosistémicos globales (nivel 5). Representan unidades de clasificaciones establecidas (e. g., a nivel nacional), en algunos casos dispuestas en una sub-jerarquía de múltiples niveles, derivadas directamente de observaciones.

4.6.4. Anexo 4.4. Categorías de Conservación usadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) en Chile, validados para los criterios de la UICN.

Extinta	EX	Cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones exhaustivas en sus hábitats conocidos y/o esperados, efectuadas en las oportunidades apropiadas y en su área de distribución histórica, no hayan detectado ningún individuo en estado silvestre. Se trata de especies que tampoco subsisten en cautiverio o cultivos.
Extinta en Estado Silvestre	EW	Cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Son especies para las cuales, luego de prospecciones exhaustivas en su hábitat conocido y/o esperado, efectuadas en las oportunidades apropiadas y en su área de distribución histórica, no hayan detectado ningún individuo en estado silvestre.

En Peligro Crítico	CE	Cuando enfrente un riesgo extremadamente alto de extinción, es decir, la probabilidad de que la especie desaparezca en el corto plazo es muy alta. Para ser clasificada en esta categoría, la especie debe cumplir con los criterios técnicos que para dicha categoría fueron establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
En Peligro	EN	Cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría denominada "En Peligro Crítico", enfrente un riesgo muy alto de extinción, es decir cuando la probabilidad de que la especie desaparezca en el mediano plazo es alta. Para ser clasificada en esta categoría, la especie debe cumplir con los criterios técnicos que para dicha categoría fueron establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
Vulnerable	VU	Cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría denominada "En Peligro ", la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la UICN para tal categoría y, por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
Casi Amenazada	NT	Cuando habiendo sido evaluada, no satisface, actualmente, los criterios para las categorías En Peligro Crítico, En Peligro, o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios de estos últimos, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano.
Preocupación menor	LC	Cuando, habiendo sido evaluada, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, o Casi Amenazada. Se incluyen en esta categoría especies abundantes y de amplia distribución, y que por lo tanto pueden ser identificadas como de preocupación menor. Es la categoría de menor riesgo.
Datos deficientes	DD	No corresponde a una categoría de conservación. Se aplica a especies que no pueden ser clasificadas en alguna categoría de conservación porque faltan datos o información.

4.6.5. Anexo 4.5. Principales compromisos internacionales subscritos por Chile

Acuerdo	**Lugar y fecha de la firma**	**Fecha de Firma (F), Promulgación (P), Ratificación (R), Entrada en Vigencia (V), Publicación (Pu)**	**Objetivos**
Convenio Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas (CBI) y su Anexo	Washington, EEUU 2/12/1946	21/9/1979 (Pu)	El propósito de la Convención es proveer conservación a las poblaciones de cetáceos y así posibilitar un desarrollo ordenado de la industria ballenera. La principal tarea de la CBI es establecer y revisar medidas que regulen las actividades asociadas a los cetáceos a nivel mundial. Link al documento
Convención relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves acuáticas (Convención de Ramsar)	Ramsar, Irán (1971)	4/9/1981 (P) 11/11/1981 (Pu)	Es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y de cooperación internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos. Link al documento
Convenio sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias, con sus Anexos I, II y III	Londres, Inglaterra (29/12/1972)	12/8/1977 (P) 11/10/1977 (Pu)	Su finalidad es promover el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino y la adopción de todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, de buques y plataformas, u otras construcciones en el mar. Link al documento
Convención sobre Conservación de Focas Antárticas	Londres, Inglaterra (1/6/1972)	21/02/1980 (P) 24/4/1980 (Pu)	Esta convención se aplica al mar al sur de los 60° de Latitud Sur, y abarca las siguientes especies: Elefante marino (*Mirounga leonina*), Leopardo marino (*Hydrurga leptonyx*), Foca de Weddell (*Leptonychotes weddelli*), Foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*), Foca de Ross (*Ommatophoca rossi*), Lobo de dos pelos (*Arctocephalus* sp). Link al documento
Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas, de Fauna y	Washington, EEUU (3/3/1973)	16/9/1974 (F) 28/1/1975 (P) 25/3/1975 (Pu)	Tiene por finalidad velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia.

Flora Silvestres (CITES)		1/7/1975 (V)	Link al documento
Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña	Lima, Perú (1979)	1/12/1980 (P) 16/12/1980 (Pu)	Mediante este acuerdo internacional los gobiernos signatarios (Bolivia, Chile, Ecuador y Perú) consideran que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica, en beneficio del poblador andino. Link al documento
Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje, y sus Anexos.	Bonn, República Federal de Alemania (1979)	14/101981 (P) 12/12/1981 (Pu)	La finalidad de la Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (conocida también como CMS o Convención de Bonn) es contribuir a la conservación de las especies de aves migratorias terrestres y marinas a través de su área de distribución. Link al documento
Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos	Canberra, Australia (11/9/1980)	11/09/1980 (F) 24/07/1981 (P) 13/10/1981 (V)	Proteger, salvaguardar y conservar la integridad del ecosistema de los mares que rodean la Antártida y los recursos vivos marinos antárticos. Link documento
Acuerdo sobre Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas en casos de Emergencia	Lima, Perú (1981)	14/05/1986 (P) 11/08/1986 (Pu)	Tiene por objeto tomar medidas necesarias para neutralizar o controlar los efectos nocivos en aquellos casos que consideren de grave e inminente peligro para el medio marino, la costa o intereses conexos de una o más de ellas, debido a la presencia de grandes cantidades de hidrocarburos u otras sustancias nocivas resultantes de emergencias y que estén contaminando o amenacen con contaminar el área marina que se identifica en el Acuerdo. Link al documento
Convenio para la Protección del Medio Ambiente y la Zona Costera del Pacífico Sudeste	Lima, Perú (1981)	07/04/1986 (P) 14/04/1986 (Pu)	El objetivo es comprometer la mayor cooperación para adoptar las medidas apropiadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino y zona costera del Pacífico Sudeste y para asegurar una adecuada gestión ambiental de los recursos naturales. Link al documento
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	Viena, Austria (22/3/1985)	22/3/1985 (F) 6/3/1990 (R) 8/3/1990 (V)	Proteger a la salud humana y al medio ambiente de los efectos negativos producidos por las modificaciones en la capa de ozono. Link documento
Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Disminuyen la Capa de Ozono	Montreal, Canada (16/9/1987)	14/6/1988 (F) 08/3/1990 (R) 28/4/1990 (V)	Proteger la capa de ozono tomando medidas precautorias para controlar las emisiones globales de las sustancias que provocan su disminución. Link documento
Convenio de Basilea para el Control de los Movimientos Transfronterizo s de Desechos Peligrosos y su Eliminación	Basilea, Suiza (22/3/1989)	31/1/1990 (F) 11/8/1992 (R) 13/10/1992 (V)	Reducir el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos definidos por el Convenio, en una forma que sea consistente con un manejo eficiente y ambientalmente adecuado de dichos desechos. Link documento
Tratado entre la República de Chile y la República de Argentina sobre Medio Ambiente	Buenos Aires, Argentina (2/8/1991)	2/8/1991 (F) 14/4/1993 (V)	Emprender acciones coordinadas o conjuntas en materia de protección, preservación, conservación y saneamiento del medio ambiente e impulsar la utilización racional y equilibrada de los recursos naturales, teniendo en cuenta el vínculo existente entre medio ambiente y desarrollo. Link documento
Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección Ambiental	Madrid, España (4/10/1991)	4/10/1991 (F) 11/1/1995 (R) 18/2/1998 (V)	Reafirmar el status de la Antártica como un área especial de conservación y realzar el marco de protección el ambiente antártico y sus ecosistemas dependientes y asociados. Link al documento
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)	Nueva York, EEUU (9/5/1992)	9/5/1992 (F) 22/12/1994 (R) 13/4/1995 (V)	Estabilizar las concentraciones de los Gases con Efecto Invernadero en la atmósfera, a un nivel tal que ya no existan interferencias antropógenas significativas en el sistema climático. Link al documento

Declaración de Río de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo	Rio de Janeiro, Brasil (5/6/1992)	12/08/1994 (R) 13/4/1995 (V)	Establece, entre otros, que "Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza" (Principio 1). "Para alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente debe ser parte del proceso de desarrollo y no puede ser considerado por separado" (Principio 4). Link al documento
Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)	Rio de Janeiro, Brasil (5/6/1992)	5/6/1992 (F) 9/9/1994 (R) 6/5/1995 (V)	Promover el uso sustentable de los componentes de la biodiversidad y fomentar una distribución equitativa de los beneficios generados por la utilización de los recursos genéticos. Link al documento
Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación	París, Francia (17/6/1994)	3/3/1995 (F) 11/11/1997 (R) 13/2/1998 (V)	Tiene como objetivo luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados, en particular en África, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacional. Link al documento
Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	Kioto, Japón (11/12/1997)	22/12/2004 (P) 16/02/2005 (Pu)	El protocolo de Kioto, sucesor de la CMNUCC, es uno de los instrumento jurídicos internacionales más importantes destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene los compromisos asumidos por los países industrializados de reducir sus emisiones de gases con efecto invernadero, responsables del calentamiento global. Link al documento
Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología	Montreal, Canadá1998 (29/1/2000)	24/5/2000 (F) Falta la ratificación del documento	Contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos.
Convenio de Rotterdam	10/9/1998	2/3/2005 (P) 19/5/2005 (Pu)	Tiene como objetivo promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños. Link al documento
Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos, componente ambiental	Santiago, Chile (17/6/2003)	4/3/2004 (P) 20/5/2004 (Pu)	Los dos gobiernos reconocen la importancia de proteger el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible de común acuerdo con los lazos bilaterales de comercio e inversión ampliados a raíz del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre los Estados Unidos y Chile firmado en 2003. Link al documento
Metas de Aichi	Aichi, Japón 27/10/2010		Son 20 metas agrupadas en cinco objetivos estratégicos planteadas por los representantes de gobierno de 196 países firmantes de la CDB durante la COP 10 sobre biodiversidad que se llevó a cabo en Aichi, Japón en 2010. Estas metas, que deberán cumplirse en 2020, forman parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 que tiene el propósito de detener la pérdida de la naturaleza: el soporte vital de todas las formas de vida en el planeta. Link al documento
Convenio de adhesión a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)	11/1/2010: Carta de adhesión		La OCDE, fundada en 1961, es un foro multilateral de discusión, de desarrollo y de reforma de políticas económicas y sociales. El Directorado de Medio Ambiente de la OCDE supervisa el trabajo de una serie de grupos en materias tales como: biodiversidad; agua y ecosistemas; clima, inversión y desarrollo; información ambiental; desempeño ambiental; integración de políticas económicas y ambientales; productividad de los recursos; residuos, químicos, plaguicidas y biotecnología.

			Link al documento
Alianza del Pacífico	Antofagasta, Chile 6/6/2012		La Alianza del Pacífico nació como una iniciativa económica y de desarrollo entre cuatro naciones de América Latina: Chile, Colombia, México y Perú. En los últimos años los países miembros han buscado no sólo profundizar la integración regional en términos económicos, creando mercados atractivos para lograr una mayor competitividad a nivel internacional, sino también fortalecer y materializar su adhesión al desarrollo sustentable y a las políticas de crecimiento verde. Link al documento
Acuerdo de Cooperación Ambiental entre la República de Chile y la República de Perú	Lima, Perú (10/12/2014)	6/7/2015 (P) 1/9/2015 (Pu)	Los objetivos del acuerdo son: (a) Promover la cooperación para el fortalecimiento de capacidades y potencialidades de las Partes, incluidas las organizaciones no gubernamentales, a fin de promover el desarrollo de políticas y de la gestión ambiental. (b) Facilitar, mediante la cooperación, el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia ambiental, asumidos por las Partes. (c) Fortalecer el diálogo y el intercambio de experiencias en materia ambiental. Link al documento
Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	25/9/2015		193 países miembros de la Organización de Naciones Unidas (ONU), se subscriben y se comprometen al cumplimiento de un nuevo programa de desarrollo sostenible. Este programa, conocido como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas. Link al documento
Acuerdo de París sobre Cambio Climático	París, Francia (12/12/2017)	20/9/2016 (F) 10/2/2017 (R) 13/2/2017 (P) 23/5/2017 (Pu)	Acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases con Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global. Su aplicabilidad se establece para el año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kioto. Link al documento
Acuerdo de Escazú	Escazú, Costa Rica (4/3/2018)	6/7/2022 (R) 25/10/2022 (P)	El Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales, también conocido como Acuerdo de Escazú, es un instrumento jurídico internacional de carácter regional, abierto a la firma de los 33 países de América Latina y el Caribe, que garantiza derechos de acceso a la información, a la participación en el proceso de toma de decisiones ambientales y a la justicia en materia ambiental, para contribuir a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible. Link al documento

4.6.6. Anexo 4.6. Metas de Aichi y Objetivos de Desarrollo Sostenible

Metas de Aichi

- **Meta 1:** Para 2020, a más tardar, las personas tendrán conciencia del valor de la diversidad biológica y de los pasos que pueden seguir para su conservación y utilización sostenible.
- **Meta 2:** Para 2020, a más tardar, los valores de la diversidad biológica habrán sido integrados en las estrategias y los procesos de planificación de desarrollo y de reducción de la pobreza nacionales y locales y se

estarán integrando en los sistemas nacionales de contabilidad, según proceda, y de presentación de informes.

- **Meta 3:** Para 2020, a más tardar, se habrán eliminado, eliminado gradualmente o reformado los incentivos, incluidos los subsidios, perjudiciales para la diversidad biológica, a fin de reducir al mínimo o evitar los impactos negativos, y se habrán desarrollado y aplicado incentivos positivos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica de conformidad con el Convenio y otras obligaciones internacionales pertinentes y en armonía con ellos, tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas nacionales.
- **Meta 4:** Para 2020, a más tardar, los gobiernos, empresas e interesados directos de todos los niveles habrán adoptado medidas o habrán puesto en marcha planes para lograr la sostenibilidad en la producción y el consumo y habrán mantenido los impactos del uso de los recursos naturales dentro de límites ecológicos seguros.
- **Meta 5:** Para 2020, se habrá reducido por lo menos a la mitad y, donde resulte factible, se habrá reducido hasta un valor cercano a cero el ritmo de pérdida de todos los hábitats naturales, incluidos los bosques, y se habrá reducido de manera significativa la degradación y fragmentación.
- **Meta 6:** Para 2020, todas las reservas de peces e invertebrados y plantas acuáticas se gestionan y cultivan de manera sostenible y lícita y aplicando enfoques basados en los ecosistemas, de manera tal que se evite la pesca excesiva, se hayan establecido planes y medidas de recuperación para todas las especies agotadas, las actividades de pesca no tengan impactos perjudiciales importantes en las especies en peligro y los ecosistemas vulnerables, y los impactos de la pesca en las reservas, especies y ecosistemas se encuentren dentro de límites ecológicos seguros.
- **Meta 7:** Para 2020, las zonas destinadas a agricultura, acuicultura y silvicultura se gestionarán de manera sostenible, garantizándose la conservación de la diversidad biológica.
- **Meta 8:** Para 2020, se habrá llevado la contaminación, incluida aquella producida por exceso de nutrientes, a niveles que no resulten perjudiciales para el funcionamiento de los ecosistemas y la diversidad biológica.
- **Meta 9:** Para 2020, se habrán identificado y priorizado las especies exóticas invasoras y vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento.
- **Meta 10:** Para 2015, se habrán reducido al mínimo las múltiples presiones antropógenas sobre los arrecifes de coral y otros ecosistemas vulnerables afectados por el cambio climático o la acidificación de los océanos, a fin de mantener su integridad y funcionamiento.
- **Meta 11:** Para 2020, al menos, el 17 por ciento de las zonas terrestres y de aguas continentales y el 10 por ciento de las zonas marinas y costeras, especialmente aquellas de particular importancia para la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, se conservan por medio de sistemas de áreas protegidas administrados de manera eficaz y equitativa, ecológicamente representativos y bien conectados y otras medidas de

conservación eficaces basadas en áreas, y están integradas en los paisajes terrestres y marinos más amplios.

- **Meta 12:** Para 2020, se habrá evitado la extinción de especies en peligro identificadas y su estado de conservación se habrá mejorado y sostenido, especialmente para las especies en mayor declive.
- **Meta 13:** Para 2020, se mantiene la diversidad genética de las especies vegetales cultivadas y de los animales de granja y domesticados y de las especies silvestres emparentadas, incluidas otras especies de valor socioeconómico y cultural, y se han desarrollado y puesto en práctica estrategias para reducir al mínimo la erosión genética y salvaguardar su diversidad genética.
- **Meta 14:** Para 2020, se han restaurado y salvaguardado los ecosistemas que proporcionan servicios esenciales, incluidos servicios relacionados con el agua, y que contribuyen a la salud, los medios de vida y el bienestar, tomando en cuenta las necesidades de las mujeres, las comunidades indígenas y locales y los pobres y vulnerables.
- **Meta 15:** Para 2020, se habrá incrementado la resiliencia de los ecosistemas y la contribución de la diversidad biológica a las reservas de carbono, mediante la conservación y la restauración, incluida la restauración de por lo menos el 15 % de las tierras degradadas, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a este, así como a la lucha contra la desertificación.
- **Meta 16:** Para 2015, el Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización estará en vigor y en funcionamiento, conforme a la legislación nacional.
- **Meta 17:** Para 2015, cada Parte habrá elaborado, habrá adoptado como un instrumento de política y habrá comenzado a poner en práctica una estrategia y un plan de acción nacionales en materia de diversidad biológica eficaces, participativos y actualizados.
- **Meta 18:** Para 2020, se respetan los conocimientos, las innovaciones y las prácticas tradicionales de las comunidades indígenas y locales pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, y su uso consuetudinario de los recursos biológicos, sujeto a la legislación nacional y a las obligaciones internacionales pertinentes, y se integran plenamente y reflejan en la aplicación del Convenio con la participación plena y efectiva de las comunidades indígenas y locales en todos los niveles pertinentes.
- **Meta 19:** Para 2020, se habrá avanzado en los conocimientos, la base científica y las tecnologías referidas a la diversidad biológica, sus valores y funcionamiento, su estado y tendencias y las consecuencias de su pérdida, y tales conocimientos y tecnologías serán ampliamente compartidos, transferidos y aplicados.
- **Meta 20:** Para 2020, a más tardar, la movilización de recursos financieros para aplicar de manera efectiva el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011 2020 provenientes de todas las fuentes y conforme al proceso refundido y convenido en la Estrategia para la movilización de recursos debería aumentar de manera sustancial en relación con los

niveles actuales. Esta meta estará sujeta a cambios según las evaluaciones de recursos requeridos que llevarán a cabo y notificarán las Partes.

Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS)

- **Objetivo 1.** Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- **Objetivo 2.** Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- **Objetivo 3.** Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- **Objetivo 4.** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- **Objetivo 5.** Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
- **Objetivo 6.** Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- **Objetivo 7**. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- **Objetivo 8.** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- **Objetivo 9.** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- **Objetivo 10**. Reducir la desigualdad en y entre los países.
- **Objetivo 11.** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- **Objetivo 12**. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **Objetivo 13.** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- **Objetivo 14.** Conservar y utilizar en forma sostenible
- los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- **Objetivo 15.** Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- **Objetivo 16.** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- **Objetivo 17.** Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

4.6.7. Anexo 4.7. Principales instrumentos normativos relativos a biodiversidad en Chile.

Materia	Instrumento normativo	Detalles	Fecha
Institucionalidad ambiental (IA)	Ley N°19.300	Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. La CONAMA sigue un modelo coordinador del medio ambiente. IA dispersa entre CONAF, SERNAPESCA y SAG.	1994
	Ley N°20.173	Crea el cargo de presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y le confiere rango de ministro de Estado.	2007
	Modificación Ley N°19.300 (Ley N° 20.417)	Crea el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS). La IA está más concentrada, pero la regulación y gestión ambiental sigue dispersa.	2010
	Modificación Ley N°19.300 (Ley N°20.417)	Crea los Tribunales Ambientales.	2012
	Boletín 9404-12	Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), concentrando bajo la tutela del MMA todas las áreas protegidas de diversas categorías que actualmente están dispersas.	2014**
Áreas Protegidas	Ley N°18.362	Crea un sistema nacional de áreas silvestres protegidas.	1984
	Ley N°18.892	Ley general de pesca y acuicultura. SERNAPESCA crea y administra los parques y reservas marinas.	1989
	DS 238	Reglamento sobre parques marinos y reservas marinas de la ley general de pesca y acuicultura.	2005
	Resolución Exenta 83	Crea el Comité Nacional de Áreas Protegidas compuesto por representantes del representantes de diversas instituciones públicas.	2014
	Boletín 11006-07	Modifica el Código Penal con el objeto de aumentar la pena aplicable al delito de incendio de bosques y de Áreas Silvestres Protegidas.	2016*
	Ley N°20.930	Establece el derecho real de conservación medioambiental. Primer cuerpo legal de apoyo a iniciativas privadas de conservación, constituyendo derechos de conservación transferibles dentro de la propiedad privada.	2016
Bosques	Ley N°18.348	Crea la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables (CONAF).	1984
	DS 193	Reglamento general del DL 701 de 1974 sobre fomento forestal. Fomento de la producción maderera, no se protege al bosque nativo, su biodiversidad ni productos no madereros.	1998
	DL 656	Ley de bosques. Regula la explotación forestal y las plantaciones para preservar los bosques, pero facilita la industria maderera.	1999
	Ley N°20.283	Ley de bosque nativo y fomento forestal. Se diferencia el bosque nativo de las plantaciones exóticas, se definen los servicios ecosistémicos y tiene como objetivo conservar la diversidad biológica de los bosques. Fomento al bosque nativo .	2008
	DS 93	Reglamento general de la ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal.	2009
	DS 95	Reglamento del fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo.	2009
	DS 96	Reglamenta los recursos destinados a la investigación del bosque nativo.	2009
	Ley N°20.488	Prorroga vigencia del DL 701 y aumenta incentivos a la forestación.	2011
Biodiversidad	Ley N°19.473	Ley de Caza. Regula explotación de la fauna vertebrada terrestre nativa y exótica. Se intentó regular sobre fauna exótica dañina, pero fracasó por críticas sociales.	1999
	Ley N°19.713	Establece como medida de administración el límite máximo de captura por armador a las principales pesquerías industriales nacionales y la regularización del registro pesquero artesanal.	2001
	DS 75	Reglamento para la clasificación de especies silvestres.	2004

	DS 345	Reglamento sobre plagas hidrobiológicas.	2006
	Ley N°20.256	Establece normas sobre pesca recreativa.	2008
	DS 179	Establece prohibición de captura de especies de cetáceos que se indican en aguas de jurisdicción nacional.	2008
	Ley N°20.293	Protege a los cetáceos e introduce modificaciones a la Ley N°18.892 general de pesca y acuicultura.	2008
	Ley N°20.380	Sobre protección de animales.	2009
	Modificación Ley N°18.892 (Ley N°20.434)	Mejoramiento en la prevención de impactos de la acuicultura sobre la biodiversidad.	2010
	DS 29	Reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación.	2011
	Resolución Exenta 930	Crea el Comité Nacional de Humedales, el cual está constituido por representantes del sector público, así como también cuenta con la visión de partes interesadas externas al Comité vinculadas a humedales, tanto del ámbito privado, académico, como ONGs, entre otros.	2013
	Resolución Exenta 684	Crea el Comité Operativo para la prevención, el Control y la Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras (COCEI). Su coordinación está a cargo del Ministerio del Medio Ambiente y está compuesto por 13 instituciones públicas.	2013
	Modificación Ley N°18.892 (Ley N°20.657)	Modificaciones en el ámbito de la sustentabilidad. Se protegen legalmente los montes marinos.	2013
	DS 1	Reglamento para la elaboración de planes de recuperación conservación y gestión de especies.	2014
	Boletín 9882-01	Establece regulaciones sobre los parques zoológicos.	2015*
	DS 96	Establece Reglamento de Actividades de Acuicultura en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos. Deja sin efecto el DS 314-2004.	2015
	Resolución Exenta 0770	Crea el Comité Nacional de Restauración Ecológica.	
	Boletín 11520-07	Sustituye el numeral 8° del artículo 19 de la Carta Fundamental, con el propósito de incorporar la preservación de la biodiversidad genética.	2017*
Cambio climático	DS 87	Crea consejo asesor de cambio climático y agricultura.	2009
	Resolución Exenta 197	Crea comité asesor sobre cambio climático.	2013
	DS 145	Deroga decreto 466 de 1996 que crea Comité Nacional sobre Cambio Global.	2014
	Boletín 11689-12	Modifica la ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, para incorporar en ella el criterio de cambio climático y la participación ciudadana, en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.	2018*
	Boletín 12509-12	Modifica la ley N°19.300, que Aprueba ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, para reemplazar la denominación del Ministerio del Medio Ambiente, por la de Ministerio del Medio Ambiente y Cambio Climático.	2019*
	Boletín 12634-12	Proyecto de ley que establece normas ambientales y de adaptación al cambio climático para la actividad de acuicultura.	2019*
	Boletín 12758-12	Proyecto de ley que establece normas medioambientales y de adaptación al cambio climático para la industria alguera.	2019*
	Ley N°21.157	Establece el financiamiento, regula la ejecución y dicta otras normas para la implementación de la Conferencia Internacional para el Cambio Climático denominada COP 25.	2019

*Año en que ingresa proyecto de Ley. Actualmente en primer trámite constitucional.
*Año en que ingresa proyecto de Ley. Actualmente en segundo trámite constitucional.

4.6.8. Anexo 4.8. Artículos incluidos en el capítulo "Naturaleza y Medio Ambiente" de la propuesta de Constitución 2022.

Artículo 127

1. La naturaleza tiene derechos. El Estado y la sociedad tienen el deber de protegerlos y respetarlos.
2. El Estado debe adoptar una administración ecológicamente responsable y promover la educación ambiental y científica mediante procesos de formación y aprendizaje permanentes.

Artículo 128

1. Son principios para la protección de la naturaleza y el medioambiente, a lo menos, los de progresividad, precautorio, preventivo, de justicia ambiental, de solidaridad intergeneracional, de responsabilidad y de acción climática justa.
2. Quien dañe el medioambiente tiene el deber de repararlo, sin perjuicio de las sanciones administrativas, penales y civiles que correspondan conforme a la Constitución y las leyes.

Artículo 129

1. Es deber del Estado adoptar acciones de prevención, adaptación y mitigación de los riesgos, las vulnerabilidades y los efectos provocados por la crisis climática y ecológica.
2. El Estado debe promover el diálogo, la cooperación y la solidaridad internacional para adaptarse, mitigar y afrontar la crisis climática y ecológica y proteger la naturaleza.

Artículo 130

El Estado protege la biodiversidad, debiendo preservar, conservar y restaurar el hábitat de las especies nativas silvestres en la cantidad y distribución adecuada para sostener la viabilidad de sus poblaciones y asegurar las condiciones para su supervivencia y no extinción.

Artículo 131

1. Los animales son sujetos de especial protección. El Estado los protegerá, reconociendo su sintiencia y el derecho a vivir una vida libre de maltrato.
2. El Estado y sus órganos promoverán una educación basada en la empatía y en el respeto hacia los animales.

Artículo 132

El Estado, a través de un sistema nacional de áreas protegidas, único, integral y de carácter técnico, debe garantizar la preservación, restauración y conservación de espacios naturales. Asimismo, debe monitorear y mantener información actualizada relativa a los atributos de dichas áreas y garantizar la participación de las comunidades locales y entidades territoriales.

Artículo 133

Es deber del Estado regular y fomentar la gestión, reducción y valorización de residuos.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS

dt



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS

Autor:
César Morales Estupiñán (1)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 5. LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS
César Morales, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

5. LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS EN CHILE **9**

5.1. INTRODUCCIÓN *9*

5.2. DEFINICIONES BÁSICAS *10*

5.2.1. Las definiciones de la UNCCD sobre desertificación y la degradación de las tierras 10

5.2.2. El Atlas Mundial de la Desertificación del 2018 11

5.2.3. Los pequeños productores como causantes últimos de la desertificación y la degradación 12

5.2.4. La resiliencia de los ecosistemas de las tierras secas y el papel de los pequeños productores en la sustentabilidad 12

5.3. LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN *13*

5.4. METODOLOGÍA *13*

5.4.1. Selección de variables 14

5.4.2. Procedimientos 16

5.4.3. Fuentes de Información 19

5.5. LAS REGIONES Y COMUNAS MÁS AFECTADAS POR LA DEGRADACIÓN (DEGRADACIÓN SEVERA) *20*

5.6. LOS PRINCIPALES DRIVERS DE LA DEGRADACIÓN EN LOS MUNICIPIOS MÁS AFECTADOS *25*

5.7. DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS Y CAMBIO CLIMÁTICO *27*

5.8. MAPEO DE LAS ÁREAS DEGRADADAS *29*

5.9. LA EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS VEGETACIONALES *30*

5.10. LAS POLÍTICAS PÚBLICAS *32*

5.10.1. Comentarios finales 34

5.11. BIBLIOGRAFÍA *35*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Fernando Santibáñez, René Saa, Alejandro García, José M. Uribe, Alejandro Royo, Andrés de la Fuente, Rodrigo Fuster, Pablo Roa, Paula Santibáñez, Carolina Fuentes, Marco Pfeiffer, Jorge Pérez, Mauricio González

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y

Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

5. LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS EN CHILE

Autor: César Morales[1]

5.1. INTRODUCCIÓN

La degradación de la superficie terrestre por causa principalmente de las actividades humanas afecta negativamente al bienestar de al menos 3.200 millones de personas en el mundo y empuja al planeta hacia la extinción en masa de una sexta parte de las especies, lo cual tiene un costo de más del 10% del producto anual bruto mundial en pérdidas de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas (Montanarella *et al*., 2018).

Si bien la degradación de la tierra ha estado ocurriendo desde hace mucho tiempo a lo largo de la historia, el ritmo se ha acelerado, alcanzando entre 30 y 35 veces la tasa histórica (UNCCD, 2022). La degradación tiende a ser impulsada por factores, tales como la urbanización, la minería, la agricultura y la ganadería. A ello se suma además el cambio climático que también desempeña un papel importante, incrementando los riesgos de las sequías en algunas partes y de inundaciones en otras.

En el caso de Chile, de acuerdo con el Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (2018) alrededor del 67% de los habitantes del país, viven en tierras seriamente degradadas o con elevado riesgo de degradación. Se estima en el 79% de la superficie del país, (alrededor de 59 millones de hectáreas) están en esas condiciones. De otro lado, el costo anual de la degradación de la tierra en el país se estima el 12% del Producto Interno Bruto (PIB) Silvoagropecuario (Morales 2016), esto es alrededor de los 1.100.000 millones de dólares estadunidenses (Morales, 2012).

La degradación de la tierra conduce a una reducción en la provisión de servicios ecosistémicos que toma diferentes formas -deterioro de la disponibilidad de alimentos, fertilidad del suelo, capacidad de secuestro de carbono, producción de madera, recarga de aguas subterráneas, etc.- con costos sociales y económicos significativos para el país. Los rendimientos de la adopción de medidas contra la

[1] Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

degradación de la tierra se estiman en 6 USD por cada dólar invertido en la restauración de tierras degradadas en Chile (CONAF 2016).

Las evaluaciones de los costos de las medidas contra la degradación de las tierras mediante la restauración y las prácticas de ordenación sostenible de las tierras frente al costo de la inacción ponen de relieve el fuerte incentivo económico para adoptar medidas audaces contra la degradación de las tierras. En Chile, el sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU) es un sumidero neto de emisiones. Mientras que el sector AFOLU es responsable del 15% del total de emisiones de gases de efecto invernadero del país; Las absorciones de emisiones de carbono por parte de este sector se estiman en el 38% de las emisiones totales del país.

De otro lado, la gran importancia de los ecosistemas terrestres como fuente y sumidero de emisiones, posiciona a la tierra como un punto clave de intervención para la mitigación del cambio climático, cuestión que se refleja también en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Chile. Las opciones de mitigación basadas en la tierra se encuentran entre las oportunidades más rentables para secuestrar las emisiones de carbono.

5.2. DEFINICIONES BÁSICAS

5.2.1. Las definiciones de la UNCCD sobre desertificación y la degradación de las tierras

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y los efectos de la Sequía, (UNCCD por sus siglas en inglés) acordó definir la desertificación como “el proceso de degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas (UNCCD, 2017)”.

Por “degradación de las tierras” a su vez, se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y de la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como:

- la erosión del suelo causada por el viento o el agua;

- el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo, y;
- la pérdida duradera de vegetación natural.

Por "zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas" se entienden aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,65, excluidas las regiones polares y subpolares (UNCCD, 2017, op.cit).

5.2.2. El Atlas Mundial de la Desertificación del 2018

La preparación de la tercera edición del Atlas Mundial de la Desertificación (Cherlet *et al*., 2018), aportó una nueva perspectiva sobre la definición de degradación y desertificación, y a la vez provee una metodología coherente con ello para su medición.

En este Atlas, se utiliza la definición más amplia de degradación de la tierra basada en propuesta por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: la degradación de la tierra conduce a un fracaso a largo plazo para equilibrar la demanda y la oferta de bienes y servicios de los ecosistemas, incluyendo bienes y servicios esenciales, alimentos, forraje, combustible, materiales de construcción, agua dulce (para humanos y ganadería, para riego, saneamiento), control de plagas agrícolas, el ciclo de nutrientes, la purificación del aire y el agua, la moderación del clima extremo, la biodiversidad y los beneficios culturales y recreativos (Reid *et al*., 2006).

Por último, dado que la degradación de la tierra es un problema mundial, el Atlas Mundial de la Desertificación (WAD3) considera todas las regiones del mundo y no solo las tierras secas, aunque hace hincapié en estas últimas, por lo cual utiliza principalmente el término "degradación de las tierras". Las causas o factores impulsores tras este proceso son tanto naturales, como antrópicos.

En relación con la caracterización de los ecosistemas afectados por la desertificación y las causas subyacentes, los hallazgos realizados durante la preparación del Atlas Mundial abren además un debate acerca del rol de los pequeños productores.

5.2.3. Los pequeños productores como causantes últimos de la desertificación y la degradación

La base implícita del paradigma de la desertificación y la degradación de las tierras es la idea de un ecosistema en equilibrio en el que una perturbación es seguida por un reajuste natural hacia un estado estable. Sin embargo, la acción humana, a través del "mal uso" de la tierra, puede desalojar el ecosistema irreversiblemente de su equilibrio anterior por lo que la restauración no es económicamente posible dentro de un marco de tiempo determinado.

El uso común del término 'frágil' denota la susceptibilidad de los ecosistemas de tierras secas a tal degradación. El paradigma se ha incorporado, durante más de un siglo o más, en la literatura en rápido crecimiento derivada de observaciones técnicas y expertas sobre el cultivo intensivo, el pastoreo excesivo, la deforestación, la desecación y la salinización en los países de tierras secas. Las raíces históricas de esta tradición literaria se encuentran en la hipótesis de un Sahara que avanza, del cual los pequeños agricultores (tanto agricultores como pastores) fueron considerados culpables.

5.2.4. La resiliencia de los ecosistemas de las tierras secas y el papel de los pequeños productores en la sustentabilidad

El "paradigma de resiliencia" comienza con el reconocimiento de que los ecosistemas de tierras secas no están característicamente en equilibrio. Ello, debido a que su productividad depende principalmente de las precipitaciones que son variables. Cuando falta pasto, los animales mueren o migran, pero los bancos de semillas en el suelo aseguran que la vegetación se recupere, aunque no necesariamente con la misma composición original de especies. En el Sahel[2], los pastos perennes son reemplazados por plantas anuales al regresar la lluvia. Esta capacidad del ecosistema para mantener su integridad funcional mientras se ajusta a varios impulsores, justifica describirlo en términos ecológicos como inestable y resistente.

Durante las últimas tres décadas, los datos satelitales de la Tierra han proporcionado una nueva perspectiva sobre la degradación de las tierras secas que ha generado una creciente literatura sobre "reverdecimiento". Estos

[2] La región del Sahel hace referencia a las áreas africanas a **orillas del desierto del Sáhara**; una franja de tierra muy extensa, en la que es difícil incluso concretar qué países lo forman, pues **no hay un consenso común** internacional respecto a esta cuestión. De hecho, atendiendo a su significado en árabe (“costa”), esta región abarcaría una franja recta desde Senegal hasta Etiopía, agrupando bajo el nombre de Sahel a numerosos países con características completamente diferentes. Obtenido de https://africamuchocontenido.org/la-region-del-sahel/.

antecedentes ofrecen una base compatible para las estimaciones globales y un campo de pruebas para las teorías del cambio.

Los resultados de África Occidental produjeron sorprendentes contra evidencias a la visión ortodoxa de la degradación progresiva. Inesperadamente, se encontró que el aumento de los valores de NDVI[3] era más visible en las zonas ecológicas semiáridas y áridas, donde las densidades humanas y ganaderas densas parecían presentar la mayor amenaza. Hay por cierto excepciones localizadas, donde la lluvia no es el único factor explicativo y la gestión también puede haber tenido un papel dado el predominio de los pequeños agricultores en los sectores agrícola y ganadero de la región. Algunos paisajes degradados muestran evidencia de recuperación de su capacidad productiva mediante la adopción de prácticas de ordenación sostenible de la tierra, por ejemplo, mediante el pastoreo de ganado y la redistribución de nutrientes orgánicos; reforestación o plantación de árboles; protección de los pastizales cerrados contra el pastoreo de animales; uso intensivo de residuos domésticos en jardines; y largos barbechos rotacionales.

5.3. LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando lo planteado en la sección precedente en cuanto a la complejidad de los procesos de degradación, este trabajo se orienta a identificar para Chile, los territorios y población afectados y a definir la magnitud e intensidad de estos procesos a nivel territorial comunal. Para ello se analizan y se integran variables biofísicas, socioeconómicas y climáticas.

5.4. METODOLOGÍA

La metodología aplicada es la conocida como de Convergencia de Evidencias relevantes, utilizada en la preparación del Atlas Mundial de Desertificación, adaptada para este análisis.

Es difícil medir el alcance de la degradación de las tierras y los expertos no siempre están de acuerdo sobre su estado ni sobre sobre las tendencias

[3] Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) mide el verdor y la densidad de la vegetación captada en una imagen de satélite. La vegetación sana tiene una curva de reflectancia espectral muy característica que permite calcular la diferencia entre las bandas del rojo visible y la del infrarrojo cercano. El NDVI es esa diferencia expresada numéricamente entre -1 y 1. Obtenido de https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/

predominantes. El Atlas Mundial de la Desertificación (WAD) procura ir más allá de los análisis convencionales de la desertificación considerando la situación y tendencias de los procesos antropogénicos globales que pueden afectar la condición de las tierras de cultivo y pastizales, apoyado además con una gran base de evidencias sobre bosques, recursos hídricos, biodiversidad y condiciones del suelo.

El WAD se basa en un marco sistemático que proporciona una "convergencia de evidencias" con respecto a las interacciones humano-medio ambiente, teniendo en cuenta los factores impulsores y los múltiples factores subyacentes a la degradación de las tierras lo cual permite la identificación de temas y patrones geográficamente explícitos de procesos coincidentes que pueden llevar a la degradación de la tierra.

Este enfoque que proporciona y combina información geoespacial con indicadores a nivel local es coherente con el marco de monitoreo y evaluación de la UNCCD y con los criterios definidos para implementar la meta de neutralidad de la degradación de la tierra de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS 15.3).

De esta forma el WAD implementa un marco sistemático y transparente para localizar dónde coinciden los principales procesos e interacciones ambientales y el entorno humano e identificar las áreas y posibles vías de degradación de la tierra, así como respuestas para contrarrestar estos procesos, tales como la protección, la gestión sostenible y la restauración de los recursos.

Dada la escala mundial del WAD, existen limitaciones para interpretar situaciones locales específicas, por lo que es necesario que abordar estas situaciones con información de ese contexto. Esto es lo que se pretende aportar con este trabajo.

Las etapas desarrolladas, fueron las siguientes:

5.4.1. Selección de variables

Luego de un análisis experto, se seleccionaron seis variables biofísicas consideradas de mayor relevancia para el caso de Chile, más una variable socioeconómica (Pobreza) y dos variables climáticas (temperaturas y Precipitaciones).

Las seis variables biofísicas seleccionadas, fueron las siguientes:

- Contenido de Carbón Orgánico en los primeros 30 cms. del suelo
- Aridez
- Estrés Hídrico
- Disminución de la Productividad
- Cambio de Uso del Suelo
- Deforestación

Las definiciones de estas variables a su vez, son las siguientes:

Carbón Orgánico del Suelo (COS): El carbono orgánico del suelo presente en los primeros 30 centímetros, es un componente medible de la materia orgánica del suelo que constituye solo del 2 al 10% de la mayor parte de la masa del suelo. La materia orgánica contribuye a la retención y renovación de nutrientes, la estructura del suelo, la retención y disponibilidad de humedad, la degradación de contaminantes y el secuestro de carbono.

Aridez (ARID): La UNCCD utiliza el índice de aridez (AI), que corresponde a la precipitación media anual/evapotranspiración potencial. Los valores entre 0,5<AI<0,65 se definen como tierras subhúmedas secas, las que representan el 18 % de la superficie de toda la tierra (con predominio de sabana de hoja ancha, a veces con densas cubiertas arbóreas, o las hierbas perennes). Entre los valores de 0,2<AI<0,5, están las zonas semiáridas que representan el 20% de la superficie mundial. La evapotranspiración potencial en este caso es entre 2 y 5 veces mayor que la media de precipitaciones. Las tierras áridas (0,05<AI< 0,2) representan el 7 por ciento de la tierra, poseen al menos 20 veces más de posibilidades de pérdida potencial de evapotranspiración que la cifra media real de precipitaciones y acogen una vegetación mínima. Los valores del AI < a 0,05 corresponden a las tierras Hiper áridas. El desierto de Atacama cae en esta categoría.

Estrés Hídrico (WS): Se define como Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles. Corresponde también al Indicador 6.4.2 del ODS 6 Agua limpia y Saneamiento.

Un alto nivel de estrés hídrico tiene efectos negativos sobre el desarrollo social y económico, aumentando la competencia y los conflictos potenciales entre los usuarios. Esto exige políticas eficaces de gestión de la oferta y la demanda.

Asegurar los requisitos de caudal ambiental es esencial para mantener la salud, la resiliencia y la disponibilidad de los ecosistemas para las generaciones futuras.

Dinámica de la Productividad de la Tierra (LPD); Este indicador muestra los cambios o la estabilidad de la capacidad de la tierra para sostener la productividad primaria neta. Compara la evolución de la Producción Primaria. Esta puede cambiar de manera importante a través de los años o en diferentes ciclos con o sin intervención humana. Mide los cambios multitemporales y las tendencias para detectar áreas con caídas persistente y activas en la productividad primaria que apuntan a la degradación de la tierra en curso (en lugar de áreas que ya han sufrido degradación procesos y han alcanzado un nuevo equilibrio del cual no se degradan más dentro del periodo de observación en la serie temporal utilizada).

Cambios de Uso del Suelo; Los cambios en la biomasa vegetacional son críticos para la medición de la degradación de las tierras. Cambios climáticos solos o en combinación con la actividad humana que afecte el uso del suelo puede desencadenar cambios de un estado de equilibrio a otro. Este indicador mide estos cambios.

Deforestación (TL): La deforestación es uno de los factores más importantes que inciden sobre la degradación de las tierras. Puede ser el resultado de la ampliación de la frontera agrícola para dar lugar a la ganadería o la agricultura, o también por causa de la expansión urbana, de la minería, etc.

5.4.2. Procedimientos

5.4.2.1. Ordenamiento de las variables biofísicas

Con las variables biofísicas considerando cada una de ellas individualmente, así como en todas sus combinaciones posibles, se midió su presencia en el territorio de cada municipio. Para ello, mediante el software Arcgis 10.7 se obtuvo la data sobre las variables biofísicas con un nivel de resolución de 1 km^2, procediendo a agregarla hasta nivel de municipios, siguiendo posteriormente hasta las entidades territoriales administrativas de nivel superior.

La información se ordenó en una tabla Excel de 86 columnas conteniendo las seis variables biofísicas consideradas individualmente más todas sus combinaciones posibles. En las 364 filas, se agruparon los municipios.

Cuadro 5.1. Variables y combinaciones de variables analizadas.

COMBINACIONES DE VARIABLES	CÓDIGO	VALOR COLUMNA
NO AFECTADO	CERO	VALUE_0
CARBÓN ORGÁNICO EN EL SUELO	COS	VALUE_1
ARIDEZ	ARIDEZ	VALUE_2
COS + ARIDEZ	COS+1	VALUE_3
ESTRES HIDRICO	WS	VALUE_5
ESTRES HIDRICO + COS	WS+1	VALUE_6
ESTRES HIDRICO + ARIDEZ	WS+2	VALUE_7
ESTRES HIDRICO + COS + ARIDEZ	WS+3	VALUE_8
DISMINUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD	LPD	VALUE_10
MENOR PRODUCTIVIDAD + COS	LPD+1	VALUE_11
MENOR PRODUCTIVIDAD + ARIDEZ	LPD+2	VALUE_12
MENOR PRODUCTIVIDAD + COS + ARIDEZ	LPD+3	VALUE_13
MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO	LPD+WS	VALUE_15
MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO + COS	LPD+WS+1	VALUE_16
MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO + ARIDEZ	LPD+WS+2	VALUE_17
MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO + COS + ARIDEZ	LPD+WS+3	VALUE_18
CAMBIO DE COBERTURA	VCT	VALUE_20
CAMBIO DE COBERTURA + COS	VCT+1	VALUE_21
CAMBIO DE COBERTURA + ARIDEZ	VCT+2	VALUE_22
CAMBIO DE COBERTURA + COS + ARIDEZ	VCT+3	VALUE_23
CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD	VCT+LPD	VALUE_30
CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + COS	VCT+LPD+1	VALUE_31
CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + ARIDEZ	VCT+LPD+2	VALUE_32
CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + COS + ARIDEZ	VCT+LPD+3	VALUE_33
DEFORESTACION	TL	VALUE_50
DEFORESTACION + COS	TL+1	VALUE_51
DEFORESTACION + ARIDEZ	TL+2	VALUE_52
DEFORESTACION + COS + ARIDEZ	TL+3	VALUE_53
DEFORESTACION + ESTRES HIDRICO	TL+WS	VALUE_55
DEFORESTACION + ESTRES HIDRICO + COS	TL+WS+1	VALUE_56
DEFORESTACION + ESTRES HIDRICO + ARIDEZ	TL+WS+2	VALUE_57
DEFORESTACION + ESTRES HIDRICO + COS + ARIDEZ	TL+WS+3	VALUE_58
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD	TL+LPD	VALUE_60
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + COS	TL+LPD+1	VALUE_61
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + ARIDEZ	TL+LPD+2	VALUE_62
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + COS + ARIDEZ	TL+LPD+3	VALUE_63
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO	TL+LPD+WS	VALUE_65
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO + COS	TL+LPD+WS+1	VALUE_66
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO + ARIDEZ	TL+LPD+WS+2	VALUE_67
DEFORESTACION + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO + COS + ARIDEZ	TL+LPD+WS+3	VALUE_68
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA	TL+VCT	VALUE_70
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + COS	TL+VCT+1	VALUE_71
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + ARIDEZ	TL+VCT+2	VALUE_72
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + COS + ARIDEZ	TL+VCT+3	VALUE_73
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + ESTRES HIDRICO	TL+VCT+WS	VALUE_75

DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + ESTRES HIDRICO + COS	TL+VCT+WS+1	VALUE_77
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + ESTRES HIDRICO + ARIDEZ	TL+VCT+WS+2	VALUE_78
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + ESTRES HIDRICO + COS+ARIDEZ	TL+VCT+WS+3	VALUE_79
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD	TL+VCT+LPD	VALUE_80
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + COS	TL+VCT+1	VALUE_81
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + ARIDEZ	TL+VCT+2	VALUE_82
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + COS + ARIDEZ	TL+VCT+LPD+3	VALUE_83
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO	TL+VCT+LPD+WS	VALUE_85
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO+COS	TL+VCT+LPD+WS+1	VALUE_86
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO+ARIDEZ	TL+VCT+LPD+WS+2	VALUE_87
DEFORESTACION + CAMBIO DE COBERTURA + MENOR PRODUCTIVIDAD + ESTRES HIDRICO+COS+ARIDEZ	TL+VCT+LPD+WS+3	VALUE_88

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2 Cobertura espacial de las variables e importancia relativa

Se calculó el área del territorio de cada municipio afectada por cada una de las variables biofísicas y sus combinaciones. Así por ejemplo un municipio determinado, puede tener su superficie afectado parcial, totalmente por una variable de degradación, o por una simultáneamente por una combinación de ellas.

Dado que cada variable tiene una importancia relativa diferente e inciden de manera distinta en el territorio, se construyeron cuatro categorías de incidencia o presencia de dicha(s) variables(s); entre 0 y menos del 25% del territorio afectado, se le asignó el valor 1, entre 25% y menos de 50%, el valor 2; entre 50% y menos del 75%, el valor 3 y más del 75% del territorio afectado, el valor 4.

Para asignar los valores de 1 a 4, se aplicó la siguiente fórmula en Excel:

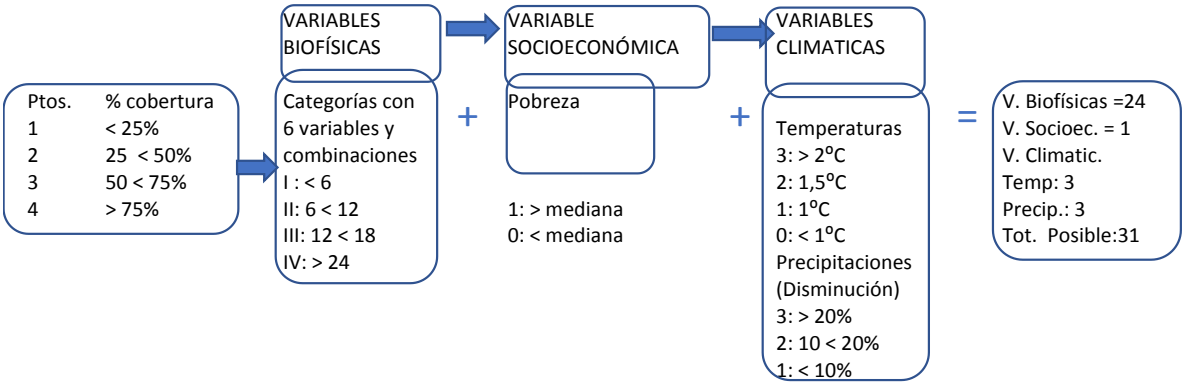
=SI(Y(CE3>=0;CE3<25);1;SI(Y(CE3>=25;CE3<50);2;SI(Y(CE3>=50;CE3<75);3;SI(Y(CE3>=75);4))))

De este modo, cada variable biofísica y sus combinaciones tienen asignados valores de 1 a 4, de acuerdo con que proporción del territorio que cubren y dado que son seis variables solas o combinadas, el valor máximo posible de alcanzar es

24 (6 x 4), lo cual reflejaría una condición extremadamente negativa del municipio analizado. El valor 0, se reservó para la condición de no afectado por ninguna de las variables y sus combinaciones consideradas.

En el caso de las variables climáticas, se consideró el incremento o disminución de las temperaturas y precipitaciones de los años 2050 y 2070, respecto el promedio 1960 – 1990. Se asignaron diferentes valores si el incremento de temperaturas era mayor a los 1,5^{0}C y si las disminuciones (o aumentos) de precipitaciones era mayor que 10% o 20%. La **Figura 5.1** siguiente presenta un detalle de los efectos combinados de las variables biofísicas, socioeconómica y climáticas, y de los valores asignados.

Figura 5.1. Agregación de los efectos combinados de degradación de las tierras, pobreza, temperaturas y precipitaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Como lo indica la **Figura 5.1**, la agregación de todas las variables (biofísicas, socioeconómica y climáticas) puede alcanzar un valor máximo de 31 puntos, lo cual correspondería a un municipio altamente degradado.

5.4.3. Fuentes de Información

Las fuentes de información utilizadas se detallan a continuación:

Variables biofísicas. La información de las variables biofísicas excepto de la del Carbón Orgánico del Suelo, fue provista por el Joint Research Center (JRC) de la Unión Europea, en cuanto que la primera, fue provista por la Agencia de Cooperación de los Países Bajos.

Variable Socioeconómica (Pobreza). Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Variables climáticas. WorldClim Version 1.4 y sus proyecciones y Modelo de Circulación General MIROC 5.

5.5. LAS REGIONES Y COMUNAS MÁS AFECTADAS POR LA DEGRADACIÓN (DEGRADACIÓN SEVERA)

El procesamiento de la información con los criterios antes indicados arroja que un total de 80 Comunas pertenecientes a las regiones de Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins y a la región Metropolitana, son las más afectadas por los procesos de degradación en curso, como resultado de la interacción de las variables biofísicas, socioeconómicas y climáticas. En estas comunas con una superficie de 45.538 km^2, viven cerca de 5,8 millones de personas.

En el cuadro que sigue (**Ver Cuadro 5.2**), las últimas columnas (Σ 2050 y Σ 2070) muestran los totales agregados para los años indicados considerando las temperaturas y precipitaciones proyectadas. Como se puede ver la situación empeora para el año 2070, agregando dos puntos adicionales en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y la RM, y un punto en Región de O´Higgins.

Cabe destacar que Valparaíso es la región más afectada de las cuatro y la que tiene comunas más degradadas; de un total de 38 comunas a nivel regional, 30 de ellas presentan agudos problemas de degradación de las tierras. En dichas comunas viven 1,7 millones de habitantes. En la región Metropolitana, 25 comunas en las que viven 3,3 millones de habitantes están también afectadas severamente.

Es importante advertir que las mediciones hechas con las variables biofísicas, socioeconómicas y ambientales dan cuenta de procesos en marcha, no de la degradación ocurrida de 1960, fecha definida para definir la Línea Base (promedio 1960 – 1990). En otras palabras, el “Stock” de las tierras ya degradadas, no está contabilizado.

Cuadro 5.2. Resumen de las Regiones y comunas afectadas por degradación severa a nivel nacional.

REGION	Municip.	POBL	SUP.	COS	ARID	WS	LPD	VCT	TL	Pobreza	T 2050	T 2070	P 2050	P 2070	Σ 2050	Σ 2070
Coquimbo	7	245.800	22.781	4	4	3	3	2	1	1	1	1	2	3	20	22
Valparaíso	30	1.701.314	10.035	4	4	4	2	3	2	0	1	1	2	3	22	24
O´Higgins	18	530.656	5.117	4	4	4	2	2	2	0	1	2	2	3	22	23
RM	25	3.301.717	7.605	4	4	4	3	2	1	0	1	2	2	3	21	23
Suma/Prom	80	5.779.487	45.538	4	4	4	3	2	2	0	1	1	2	3	21	23

Fuente: Elaboración propia.

El **Cuadro 5.3**, muestra el detalle de todas las comunas pertenecientes a las regiones antes indicadas. Destacadas en amarillo, aparecen las celdas correspondientes a las comunas en las que el puntaje final aumenta dos puntos entre los años 2050 y 2070. Ello es consecuencia de los crecimientos de temperaturas y disminuciones de precipitaciones.

Dos de estas comunas, Combarbalá y Monte Patria, pertenecen a la región de Coquimbo; Tres a la región de Valparaíso (Llay-Llay, Panquehue y Santa María); siete a la región de O´Higgins (Coinco, Coltauco, Doñihue, Graneros, Malloa, Quinta de Tilcoco y San Vicente) y 19 de la región Metropolitana (Conchalí, El Bosque, Huechuraba, El Bosque, Independencia, La Pintana, Maipú, Pudahuel, Quilicura, Recoleta, Renca, Colina, Lampa, Tiltil, Buin, Melipilla, Alhué, Talagante, Isla de Maipo, Padre Hurtado y Peñaflor.

Cuadro 5.3. Comunas afectadas por degradación severa.

COD	COMUNA	POBL	SUP.	COS	ARID	WS	LPD	VCT	TL	Pobreza	T 2050	T 2070	P 2050	P 2070	Σ 2050	Σ 2070
4106	Vicuña	27.069	7.579	4	4	4	1	1	1	1	2	2	2	3	20	21
4202	Canela	9.864	2.197	4	4	1	4	3	1	1	1	1	2	3	21	22
4203	Los Vilos	20.723	1.859	4	4	0	3	4	1	1	1	1	2	3	20	21
4301	Ovalle	127.072	3.546	4	4	4	3	2	1	0	1	1	2	3	21	22
4302	Combarbalá	15.649	2.296	4	4	4	2	1	1	1	1	2	2	3	20	22
4303	Monte Patria	34.365	4.211	4	4	4	2	1	1	1	1	2	2	3	20	22
4304	Punitaqui	11.058	1.092	4	4	2	4	2	1	1	1	1	2	3	21	22
5101	Valparaíso	295.916	311	4	4	4	3	3	4	0	1	1	2	3	25	26
5102	Casablanca	31.296	955	4	4	4	3	3	3	0	1	1	2	3	24	25
5103	Concón	55.805	77	4	4	4	2	4	2	0	1	1	2	3	23	24
5105	Puchuncaví	19.572	300	4	4	4	2	3	2	0	1	1	2	3	22	23
5107	Quintero	29.931	146	4	4	4	1	3	1	0	1	1	2	3	20	21
5109	Viña Del Mar	330.898	121	4	4	4	2	1	2	0	1	1	2	3	20	21
5302	Calle Larga	15.947	321	4	4	4	2	2	1	1	1	1	2	3	21	22
5303	Rinconada	12.013	123	4	4	4	2	4	1	0	1	1	2	3	22	23
5401	La Ligua	33.803	1.163	4	4	1	3	4	1	1	1	1	2	3	21	22

5402	Cabildo	20.113	1.455	4	4	1	3	3	1	1	1	1	2	3	20	21
5405	Zapallar	6.274	288	4	4	4	1	4	1	0	1	1	2	3	21	22
5501	Quillota	99.063	301	4	4	4	2	4	2	0	1	1	2	3	23	24
5502	Calera	56.067	59	4	4	4	2	3	3	1	1	1	2	3	24	25
5503	Hijuelas	18.400	268	4	4	4	1	4	2	0	1	1	2	3	22	23
5504	La Cruz	21.790	79	4	4	4	2	3	3	0	1	1	2	3	23	24
5506	Nogales	24.079	405	4	4	4	2	3	2	0	1	1	2	3	22	23
5601	San Antonio	98.299	398	4	4	4	3	4	2	0	1	1	2	3	24	25
5602	Algarrobo	11.032	176	4	4	4	3	4	3	0	1	1	2	3	25	26
5603	Cartagena	21.036	244	4	4	4	3	3	3	0	1	1	2	3	24	25
5604	El Quisco	14.479	52	4	4	4	3	1	4	0	1	1	2	3	23	24
5605	El Tabo	11.346	100	4	4	4	2	2	3	0	1	1	2	3	22	23
5606	Santo Domingo	9.906	537	4	4	4	3	3	3	0	1	1	2	3	24	25
5702	Catemu	14.389	362	4	4	4	2	2	1	1	1	2	2	3	21	23
5703	Llaillay	25.331	349	4	4	4	2	4	1	0	1	2	2	3	22	24
5704	Panquehue	7.438	121	4	4	4	1	3	2	0	1	2	2	3	21	23
5706	Santa María	16.489	166	4	4	4	2	1	1	1	1	2	2	3	20	22
5801	Quilpué	181.831	536	4	4	4	3	3	2	0	1	1	2	3	23	24
5802	Limache	46.870	295	4	4	4	3	4	2	0	1	1	2	3	24	25
5803	Olmué	16.374	231	4	4	4	3	4	2	0	1	1	2	3	24	25
5804	Villa Alemana	155.527	96	4	4	4	2	3	1	0	1	1	2	3	21	22
6101	Rancagua	235.849	261	4	4	4	3	2	1	0	1	2	2	3	21	23
6103	Coinco	7.286	97	4	4	4	2	1	3	1	1	2	2	3	22	24
6104	Coltauco	20.558	222	4	4	4	2	1	3	1	1	2	2	3	22	24
6105	Doñihue	21.119	81	4	4	4	1	2	3	0	1	2	2	3	21	23
6106	Graneros	35.941	113	4	4	4	2	3	2	0	1	2	2	3	22	24
6107	Las Cabras	24.689	751	4	4	4	2	3	2	1	1	1	2	3	23	24
6109	Malloa	13.995	221	4	3	4	2	4	2	0	1	2	2	3	22	24
6111	Olivar	16.281	44	4	4	4	2	4	2	0	1	1	2	3	23	24
6112	Peumo	16.464	155	4	4	4	1	2	3	1	1	1	2	3	22	23
6113	Pichidegua	20.583	319	4	4	4	2	1	3	0	1	1	2	3	21	22
6114	Quinta de Tilcoco	13.596	87	4	4	4	3	2	2	1	1	2	2	3	23	25
6117	San Vicente	48.318	485	4	4	4	2	1	3	0	1	2	2	3	21	23
6202	La Estrella	3.370	431	4	4	4	3	4	1	1	1	1	2	3	24	25
6203	Litueche	6.480	614	4	4	3	3	3	3	0	1	1	2	3	23	24
6204	Marchihue	7.667	658	4	4	4	3	1	2	0	1	1	2	3	21	22
6305	Nancagua	17.171	151	4	4	4	2	1	3	0	1	2	2	3	21	23
6307	Peralillo	11.967	283	4	4	4	3	0	2	0	1	1	2	3	20	21
6308	Placilla	9.322	144	4	3	4	1	3	2	1	1	2	2	3	21	23
3104	Conchalí	140.988	11	4	4	4	4	1	0	0	1	2	2	3	20	22
3105	El Bosque	196.166	14	4	4	4	4	1	0	0	1	2	2	3	20	22
3107	Huechuraba	103.549	45	4	4	4	2	4	0	0	1	2	2	3	21	23
3108	Independencia	89.493	7	4	4	4	4	1	0	0	1	2	2	3	20	22

3112	La Pintana	217.034	30	4	4	4	3	1	0	1	1	2	2	3	20	22
3119	Maipú	571.632	137	4	4	4	4	1	1	0	1	2	2	3	21	23
3124	Pudahuel	244.395	199	4	4	4	4	2	1	0	1	2	2	3	22	24
3125	Quilicura	248.306	57	4	4	4	4	2	1	0	1	2	2	3	22	24
3127	Recoleta	172.820	16	4	4	4	2	3	0	0	1	2	2	3	20	22
3128	Renca	155.465	24	4	4	4	4	2	0	0	1	2	2	3	21	23
3301	Colina	140.475	971	4	4	4	2	3	1	0	1	2	2	3	21	23
3302	Lampa	114.237	450	4	4	4	3	3	1	0	1	2	2	3	22	24
3303	Tiltil	18.409	655	4	4	4	2	3	1	0	1	2	2	3	21	23
3401	San Bernardo	312.169	154	4	4	4	4	3	1	0	1	1	2	3	23	24
3402	Buin	90.292	217	4	4	4	3	2	1	0	1	2	2	3	21	23
3403	Calera de Tango	26.941	73	4	4	4	3	4	1	0	1	1	2	3	23	24
3501	Melipilla	123.669	1.355	4	4	4	2	1	2	0	1	1	2	3	20	21
3502	Alhué	6.179	844	3	4	4	2	2	2	0	1	2	2	3	20	22
3503	Curacaví	31.274	694	4	4	4	3	2	2	0	1	1	2	3	22	23
3504	María Pinto	13.728	394	4	4	4	3	1	2	0	1	1	2	3	21	22
3505	San Pedro	10.323	793	4	4	4	3	3	2	0	1	1	2	3	23	24
3601	Talagante	73.748	125	4	4	4	2	1	2	0	1	2	2	3	20	22
3603	Isla De Maipo	38.916	190	4	4	4	2	1	2	0	1	2	2	3	20	22
3604	Padre Hurtado	62.906	81	4	4	4	3	3	1	0	1	2	2	3	22	24
3605	Peñaflor	98.603	69	4	4	4	3	1	1	0	1	2	2	3	20	22

Fuente: Elaboración propia.

El ordenamiento de los resultados por regiones se muestra en el **Cuadro 5.4**. Como se puede apreciar, las variables biofísicas de degradación presentes en la mayor parte del territorio de los municipios localizados en las regiones de Arica Parinacota a Valparaíso (sobre el 75%), son la disminución de carbón orgánico en el suelo (COS), la aridez (ARID) y el Estrés Hídrico (WS).

La deforestación (TL), es la variable más importante afectando entre el 50% al 75% del territorio de los municipios localizados en las regiones Ñuble, Biobío y Arauco.

Por su parte el **Cuadro 5.5**, muestra los resultados desagregados por las categorías correspondientes a los cinco tramos de puntajes totales, que incluyen las variables biofísicas, socioeconómicas y climáticas.

Como se puede ver el tramo de 15 a menos de 20 puntos, concentra la mayor proporción de población viviendo en áreas afectadas, en cuanto que el tramo de 5 < 10, representa la mayor área.

Cuadro 5.4. Degradación de las tierras por factores biofísicas, socioeconómicos y climáticos por regiones.

REGION	POBL	SUP.		COS	ARID	WS	LPD	VCT	TL	Pobreza	T 2050	T 2070	P 2050	P 2070	Σ 2050	Σ 2070
ARICA PAR.	258.778	16.864		4	4	1	2	0	0	1	3	3	2	2	16	16
TARAPACA	258.778	16.864		4	4	1	2	0	0	1	3	3	2	2	16	16
ANTOFAGASTA	667.038	126.067		4	4	3	2	0	0	0	2	3	1	1	15	16
ATACAMA	332.463	75.650		4	4	3	3	0	0	0	2	2	1	2	17	19
COQUIMBO	827.953	40.588		4	4	3	2	1	1	1	1	2	1	2	19	21
VALPARAISO	1.899.436	15.964		4	4	4	2	3	2	0	1	1	2	3	22	23
O´HIGGINS	956.619	16.347		4	3	3	2	2	2	0	1	2	2	3	20	21
MAULE	1.078.202	30.325		4	2	0	2	0	2	1	1	1	2	3	13	14
ÑUBLE	492.781	13.102		3	0	0	1	0	3	1	1	1	2	2	11	11
BIOBÍO	1.684.493	24.027		2	0	0	1	0	3	1	0	1	2	2	10	11
ARAUCO	1.018.736	31.842		1	0	0	1	0	3	1	0	1	2	2	9	9
LOS RIOS	417.989	18.346		1	0	0	1	0	2	1	0	1	2	2	8	8
LOS LAGOS	870.815	48.461		1	0	0	1	0	2	1	0	1	2	2	7	8
AYSEN	113.102	107.028		1	1	0	2	0	1	0	0	1	1	1	6	7
MAGALLANES	168.473	130.643		2	2	0	2	0	1	0	0	1	2	0	8	7
RM	7.724.879	15.404		4	4	4	3	1	1	0	1	2	2	3	20	22
Suma/prom	18.770.535	693.792		3	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2	14	14

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.5. Degradación de las tierras según tramos de afectación.

Pts.	No. COMUNAS	POBL	SUP.	COS	ARID	WS	LPD	VCT	TL	Pobreza	T 2050	T 2070	P 2050	P 2070	Σ 2050	Σ 207
> 20	80	5.779.487	45.538	4	4	4	3	2	2	0	1	1	2	3	21	23
15<20	89	7.337.457	235.958	4	4	3	2	0	1	0	1	2	2	2	17	18
10<15	72	2.855.182	176.592	3	1	0	2	0	2	1	1	1	2	2	12	12
5<10	98	2.734.174	248.229	1	0	0	1	0	2	1	0	1	2	2	8	8
<5	3	36.401	46.057	1	0	0	2	0	1	0	0	1	0	1	4	6
	342	18.742.701	752.374	3	2	1	2	1	1	0	1	1	2	2	12	13

Fuente: Elaboración propia.

Valparaíso es la región más afectada ya que de un total de 38 comunas, 23 experimentan fuertes procesos de degradación, mientras que la región metropolitana con 2,1 millones de habitantes tiene poco más del 50% del total de la población. El cuadro que sigue a continuación muestra el detalle de las 54 comunas con la incidencia de las variables biofísicas, la pobreza y las variables climáticas.

Las variables de Pobreza, temperaturas y precipitaciones están expresadas en valores binarios de acuerdo a lo explicado en la **Figura 5.1**. En el caso de la Pobreza, si el valor está sobre o bajo la mediana toma valores 1 ó 0, y en el caso de las variables climáticas, de acuerdo a si los aumentos de temperatura están sobre o bajo los $1{,}5^{0}$C y para las precipitaciones, si las variaciones (casi todas reducciones) son de menos 10%, entre 10 y 20% y sobre 20%.

5.6. LOS PRINCIPALES DRIVERS DE LA DEGRADACIÓN EN LOS MUNICIPIOS MÁS AFECTADOS

A nivel nacional los principales “drivers” de la degradación de las tierras, son la disminución de Carbón Orgánico en los primeros 30 centímetros de suelo, la Aridez y el Estrés Hídrico.

Los resultados obtenidos muestran que 199 municipios que representan el 58% del total procesado, tienen al menos el 75% de su superficie afectada por la disminución de Carbón Orgánico en el Suelo (COS). De igual forma 163 municipios (45% del total procesado) enfrenta una situación similar en términos de superficie afectada por la Aridez otros 131 municipios experimentan estrés hídrico en al menos el 75% de sus territorios.

Se trata de tres variables biofísicas estrechamente relacionadas con la degradación, principalmente a la que ocurre en las tierras secas.

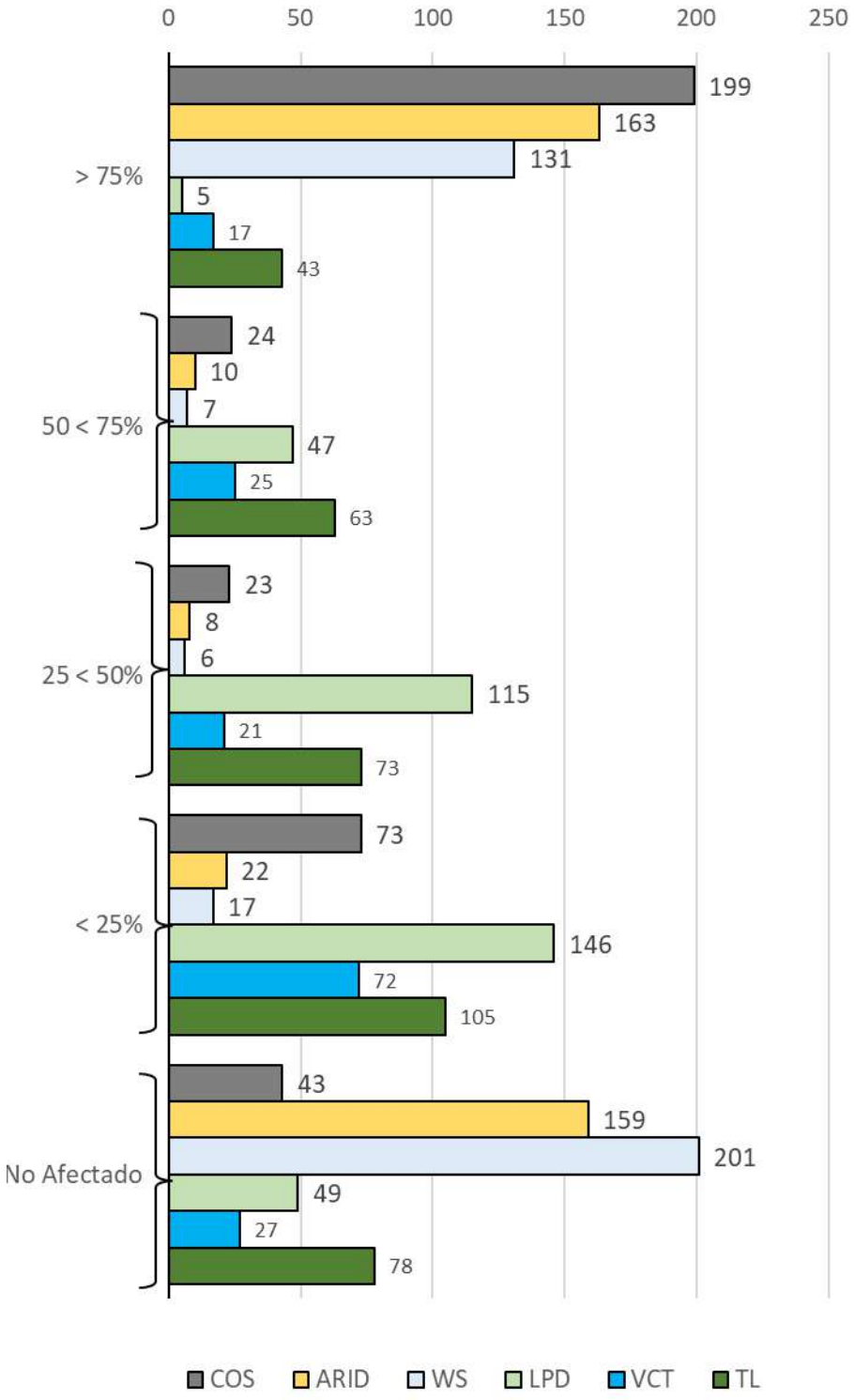
Cabe destacar que la variable de Deforestación es importante como es de esperar, en las regiones de Ñuble, Biobío y Arauco.

En cuanto a la variable socioeconómica considerada, la pobreza, ésta aparentemente no modifica los procesos de degradación. Muy probablemente esto ya ocurrió durante largo tiempo y hoy es parte del “Stock” de tierras degradadas

En lo que se refiere a las variables climática, éstas se tratan en la sección siguiente sobre cambio climático y degradación de las tierras.

La **Figura 5.2** muestra el número de municipios afectados por cada una de las variables biofísicas analizadas, y también aquellos que aparecen como no afectados.

Figura 5.2. Municipios afectados en distintos grados por las variables biofísicas consideradas tanto individualmente como combinadas.



Fuente: Elaboración propia.

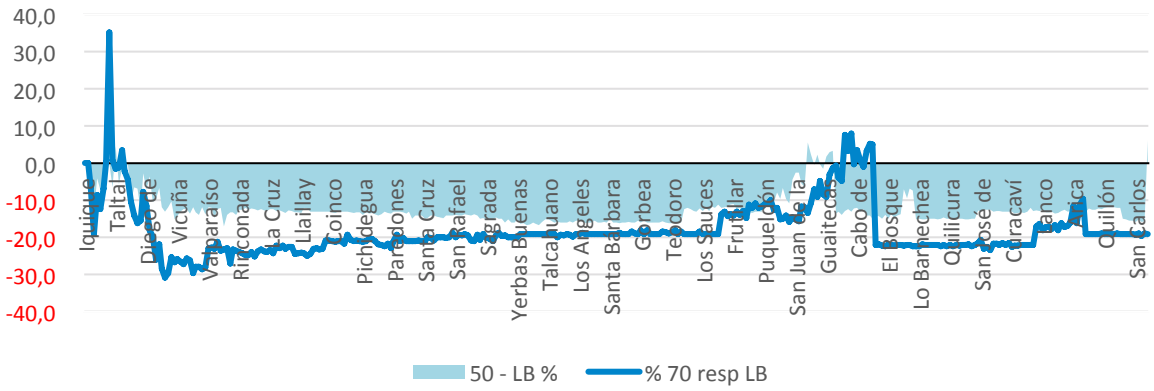
5.7. DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Como ya se ha señalado antes, se ha constatado que existe una estrecha relación entre cambio climático y degradación de las tierras. En el caso de Chile, de acuerdo con las proyecciones realizadas utilizando los resultados de los Modelos de Circulación General empleados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se prevé que hacia el año 2050 se producirá una disminución generalizada de las precipitaciones en casi todos los municipios del país, lo cual se agudizará aún más hacia el año 2070.

De hecho, viene experimentando desde hace poco más de una década disminuciones marcadas en las precipitaciones en gran parte del país, en especial en la zona central y centro sur, lo cual ha incidido en la reducción de la productividad ecosistémica y económica por la menor disponibilidad de agua para riego precisamente en el área donde se genera la mayor parte de la producción nacional. Estos efectos se podrían potencia aún más con los aumentos de las temperaturas que ya están ocurriendo en gran parte del territorio nacional.

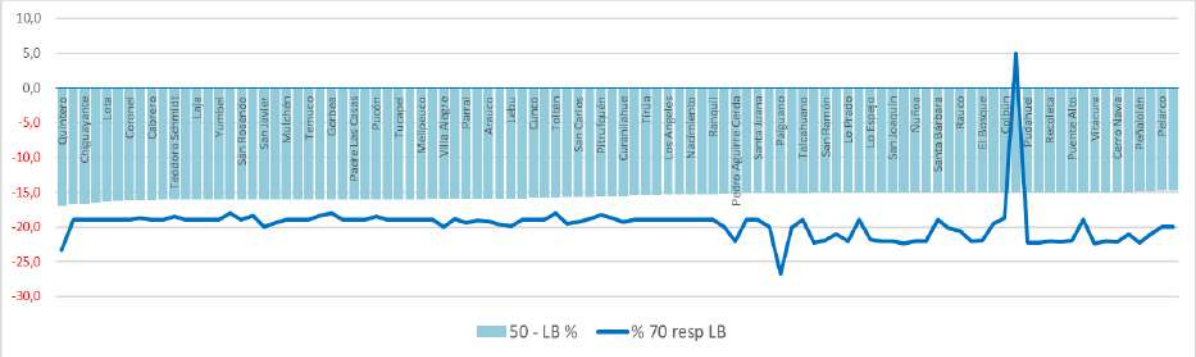
La **Figura 5.3** muestra las disminuciones de precipitaciones proyectada al 2050 y al 2070 para los municipios que se verán más afectados.

Figura 5.3. Proyección de las precipitaciones a los años 2050 y 2070. Cifras en porcientos de cada año respecto de la Línea Base.



Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones del Modelo de Circulación General Miroc5 y data del Banco Mundial.

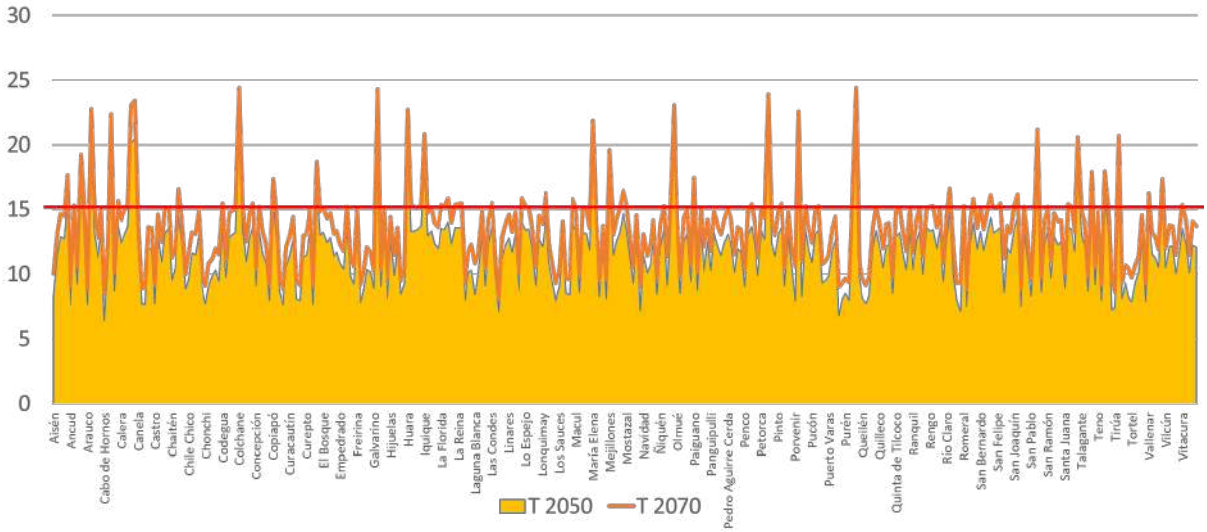
Figura 5.4. Proyecciones de las disminuciones de precipitaciones para los años 2050 y 2070 en los 100 municipios más afectados. Cifras en porcientos de cada año respecto de la Línea Base.



Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones del Modelo de Circulación General Miroc5 y data del Banco Mundial.

La **Figura 5.4** por su parte ilustra acerca de las proyecciones de temperaturas para cada municipio del país. Como se puede ver, en una parte importante de ellos se superarán los 1,5^{0}C previsto como una meta el no superarlo a fin de evitar impactos no reversibles o difícilmente reversibles.

Figura 5.4. Proyecciones de temperaturas para los años 2050 y 2070. Datos a nivel municipal.



Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones del Modelo de Circulación General Miroc5 y data del Banco Mundial.

5.8. MAPEO DE LAS ÁREAS DEGRADADAS

En lo que respecta a la situación nacional de degradación, al agregarse las variables biofísicas, variables socioeconómicas (pobreza) y las variables climáticas (escenarios de cambio climático), se obtiene un panorama altamente preocupante.

Como se puede ver en la **Figura 5.5**, por una parte, a nivel comunal la situación de la degradación de las tierras afecta especialmente a la macrorregión norte y centro, sin dejar de extenderse en mayor o menor medida a comunas de la zona sur del país. Ahora si se agregan las variables climáticas de cambios en la precipitación y temperatura acorde a los valores proyectados al 2050, la realidad del país se vuelve considerablemente más crítica, extendiéndose inclusive a comunas de la macrorregión austral, afectando principalmente a las macrorregiones norte y centro.

A nivel país, 80 comunas poseen valores sobre los 20 puntos, significando aquello un nivel de degradación severa. En esta categoría se ubican siete comunas de la región de Coquimbo, 30 comunas de la región de Valparaíso, 18 de la región de O´Higgins y 26 de la región Metropolitana. La población afectada asciende a los 5.779.487 habitantes, y la superficie severamente degradada, alcanza a los 45.538 km^2. Las comunas con mayor nivel de población correspondientes a aquella categoría son, para la macrorregión norte, Coquimbo, Arica, La Serena y Copiapó, las cuales albergan cerca de 938.000 habitantes. En cuanto a la macrorregión central, Puente Alto, Maipú, Santiago, La Florida y Viña del Mar, afectando alrededor de 2.370.000 personas. Tanto para la macrorregión sur y austral, no se presentan comunas en categoría de degradación severa.

En cuanto a la condición de degradación alta (entre 15 y 20 puntos) se presentan otras 90 comunas. Entre ellas las comunas que albergan una población de más de 150.000 personas son Antofagasta, Ñuñoa, Talca, Iquique, Los Ángeles, Calama San Pedro De La Paz y Curicó.

Los resultados obtenidos demuestran la relevancia que posee el cambio climático y el efecto esperado sobre las principales variables climáticas en el estado de degradación de las tierras a nivel nacional, afectando a todas las comunas del

país. Situación de relevancia a considerar en los procesos de toma de decisión futuros que incorporen el uso del recurso suelo.

Figura 5.5. Mapa comparativo de la degradación de las tierras con y sin los efectos del cambio climático al año 2050.



Fuente: Elaboración propia.

5.9. LA EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS VEGETACIONALES

El Reporte de Neutralidad en la Degradación de las Tierras, segunda versión, (NDT) ante la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULD), analizó indicadores seleccionados, los cambios registrados en la Cubierta Terrestre, la Productividad Primaria de la Tierra y las reservas de Carbono (CONAF, 2017a). Los resultados registrados fueron los siguientes:

a. Cobertura de uso de las tierras. Las mayores variaciones se producen entre las categorías de Praderas y Matorrales a Bosque Nativo y Praderas y Matorrales a Plantaciones Forestales, siendo esta última categoría la que registra mayor incremento de superficie en el periodo de análisis, cercano a las 800.000 hectáreas brutas. También destaca la superficie de cambio de uso de Bosque Nativo a Plantaciones y de Bosque Nativo a

Praderas y Matorrales. Sin embargo, el cambio de uso neto entre Bosque Nativo y otros usos de la tierra indica que existe un aumento de la superficie.

b. Productividad de tierra. La superficie que no ha sufrido cambio de uso en el periodo 2001-2013. El 98% de la superficie se mantiene en los valores intermedios: primeros signos de declinación, estable pero estresado y estable pero no estresado; mientras que los valores extremos representan un 2%.

c. La mayor parte de superficie de Bosque Nativo se encuentra en un rango intermedio del Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación. (NDVI), por lo que se estima una productividad Estable pero no estresada. La distribución de niveles de productividad para Plantaciones Forestales y Tierras de Cultivo tiene un comportamiento similar, encontrándose la mayor superficie en la categoría de productividad correspondiente a Primeros signos de declinación.

d. De igual forma, tanto Humedales como Praderas y Matorrales y Otras Tierras, tienen una distribución similar, con una mayor superficie que se localiza en la categoría de Primeros signos de declinación, y una reducción de superficie hacia las categorías de productividad correspondientes a Estable pero estresado, para contar con muy escasa superficie en el rango de Estable pero no estresado.

e. Carbono Orgánico del Suelo. El **Cuadro 5.6** muestra los resultados de la estimación de COS del suelo promedio para cada categoría de uso de la tierra. Los valores más altos corresponden a Humedales y Bosque Nativo, mientras que Asentamientos y Otras Tierras registran los valores más bajos. De acuerdo a los cambios de uso identificados como degradación de la tierra, las mayores pérdidas de COS se producen por la pérdida de Bosque Nativo transformado a Plantación Forestal, Praderas y Matorrales o Tierras de cultivo, lo que es producto principalmente de la superficie afectada y, en segundo lugar, de la intensidad del cambio de contenido de carbono. Pese a que la superficie afectada por cambios desde el resto de los usos hacia asentamientos no representa superficies muy extensas, la pérdida de contenido de COS alcanza un volumen importante, cercano a

1,3 millones de toneladas, producto de la intensidad del cambio de contenido entre categorías.

Cuadro 5.6. COS del suelo promedio por uso de tierra.

Categoría de Uso de la Tierra	COS medio [ton/ha]
Bosque Nativo	137,26
Plantaciones Forestales	87,46
Praderas y Matorrales	78,14
Tierras de cultivo	67,11
Humedales	170,79
Asentamientos	55,65
Otras Tierras	55,96

Fuente: CONAF, 2017a.

5.10. LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Chile ha asumido el compromiso de llevar adelante la implementación de la iniciativa de Neutralidad en la Degradación de las tierras (NDT) impulsada por la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación. Esta iniciativa que es parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 15, Meta 15.3), pretende implementar una serie de medidas de política para recuperar tierras degradadas para alcanzar la degradación neutral y revertir procesos en una fase siguiente.

Chile ha venido trabajando en el desarrollo de conocimiento científico para fundamentar los trabajos y medidas para el cumplimiento de las metas de NDT que el país compromete al año 2025 las que están señaladas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) aprobada por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS) el 14 de noviembre de 2016.

Este documento en su tercera versión de mayo del 2017 señala las metas a cumplir en el período acordado. Estas son las siguientes:

Medidas de Mitigación**:** Reducir las emisiones de GEI asociadas a la degradación y deforestación en un 20% al año 2025, en base a las emisiones del periodo 2001-2013, así como aumentar la capacidad de los recursos vegetacionales como sumidero de carbono.

Medidas de Adaptación**:** Reducir la vulnerabilidad asociada al riesgo de degradación de las tierras a través del manejo de los recursos vegetacionales, mediante la intervención de al menos 264.000 hectáreas, de forma directa entre 2017 y 2025. El aporte a la disminución de la vulnerabilidad se evaluará en términos de indicadores asociados a

biodiversidad, provisión de servicios ecosistémicos como el suministro y regulación de los caudales y calidad de agua, así como también productividad de los suelos.

La Estructura diseñada en la ENCCRV está alineada con lo dispuesto para el enfoque REDD+ en la CMNUCC, que contempla tres fases de desarrollo:

Fase 1. Preparación, donde se diseñan los elementos del marco de Varsovia;
Fase 2. Implementación de las medidas de acción definidas y;
Fase 3. Pago por Resultados, asociada a la verificación de reducción de emisiones.

Figura 5.6. Las fases de ENCCRV.



Fuente: CONAF. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales.. 2017b.

Se espera que las metas planteadas en la ENCCRVs hasta el año 2025, generen resultados en las siguientes áreas:

- Reducción y capturas de emisiones de carbono forestal.
- Reducción del riesgo de DDTS hasta alcanzar la meta de NDT.
- Servicios ambientales y beneficios sociales adicionales, como calidad y producción de agua, conservación de los suelos, mantenimiento o incremento de la biodiversidad, entre otros.

El resumen de las medidas de acción, descripción y metas para la Neutralidad en la Degradación de las Tierras al año 2025, se presenta en el **Cuadro 5.7**.

Cuadro 5.7. Medidas de acción, breve descripción y alcance de las metas para NDT al año 2025.

Medidas de Acción	Descriptor	Metas
GA.1. Programa de adaptación para la gestión de los recursos vegetacionales	Medidas operativas del programa implementadas y estudios afines desarrollados	daño 80 comunas
MT.4. Programa de deforestación y revegetación en comunas/áreas priorizadas	Diseño e implementación de proyectos de forestación y revegetación	140.000 hectáreas
MT. 5. Fortalecimiento programa de restauración ecológica en comunas/áreas priorizadas	Ejecución Planes de Restauración	20.000 hectáreas
IF. 2. Programa de restauración de ecosistemas afectados post incendios forestales	Ejecución proyectos restauración post incendios	10.000 hectáreas
IF. 3. Programa de silvicultura preventiva con énfasis en la interfaz urbana rural	Diseño e implementación proyectos de silvicultura preventiva contra incendios forestales	8.000 hectáreas
IF. 2. Programa de ordenación forestal institucional enfocado en terrenos públicos y privados	Elaboración y ejecución planes de ordenación en terrenos públicos y privados	35.000 ha terrenos públicos 35.000 ha terrenos privados
US. 3. Fortalecimiento al programa de dendroenergía y a la matriz energética del país	Formulación e implementación proyectos de alineación entre la ENCCRV y la Estrategia de Dendroenergía	16.000 hectáreas
MG. 1. Franjas de amortiguación para actividad ganadera	Diseño y ejecución de franjas de amortiguación	800 hectáreas
PF. 1. Fortalecimiento al Programa de protección fitosanitaria de los recursos vegetacionales nativos	Programa de protección para el control de agentes de daño	240.000 hectáreas

Fuente: CONAF, 2017a.

Además de las políticas mencionadas en la última parte de este trabajo, cabe también mencionar el Programa "Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S)" que es la única respuesta normativa e instrumento de fomento del Ministerio de Agricultura, que aborda la problemática de la degradación química, física y biológica de los suelos en Chile. El Programa SIRSD-S desde el 2010 ha impulsado prácticas de manejo y conservación sustentable de los suelos agropecuarios y posibilitado que los agricultores puedan acceder a recursos estatales orientados a proteger y recuperar el potencial productivo de sus suelos y mantener los niveles de mejoramiento alcanzados. En cifras, en el periodo 2010-2021, específicamente el Programa SIRSD-S/SAG ha beneficiado a un total de 27.919 agricultores/as, con interviniendo diversas prácticas de suelos a un total de 916.649 hectáreas a nivel nacional con un aporte total financiero de $115.811.969.862 (SAG, 2021).

5.10.1. Comentarios finales

Ambos trabajos aquí mencionados, ponen de relieve, la importancia de los procesos de degradación de las tierras que experimenta el país, así como de los compromisos asumidos en términos de políticas y medidas a aplicar en el marco

del programa de Degradación Neutral de la Tierra, impulsado por la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y los Efectos de la Sequía (UNCCD).

En la primera parte se identifican las regiones y las comunas más afectadas por la presencia dominante en el territorio de algunas de las seis variables de degradación seleccionadas, y/o de combinaciones de ellas. También se destacan los riesgos y peligros que pueden cernirse sobre todas las comunas a la luz de las proyecciones de precipitaciones y temperaturas para los años 2050 y 2070.

Las medidas en curso y las señaladas en ENCCRV, están en sintonía para potenciar los avances que se puedan alcanzar y lo que es destacable, están también sintonía con la iniciativa Degradación Neutral de la Tierra y con los ODS 15 y 6 especialmente.

5.11. BIBLIOGRAFÍA

CONAF. (2017a). *Reporte de Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT) ante la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULD).* Recuperado de https://redd.unfccc.int/uploads/4833_6_reporte_ldn__282ene2018_29_-_vfpc.pdf

CONAF. (2017b). *Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales 2017-2025.* Recuperado de https://www.conaf.cl/cms/editorweb/ENCCRV/ENCCRV-3a_Edicion-17mayo2017.pdf

Cherle, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., Von Maltitz, G.,…Smid, M. (2015). *El Atlas Mundial de la Desertificación*. Recuperado de https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2018/06/Folleto-Traducido-5.pdf

Global Mechanism of the United Nations Convention to Combat Desertification. (2018). *Country Profile of Chile. Investing in Land Degradation Neutrality: Making the Case. An Overview of Indicators and Assessments*. Bonn, Alemania.

Instituto Nacional de Estadísticas Chile. Informaciones estadisticas sobre pobreza.

Montanarella, L., Scholes, R., y Brainich, A. (Eds.). (2018). *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. doi: 10.5281/zenodo.3237392

Muñoz Pablo, The Global Mechanismme of UNCCD. Country profile. Investing in Land Degradation Neutrality. Making the case. An overview of Indicators and assesments.

Montanarella L., Scholes L., Brainich A. The IPBS assesment report on Land degradation and restoration.

Morales, C. (2012). *Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4009/1/S2012077_es.pdf

Servicio Agricola y Ganadero (SAG). (2021). *Programa SIRSD-S SAG 2010-2021. Experiencia Chilena en la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios*. Recuperado de https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Memoria%20%20SIRSD-S%20%20SAG%202010-2021%20Final.pdf

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2017). *UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION IN THOSE COUNTRIES EXPERIENCING SERIOUS DROUGHT AND/OR DESERTIFICATION, PARTICULARLY IN AFRICA*. Recuperado de https://catalogue.unccd.int/936_UNCCD_Convention_ENG.pdf

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2022). Global Land Outlook. Summary for Decision Makers. Recuperado de https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-04/GLO2_SDM_low-res_0.pdf

Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra. K.,…Zurek, M.B. (2006). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de Síntesis*. Recuperado de https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf



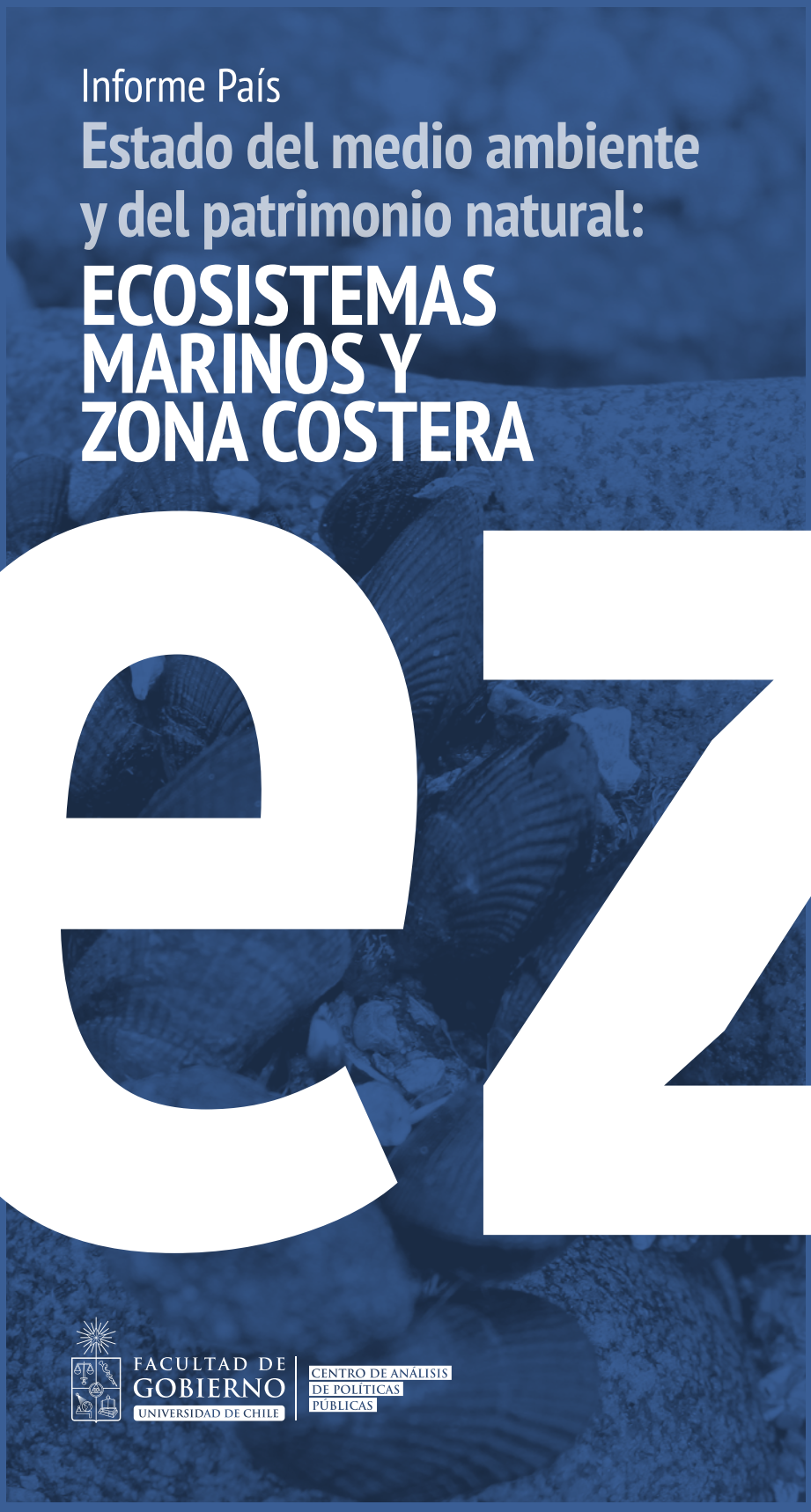
FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA

Autores:
Ricardo Bravo Méndez (1)
Humberto Díaz (2)
Mario Herrera (2)
Erika López Soto (2)

(1) Decano, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso.

(2) Investigador, Universidad de Valparaíso.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 6. ECOSISTEMAS MARINOS Y DEL BORDE COSTERO
Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, y Erika López, Universidad de Valparaíso-Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales

---

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

6. ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA **9**

6.1. ESTADO DE LA ZONA COSTERA Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS *9*

6.1.1 Del concepto de borde costero al de zona costera 9

6.1.2. Caracterización de los distintos hábitats de la zona costera marina 15

6.1.3. Estado de la biota de los ecosistemas terrestres y marinos de la zona costera 21

6.1.4. Estado de la contaminación de los ecosistemas marinos y del borde costero 40

6.1.5. Las alteraciones de la zona costera y de sus ecosistemas marinos, y su relación con el cambio climático 76

6.2. CAUSAS Y DETERMINANTES DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS DEL BORDE COSTERO *85*

6.2.1. Los desequilibrios de las actividades productivas derivados de la explotación del mar 85

6.2.2. Contaminación del mar y del borde costero debido a actividades terrestres residenciales, productivas y de consumo por grupo de regiones 88

6.3. INICIATIVAS LEGALES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS ZONAS COSTERAS Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS Y TERRESTRES *109*

6.3.1. Aspectos jurídicos que participan en el ordenamiento territorial de las zonas costeras 116

6.3.2. Marco normativo relativo a la protección de los recursos y la contaminación del medio marino 141

6.3.3. Conclusiones 152

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Carlos Moreno, Aldo Fedele, René Saa, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Manuel Herrera, y Erika López

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

6. ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA

Autores: Ricardo Bravo[1], Humberto Díaz[2], Mario Herrera[3], Erika López[4].

El presente capítulo revisa el estado de situación de la zona costera de Chile y las alteraciones que ha sufrido a causa de la acción antrópica y del cambio climático. También se presentan antecedentes biológico-pesqueros que categorizan el estado en que se encuentran los principales recursos pesqueros y los factores legales que inciden en la gestión ambiental de la zona costera. Lo anterior se aborda considerando el estudio previo que contempla el análisis comparativo entre los años 1999 y 2015, y tomando como referencia la información recopilada entre el 2016 y el 2018, y la recopilada entre 2019 y 2021 para el presente Informe, lo que permite realizar un seguimiento entre mediano y largo plazo del estado de las especies que conforman los principales recursos biológico pesqueros nacionales.

6.1. ESTADO DE LA ZONA COSTERA Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS

6.1.1 Del concepto de borde costero al de zona costera

En Chile, el concepto borde costero está arraigado a la Política Nacional de Uso del Borde Costero de 1994 que lo define como aquella franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República (D.S. 475 1994[5]). A partir de esta descripción, se delimita un perímetro en que se excluye de la legislación, y de la protección que esta provee a zonas como humedales costeros, campos dunares, y también a la parte trasera de la playa. Así, se prescinde de ecosistemas que cumplen funciones relevantes como la protección del oleaje de tormentas, de la erosión y de tsunamis (Martínez et al. 2019[6]). Por otra parte, esta normativa conlleva el riesgo de generar una planificación dispar e incongruente de la zona costera chilena, ya que produce discrepancias entre los distintos órganos y

[1] Decano, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso.
[2] Investigador, Universidad de Valparaíso.
[3] Investigador, Universidad de Valparaíso.
[4] Investigadora, Universidad de Valparaíso.
[5] Decreto Supremo N° 475. 1996. Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República. Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas.
[6] Martínez C., F. Arenas, K. Bergamini & J. Urrea. 2019. Hacia una ley de costas en Chile: criterios y desafíos en un contexto de cambio climático. Policy Papers CIGIDEN.

autoridades que ejercen la vigilancia, la fiscalización y el control territorial sobre la zona costera (Andersen & Balbontín 2021[7]).

En cambio, de acuerdo con el programa europeo de manejo integrado de la zona costera, el concepto zona costera se ha descrito como una franja terrestre y marítima de un ancho que varía de acuerdo con la naturaleza del ambiente o según sus necesidades de gestión. Rara vez corresponde a unidades administrativas o de planificación existentes. Por lo tanto, los sistemas naturales costeros y las zonas en que las actividades humanas involucran el uso de recursos costeros pueden extenderse mucho más allá del límite de las aguas territoriales y por muchos kilómetros tierra adentro (Lavalle et al. 2011[8]). Esta definición permite relevar la funcionalidad única que cada zona costera puede representar y otorga la flexibilidad requerida para abarcar la extensión que esta posea.

Esto es de especial relevancia para Chile, dado que corresponde a un país eminentemente marítimo, con una gran extensión latitudinal que va desde los 17º 30' hasta 56º 30' Sur. La zona costera continental representa una gran extensión litoral, alcanzando los 4.200 km y llegando a los 83.850 km, si se consideran las innumerables islas ubicadas desde Chiloé al Sur (Castro y Alvarado 2009[9]). A lo anterior se le debe sumar la zona costera insular de los Archipiélagos de Juan Fernández y de Isla de Pascua.

Por otra parte, la topografía de la costa nacional puede dividirse en dos regiones principales a lo largo del continente (Guiler 1959[10], Castilla 1976[11], Santelices 1980[12]). Una zona costera más extensa, ubicada entre Arica y Puerto Montt, con pocos accidentes geográficos, expuesta a viento y oleaje, con bordes rocosos en la mayor parte y pocas playas de arena, con escasas bahías protegidas. La segunda región costera continental se establece al sur de Chiloé, es una zona fragmentada, con sectores escarpados de montañas que se levantan en la costa, cayendo de forma abrupta al mar y provista de numerosas islas que protegen la línea costera

[7] Andersen K. & C. Balbontín. 2021. La planificación del borde costero chileno. Una normativa deficiente. Revista de geografía Norte Grande 80: 227-247. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022021000300227

[8] Lavalle C., C. Rocha, C. Baranzelli & F. Batista. 2011. Coastal Zones Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050. JCR Technical Notes.

[9] Castro C, Alvarado C. 2009. La Gestión del Litoral Chileno: un Diagnóstico. Red IBERMAR, U. C. Chile. Instituto de Geografía. 2-11 pp.

[10] Guiler E. 1959. The intertidal ecology of the Montemar área, Chile. Papers and Proceedings Royal Society of Tasmania 93: 33-58.

[11] Castilla J.C. 1976. Ecosistemas marinos de Chile: principios generales y proposición de clasificación. En: "Preservación del Medio Ambiente Marino", F. Orrego (ed.). Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile, Santiago 22-37 pp.

[12] Santelices B. 1980. Muestreo cuantitativo de comunidades intermareales de Chile Central. Arch. Biol. Med. Exp. 13: 413-424.

de tormentas oceánicas. Además, es una zona que presenta una de las regiones de fiordos más extensas del planeta, que se ha formado producto de la erosión asociada al avance y retroceso de glaciares (Pantoja et al. 2010[13]).

Debido a los antecedentes anteriormente mencionados, que contemplan aspectos de ordenanza territorial, normativos, ecosistémicos y la heterogeneidad geográfica que posee Chile, se considera en el presente trabajo, la adopción del concepto de zona costera. Pues parece ser más adecuado al compararlo con el de borde costero, dado que este último determinaría de manera más rígida la extensión y el tipo de hábitats que contempla en su aplicación en la política nacional.

6.1.1.1. Importancia de la zona costera para el ser humano hoy

La zona costera constituye uno de los ambientes más dinámicos del planeta, con fuerte influencia de agentes meteorológicos, geológicos y oceánicos que interactúan entre sí. Se trata de un sistema natural y altamente complejo, que da soporte a algunos de los hábitats de mayor productividad y biodiversidad a nivel global (McLean *et al*. 2001[14]).

El ser humano ha habitado los sistemas costeros naturalmente desde milenios, pero hoy la situación dista mucho de ser natural y está generando desequilibrios importantes, debido a factores como la mayor ocupación humana y a la creciente dependencia de los recursos costeros.

Históricamente, los ecosistemas marinos han experimentado alteraciones importantes debido a presiones humanas de diversa índole. Entre ellas se encuentran el cambio climático, la contaminación, la destrucción de hábitats, las invasiones biológicas y la sobreexplotación (Halpern *et al*. 2015[15], Mc Cauley *et al*. 2015[16], IPCC 2022[17]). Por otra parte, la pandemia asociada a la enfermedad

[13] Pantoja S., J.L. Iriarte & G.Daneri. 2010. Oceanography of the Chilean Patagonia. Continental Shelf Research 31: 149–153.

[14] McLean R.F., A. Tsyban, V. Burkett, J.O. Codignott, D.L. Forbes, N. Mimura, R.J. Beamish & V. Ittekkot. 2001. Coastal Zones and Marine Ecosystems. In Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[15] Halpern B., M. Frazier, J. Potapenko, S. Casey, K. Koenig, C. Longo, … & S. Walbridge. 2015. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. Nature Communications 6: 7615. https://doi.org/10.1038/ncomms8615

[16] Mc Cauley D.J., M.L. Pinsky, S.R. Palumbi, J.A. Estes, F.H. Joyce & R.R. Warner. 2015. Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. Science 347: 6219.

[17] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022: Summary for Policymakers. H.O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, … & A. Okem (eds.). In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. doi:10.1017/9781009325844.001.

causada por el coronavirus ha tenido importantes efectos en muchas de las actividades humanas desarrolladas en el océano. Al respecto, aún deben evaluarse las implicaciones totales derivadas de esta crisis sanitaria, en términos de la interacción humana con los océanos (UN 2021[18]).

Particularmente los ecosistemas costeros están dentro de los más perjudicados. En el ámbito científico existe consenso de que esta demanda creciente por el uso de la zona costera es insostenible (Inniss *et al.* 2016[19]). En la misma línea, variados estudios recientes indican que los ambientes costeros son especialmente vulnerables debido a una urbanización más densa, a cambios en el nivel del mar y a una mayor densidad poblacional, lo que necesariamente involucra mayor actividad económica, turismo, industrias, comercios, transporte, etc. (Paula 2016[20], Sahoo 2018[21], Kantamaneni 2019[22], El Habti *et al.* 2022[23]).

Otro aspecto a considerar es que las principales ciudades del mundo se encuentran en zonas costeras, se estima que un 23% de la población mundial habita a menos de 100 km de regiones costeras (Small & Nicholls 2003[24]). El crecimiento en esas ciudades desde 1960 ha sido significativamente mayor en comparación con ciudades del interior y del mismo tamaño (Kjerfve *et al*. 2002[25]). Se proyecta que para el 2025 la tendencia de crecimiento de las principales ciudades continuará en aumento, esperándose que la población en las zonas costeras se incremente desde 220,7 millones en 2009 a 301,7 millones de personas (UN 2010[26]).

[18] United Nations. 2021. The Second World Ocean Assessment Volume I (World Ocean Assessment II). Environmental Programme, United Nations, New York.

[19] Inniss L., A. Simcock, A. Yoanes, A.C. Alcala, P. Bernal, H.P. Calumpong, … & J. Marcin. 2016. The First Global Integrated Marine Assessment (World Ocean Assessment I). Report United Nations Environment Programme.

[20] Paula J. 2016. Overall assessment of the state of the coast in the Western Indian. Ocean Reg. State Coast Rep.: 500–527.

[21] Sahoo B. & P.K. Bhaskaran. 2018. Multi-hazard risk assessment of coastal vulnerability from tropical cyclones. A GIS based approach for the Odisha coast. J. Environ. Manag. 206: 1166–1178.

[22] Kantamaneni K., A. Gallagher & X. Du. 2019. Assessing and mapping regional coastal vulnerability for port environments and coastal cities. J. Coast. Conserv. 23: 59–70.

[23] El Habti M.Y., A. Zayoun, S.F. Zahra, A. Raissouni, A. & A. El Arrim. 2022. Shoreline change analysis along the Tahaddart Coast (NW Morocco): A remote sensing and statistics-based approach. Journal of Coastal Research 38(6): 1116–1127.

[24] Small C. & R.J. Nicholls. 2003. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. Journal of Coastal Research 19: 584–599.

[25] Kjerfve B., W.J. Wiebe, H.H. Kremer, W. Salomons, J.I.C., … & J. Marshall. 2002. Caribbean Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment/ Island-Coastal Sea Interactions and Human Dimensions; with a desktop study of Oceania Basins. LOICZ-IPO, 174 pp.

[26] United Nations. 2010. World urbanization prospects: The 2009 Revision. Technical Report, United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division.

Actualmente, esta situación continúa siendo un problema sin clara solución, dado que la urbanización humana masiva es una constante en el deterioro del funcionamiento de los ecosistemas de zonas costeras (Cabrera & Lee 2022[27]). Además, muchas de las áreas costeras en donde hoy se sigue construyendo de modo masivo, podrían verse inundadas en pocos años más debido al ascenso del nivel del mar (Bai *et al*. 2015[28]).

De esta forma, urge contar con una planificación diligente del desarrollo y urbanización costera que sea sostenible y que vele por la seguridad de las poblaciones humanas, así como también por la viabilidad de los ecosistemas costeros. Es necesario desarrollar y aplicar medidas que frenen la degradación y permitan restaurar estos ecosistemas, para lo cual es primordial que haya cooperación internacional que de soporte a la creación e implementación de políticas pertinentes (Petrişor *et al.* 2020[29]). Contar con un planeamiento de enfoque holístico de fuerte base científica, y que sea determinado de acuerdo a los requerimientos específicos de cada ciudad, puede mejorar la calidad de vida humana y la salud de los ecosistemas costeros (Glasow *et al*. 2012[30], Cabrera & Lee 2022 id.)

6.1.1.2. Caracterización de los ecosistemas terrestres de la zona costera

Entre los ecosistemas terrestres de la zona costera, los humedales destacan por su importancia. Son sitios que componen escenarios únicos, en los que se fusiona la tierra y el mar, dando lugar a la presencia de lagunas y humedales de un gran valor ecológico, donde se promueve la supervivencia y la reproducción de diversas especies (Walls 2022[31]). Se caracterizan por estar entre las áreas más productivas del mundo, desde el punto de vista biológico, y también desde los servicios ecosistémicos que entregan, es decir, el bienestar y los recursos que otorgan estos ecosistemas a la especie humana (Marquet *et al.* 2012[32]). Algunos de los servicios ecosistémicos que proveen son la capacidad de retener carbono

[27] Cabrera J.S. & H.S. Lee. 2022. Coastal Zone Environment Integrity Assessment for Sustainable Management: Part 1. Development of Adaptive Expert-Driven Coastal Zone Health Index Framework. Journal of Marine Science Engineering 10: 1183. https://doi.org/10.3390/jmse10091183

[28] Bai X., C. Corrie, H. Hartwig, A. Lampis, D. Mcevoy, R. Nichols, … & S. Zelaya. 2015. Coastal Zones and Urbanization. Summary for Decision-makers International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change.

[29] Petrişor A-I, W. Hamma, H.D. Nguyen, G. Randazzo, A. Muzirafuti, M-I Stan, … & I. Ianoş. 2020. Degradation of Coastlines under the Pressure of Urbanization and Tourism: Evidence on the Change of Land Systems from Europe, Asia and Africa. Land 9(8):275. https://doi.org/10.3390/land9080275

[30] Glasow R., T. Jickells, A. Baklanov, G. Carmichael, T. Church, T. L. Gallardo, & T. Zhu. 2012. Megacities in the Coastal Zone. AMBIO 42: 13–28. doi 10.1007/s13280-012-0343-9

[31] Walls I. 2022. La fauna como parte del paisaje costero. Plantae y Fauna, Landuum.

[32] Marquet P.A., S. Abades & I. Barría. 2012. Distribución y conservación de humedales costeros: una perspectiva geográfica. Humedales costeros de Chile. Aportes científicos a su gestión sustentable. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile 2-19 pp.

(dos veces más que los bosques), de purificar el agua, de servir de fuente de alimento y de hábitat para una gran multiplicidad de especies. También son centros productores de oxígeno, de polinización, de formación de suelos, dentro de otros muchos servicios más, incluyendo la dimensión paisajística natural que aportan. Además, son espacios que concentran un alto nivel de endemismo (Figueroa *et al*. 2016[33]). Existen variados tipos de humedales a lo largo del territorio nacional; los hay andinos y alto-andinos, turberas en la Patagonia, humedales costeros y boscosos, entre otros. En la **Figura 6.1** se observa un humedal costero de Chile central, el Humedal de Mantagua, que forma parte de los 36 *hotspots* de biodiversidad reconocidos a nivel mundial (Arenas *et al*. 2022[34]).

Figura 6.1. Humedal de Mantagua, Región de Valparaíso.



(Fotografía: Tamara Rojas Urrutia)

[33] Figueroa A., M. Contreras, B. Saavedra & C. Espoz .2016. Wetlands of Chile: Biodiversity, Endemism and Conservation Challenges. The Wetland Book 1–17. doi:10.1007/978-94-007-6173-5_247-2

[34] Arenas A., W. Breuer, M. Contreras-López, S. Elórtegui, R. Figueroa, L. Flores, … & C. Zuleta. 2022. Humedal costero de Mantagua, Un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile Central. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

En las últimas décadas, Chile ha aumentado el interés por los ecosistemas de humedales, lo que puede verse reflejado en la inclusión de este tópico en el Informe País a partir del año 2012. Hasta el 2019, Chile tendría unos 40.000 humedales, siendo 13 de ellos catalogados de Importancia Internacional (Sitios Ramsar), los cuales comprenden una superficie total aproximada de unas 360.000 hectáreas aproximadamente (WCS Chile, 2018[35]).

Se han desarrollado distintas iniciativas estatales que buscan mejorar el estado ecológico y de conservación de los ecosistemas costeros. Así, se cuenta con un Plan Nacional de Protección de Humedales 2018 – 2022, con una Guía de buenas prácticas ambientales en humedales costeros (2021) y con una Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile (MMA – ONU 2022[36]). Además, el 2020 se promulgó la Ley 21.202 y el Reglamento de la ley de humedales urbanos, normativas desarrolladas con el fin de proteger la figura de humedales urbanos (BCN[37]).

6.1.2. Caracterización de los distintos hábitats de la zona costera marina

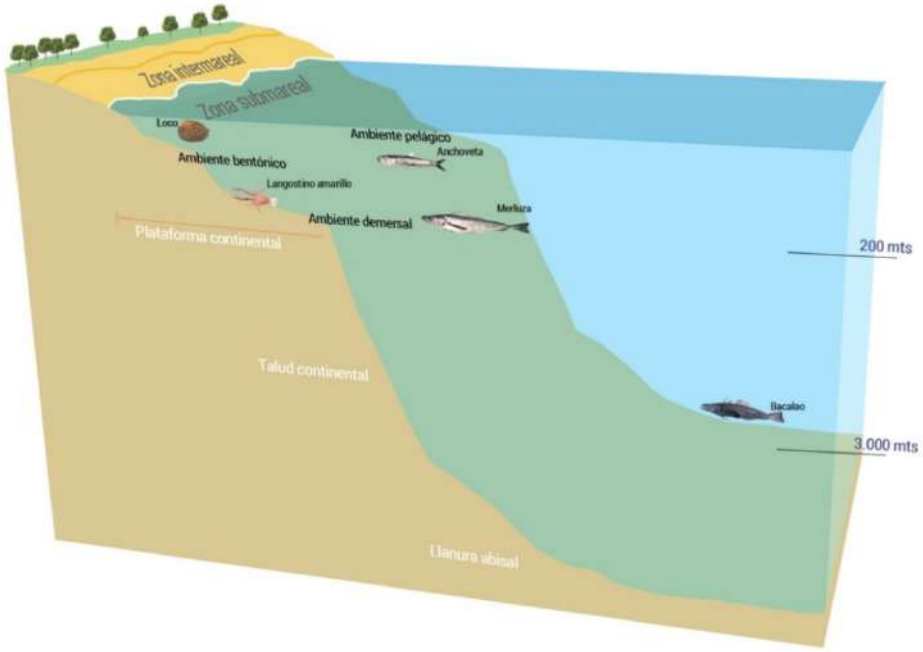
En la **Figura 6.2** se representan los distintos hábitats que conforman la zona costera, distinguiéndose la zona que se ubica inmediatamente por sobre el nivel máximo de marea, la zona entre mareas y la submareal. También se grafican las estructuras geomorfológicas que se presentan progresivamente a medida que aumenta la profundidad de la columna de agua, y se ilustra el hábitat de algunas especies marinas presentes en Chile.

[35] WCS Chile. 2018. Humedales de Chile, 40 mil reservas de vida. 194 pág.

[36] Ministerio de Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente. 2022. Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centrosur de Chile” por EDÁFICA Suelos y Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile 200 p.

[37] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. https://bcn.cl/2fff9

Figura 6.2. Esquema generalizado de hábitat en la zona costera de Chile.



6.1.2.1. El Hábitat intermareal y submareal

Intermareal

Es aquella zona de transición entre el ambiente terrestre y marino, y se encuentra afectada por el régimen de mareas, quedando cubierta o descubierta por el agua en forma sucesiva de acuerdo sus ciclos (Fig. 6.2). Debido a esto, es un ambiente que presenta un enorme dinamismo y complejidad. Los organismos (animales y vegetales) que habitan este ambiente deben presentar adaptaciones que les permitan enfrentar condiciones extremas ante factores tales como la falta de oxígeno, el aumento de las temperaturas, la exposición al oleaje y a la intervención humana, entre otros.

Es una zona extremadamente importante, por cuanto es el hábitat y lugar de alimento de diversos organismos invertebrados y vertebrados, y presenta mayor diversidad animal que vegetal. Entre los principales organismos animales que viven en el intermareal se encuentran los crustáceos cirripedios, variados tipos de jaibas, caracoles, machas, choritos, estrellas y anémonas, entre otros. La extracción de algunos de estos recursos (machas, choritos, jaibas), como ha sido el caso de casi todos los recursos naturales en general durante la época reciente, se ha realizado en forma desmesurada, sin tomar en consideración efectos a largo plazo ni la alteración del ecosistema involucrado.

Submareal

Los ambientes submareales costeros se extienden entre 30 a 200 m de profundidad (Fig. 6.2). Se caracterizan por estar asociados a la influencia de aguas de surgencia en la zona norte y central de Chile y por presentar una alta heterogeneidad de hábitat en la zona sur. Entre Arica y Chiloé la taxonomía básica de grupos dominantes de macroinvertebrados es bien conocida, siendo el grupo de los invertebrados el foco de estudio al ser más difícil su identificación (Bustamante, 2006[38]).

Los patrones de biodiversidad y la organización de esta zona del ecosistema litoral dentro del norte de Chile dependen de tres factores: de las características de los procesos oceanográficos, del sustrato disponible y de la presencia de especies estructurales (algas pardas). Estos últimos dos factores proveen un territorio de alimentación y de albergue para una gran variedad de organismos marinos (Reñones *et al*., 1997[39]).

En esta zona es posible encontrar grandes comunidades de moluscos bivalvos que habitan sus fondos, tales como almejas y navajuelas, además de otros moluscos como el "loco" y algunos peces que se desarrollan en estrecha relación con el fondo, siendo uno de los más característicos el lenguado.

Actualmente, el molusco denominado "loco" (*Concholepas concholepas*) se extrae de forma principal a través de la producción controlada en Áreas de Manejo y Explotación de los Recursos Bentónicos (AMERB).

También se presentan en forma abundante dentro del hábitat submareal, variadas especies de algas que ofrecen alimento y abrigo a las otras especies residentes, siendo una parte importante dentro de la estructura de las comunidades bentónicas, favoreciendo la heterogeneidad ambiental y con ello aportando hábitat para otras especies. En Chile, las algas pardas (*Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*) conforman un recurso que se presenta a lo largo del país y su extracción conforma una actividad económica de importancia en la zona sur. Estas algas son utilizadas como alimento en el cultivo de abalones y en la producción de alginatos (Saavedra *et al*.

[38] Bustamante C. 2006. Caracterización ecológica del ecosistema bentónico submareal en las áreas costeras de la VIII Región, Chile, Criterios de manejo y legislación para la conservación marina. Tesis, Escuela de Biología Marina Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile.

[39] Reñones O., J. Moranta, J. Coll, & B. Morales-Nin. 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). Scientia Marina 61: 495-506.

2019[40]). Para proteger al recurso y favorecer la sustentabilidad de su extracción, esta actividad presenta varias medidas de regulación como vedas, la definición de una talla mínima de extracción y el establecimiento de cuotas extractivas (Subpesca 2022[41]).

6.1.2.2. Hábitat Demersal y bentónico

La zona de Demersal corresponde al área oceánica formada por la columna de agua que está cerca del fondo del mar y del bentos, y se ve afectada por el fondo marino (Fig. 6.2). Ejemplo de recursos demersales son las distintas especies de merluzas, de congrios, ciertos tiburones y rayas, algunos crustáceos, entre otros. Todos ellos viven en o cerca del fondo, llegando hasta profundidades de más o menos 500 metros.

La gran mayoría de las especies marinas vive sobre o bajo el fondo marino (arena, limo) (Valiela 1995[42]), a estos organismos se les llama bentónicos. A los organismos que viven bajo arena o bajo otros fondos blandos se les denomina organismos de la infauna. Aquellos organismos que viven adheridos a fondos duros como rocas o corales, se les conoce como organismos de la epifauna. Dado que la energía luminosa no penetra muy profundamente en el océano, la fuente de energía para gran parte de los organismos bénticos es la materia orgánica que precipita desde la columna superior de agua. Alrededor de un 40% de las pesquerías globales y muchos de los ecosistemas costeros (peces, animales suspensívoros, detritívoros) son dependientes del acoplamiento existente entre al ambiente bentónico y el pelágico.

6.1.2.3. Plataforma continental

La plataforma continental corresponde al perímetro extendido de cada continente, está cubierto por mares con poca profundidad (unos 200 m) y posee un ancho variable, de decenas de metros a 90 km (**Ver Figura 6.2**). Generalmente es una de las áreas más productivas de los océanos, la que presenta mayor cantidad de vida animal y vegetal. En esta zona se encuentran además varios recursos no orgánicos, como depósitos petrolíferos, hidratos de gas y minerales. También se caracteriza por presentar una gran abundancia de materia orgánica proveniente de la zona terrestre, la que aporta nutrientes para el fitoplancton.

[40] Saavedra S., L. Henríquez, P. Leal, F. Galleguillos, S. Cook & F. Cárcamo. 2019. Cultivo de Macroalgas: Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile. Convenio de Desempeño, Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Instituto de Fomento Pesquero 106 pp.
[41] Subpesca.2022. Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas, año 2021.
[42] Valiela I. 1995. Marine ecological processes. Springer-Verlarg New York, 686 pp.

Como se ha mencionado con anterioridad, la costa de Chile se puede dividir topográficamente en dos zonas principales: al norte y al sur de la isla grande de Chiloé (41º29'L.S.). En la región norte se presentan grandes profundidades, cañones submarinos y escasas islas, así como pocas bahías protegidas. En la zona sur, en cambio, la plataforma continental es relativamente somera y de mayor amplitud en comparación con la zona norte, formando bahías protegidas (CONAMA 2008[43]). Esta última zona es de extrema complejidad, y se caracteriza por la presencia de fiordos, estrechos, canales e islas que definen una región con un ecosistema único, con alta diversidad y productividad. Además, se le reconoce por ser una zona de reproducción y alimentación de aves y mamíferos marinos. También se desarrolla en esta zona gran parte de la acuicultura nacional (Subpesca-MMA 2015[44]).

En conjunto, la plataforma continental y la zona submareal, generan una importante trama trófica, que sostiene a varias pesquerías de vertebrados e invertebrados (**Ver Figura 6.3**). Así, la plataforma continental alberga gran parte de los recursos pesqueros, con una producción primaria que puede alcanzar hasta el 30% de todo el océano, aunque solo comprende alrededor de un 7% del área oceánica mundial (Yool & Fashman 2001[45]).

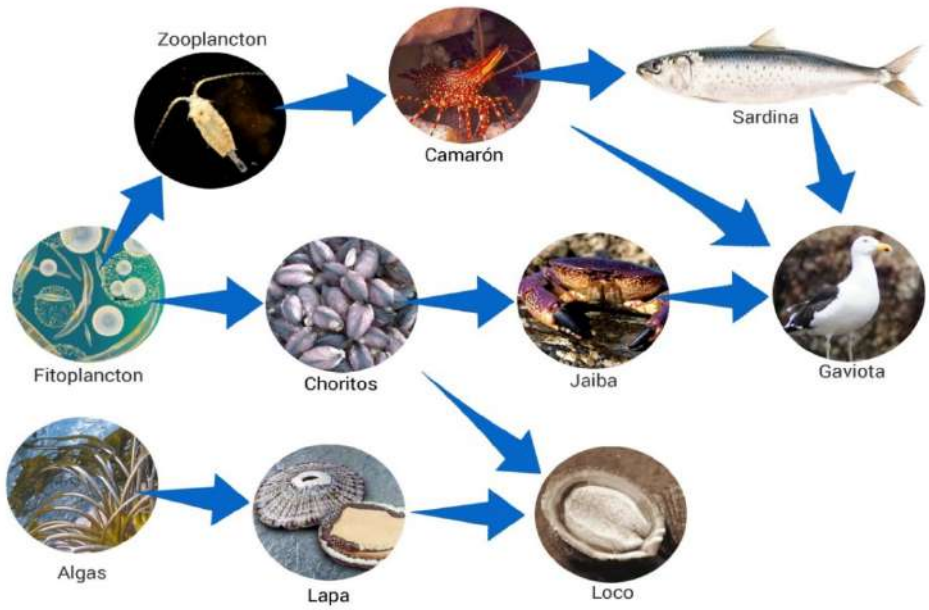
El desarrollo de la actividad extractiva manifestada en faenas de la flota industrial, comienza a operar en la zona central con la extracción de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), utilizando redes de arrastre. Luego, esta actividad se extendió a la explotación de otras especies de peces y crustáceos bento-demersales, siendo ampliamente desarrollada entre Antofagasta y Cabo de Hornos. En estas zonas se estructuraron pesquerías orientadas a diversos recursos como el camarón nailón (*Heterocarpus reed*), el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y langostino colorado (*Pleurocondes monodon*), la gamba (*Haliporoides diomedeae*), el besugo (*Epigonus crassicaudus*) y la raya volantín (*Raja flavirrostris*), entre otros (Arana 2012[46]).

Dada la importancia productiva de estos hábitats, el manejo pesquero debe tomar en consideración el rol ecológico de las especies capturadas y la influencia

[43] CONAMA. 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, Ocho Libros Editores (Santiago de Chile), 640 pp.
[44] Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y Ministerio del Medio Ambiente. 2015. Plan de adaptación al cambio climático Pesca y Acuicultura. Propuesta Gobierno de Chile.
[45] Yool A. & M. Fashman. 2001. An examination of the 'continental shelf pump' in an open ocean general circulation model. Global Biogeochemical Cycles 15(4):831-844.
[46] Arana P.M. (ed.). 2012. Recursos pesqueros del mar de Chile. Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, Valparaíso 308 pp.

ambiental que puede tener un recurso sobre otro, dentro del equilibrio de la trama trófica (**Ver Figura 6.3**).

Figura 6.3. Esquema generalizado de una trama trófica de la zona litoral marina de Chile.



6.1.2.4. Hábitat Pelágico (Nerítico y Oceánico)

La región oceánica ubicada fuera de la zona litoral es la que corresponde al ambiente pelágico. En este lugar habitan organismos que desarrollan su ciclo de vida sin relación con el fondo de los océanos.

Esta zona se caracteriza por su dinamismo. Esto se manifiesta en la alternancia de especies que presentan marcadas fluctuaciones en su abundancia, las que son provocadas por efectos ambientales y por la intervención antropogénica. Con ello se generan diversos impactos, que afectan tanto la dinámica, como la estructura de las pesquerías.

Gran parte de este sistema forma parte del ecosistema marino de la Corriente de Humboldt, que se caracteriza por sus zonas de surgencia costera de agua fría, cuya alta concentración de nutrientes genera una alta productividad primaria y secundaria. Frente a Chile existen dos zonas diferenciadas de esta corriente: una entre Arica y Coquimbo, donde se dan condiciones de surgencia moderada y más susceptible a perturbaciones como el evento ENSO. La otra zona es frente a Chile

Central (30ºS-42°S), donde existe un ciclo estacional de surgencia con convergencias costeras en invierno y surgencia moderada en la época estival. Al sur de estas dos zonas, separada por la Corriente de Deriva Oeste, se encuentra un ecosistema de canales y fiordos, a esta altura y circundante de la zona austral hasta las Islas Malvinas por el Mediterráneo Sur se forma la Corriente del Cabo de Hornos (Subpesca-MMA 2015 op. cit.).

6.1.3. Estado de la biota de los ecosistemas terrestres y marinos de la zona costera

6.1.3.1. Estado de la biota del hábitat terrestre de la zona costera

Además de la rica heterogeneidad de hábitats que aportan los humedales, la riqueza de especies es muy alta, aportando valiosamente a la biodiversidad; desde una alta variedad de microorganismos, de invertebrados y de vertebrados, como de anfibios y aves.

Habida cuenta de estos altos servicios ecosistémicos que brindan los humedales, se tornan aún más importantes en la actualidad, dada la existencia de un creciente déficit hídrico provocado por las prolongadas sequías que han afectado la zona centro sur del país, y por su aporte en la batalla contra el calentamiento global al secuestrar altos contenidos de carbono. También debido a la pérdida constante de especies en el planeta por destrucción y alteración de hábitat.

En la actualidad, estos valiosos ecosistemas se encuentran fuertemente amenazados por la acción antrópica y por variadas alteraciones ambientales debidas al cambio climático. Así, se ha reportado una disminución progresiva de humedales a escala mundial. La pérdida de humedales continentales naturales ha sido mayor y de modo más acelerado, en comparación con la de los humedales costeros naturales. La baja de los humedales continentales se estima entre un 69% y un 75 %, mientras que los humedales costeros se habrían reducido alrededor de un 62% (Morales *et al*. 2019[47]).

No existe un catastro comparativo de pérdida de especies asociada a esta disminución, pero es evidente que los invertebrados y vertebrados presentes en los humedales se verán afectados en tanto el humedal disminuya en cantidad (área) y calidad (pérdida de hábitat). Asimismo, se han visto perjudicadas las aves migratorias que utilizan a los humedales costeros como estación de paso.

[47] Morales E., P. Winckler & M. Herrera. 2019. Costas de Chile. Publicaciones Universidad de Valparaíso 206 pp.

Para asegurar la protección y conservación de los humedales de nuestro país, por una parte es necesario mantener y reforzar los lazos con las estrategias integradas a nivel mundial y, por otra, continuar fomentando políticas de educación, de gestión ambiental y de investigación científica a nivel nacional, éstas últimas basadas en inventarios que se actualicen periódicamente (Zedler & Kercher 2005[48]), con un enfoque de sustentabilidad mediante sistemas integrados de protección.

Diversas iniciativas se han desarrollado, a nivel global, con el fin de promover medidas que velen por la conservación y el uso racional de los humedales (Convención Ramsar 2010[49]). De acuerdo con la obtención de una cartografía general de humedales para el territorio nacional, se estima en cifras globales, que la superficie de humedales alcanza los 5.589.633 de ha (Edáfica-MMA 2020[50]). El propósito de este tipo de iniciativas es contar con información actualizada y validada que permita generar instancias de protección como áreas protegidas para apoyar su conservación, el establecimiento de parques nacionales, de santuarios de la naturaleza o para acogerse a lo establecido por la Ley 21.202 en los términos que corresponda (MMA 2018[51], MMA – ONU 2022 op. cit.).

6.1.3.2. Estado de los recursos biológicos de los ecosistemas marinos

Eventos de diversa índole han impactado el estado de situación de los recursos marinos durante los últimos tres años (2019-2022). A nivel mundial, el desarrollo de la pandemia y los persistentes desafíos derivados del cambio climático y de la contaminación por plástico, han sido factores que continúan afectando de manera relevante la salud de los ecosistemas marinos y acuáticos (IPCC 2022 op. cit., Tekman *et al*. 2022[52]). En el panorama nacional, tanto el ámbito normativo, como el político, han destacado especialmente durante el presente año, involucrando la problemática relacionada con la "Ley de Pesca" (Senado 2022[53]).

[48] Zedler J.B. & S. Kercher. 2005. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. Annual Review of Environmental Resources 30: 39-74. http://dx.doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248

[49] Secretaría de la Convención de Ramsar. 2010. Inventario de humedales: Marco de Ramsar para el inventario y la descripción de las características ecológicas de los humedales.

[50] Edáfica - Ministerio del Medio Ambiente. Inventario de Humedales Urbanos y Actualización del Catastro Nacional de Humedales. Informe Etapa III 205 pp + Cuadros y Figuras.

[51] Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022, Ministerio del Medio Ambiente.

[52] Tekman M.B., B.A. Walther, C. Peter, L. Gutow, & M. Bergmann. 2022. Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684

[53] Senado. 2022, 17 10. Nulidad de Ley de Pesca: inician análisis técnico jurídico. Nota de prensa. https://www.senado.cl/nulidad-de-ley-de-pesca-inician-analisis-tecnico-juridico

La pandemia global COVID-19, aún impacta en términos económicos, sanitarios y plantea desafíos alimentarios. En cuanto a los recursos marinos, la generación de monitoreos y las evaluaciones de stocks de las pesquerías se pausaron o fueron limitados en distinta medida dependiendo de cada nación (Love *et al*. 2022[54]). En Chile, hubo pausas y una disminución en la cobertura de algunos de los estudios que se realizan de forma regular para contar con datos biológico-pesqueros que den soporte al manejo de la pesquería y acuicultura. En términos globales, producto de las medidas de confinamiento, se han observado efectos positivos y también dañinos en los ambientes acuáticos y en los organismos que los habitan. Así, las pausas en las actividades antropogénicas permitieron reducir fuentes de contaminación y la actividad pesquera en algunas localidades. Por el contrario, se incrementó la generación de residuos sanitarios y el uso de los plásticos. Así, se ha concluido que aún es pronto para establecer los reales efectos asociados a la pandemia y que se requiere de más estudios que aborden la temática (UN 2021 op. cit., Love *et al*. 2022 id.).

A nivel nacional, destacan cuatro eventos que interpelan el funcionamiento de la actividad pesquera. En primer lugar, el año 2019, se adoptó una ley para fortalecer el Servicio Nacional de Pesca. Ello permite, entre otros aspectos, la adición de más de 200 nuevos inspectores, lo que aumentará la efectividad de las supervisiones de la actividad extractiva. Un segundo aspecto corresponde a la creación del Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala o INDESPA. Esta institución se establece como un organismo público descentralizado, de personalidad jurídica y patrimonio propio, y busca promover el desarrollo de las pesquerías artesanales y de la acuicultura en pequeña escala. El tercer factor, también involucra a las pesquerías artesanales, ya que bajo el alero de la Ley 21.027, se faculta a las organizaciones artesanales a administrar de forma directa y regulada el espacio de las caletas y permite el desarrollo de actividades que no estén directamente relacionadas con la extracción pesquera, como aquellas asociadas al turismo y a la gastronomía. A partir de ello, se promueve la autogestión y el crecimiento de las comunidades asociadas a la pesquería artesanal (OECD 2021[55]).

Finalmente, es importante mencionar que mientras se tramita la nulidad de la "Ley de Pesca", se están realizando actividades territoriales que buscan avanzar

[54] Love D.C., L.M. Weltzien, N.S. Armstrong, D. Zayas-Toro, A.L. Thorne-Lyman & E.M. Nussbaumer. 2022. Global Assessment of COVID-19 on Fisheries and Aquaculture. Commitee on Fisheries, 35 Session, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
[55] Organisation for Economic Cooperation and Development. 2021. Fisheries and Aquaculture in Chile. Review of Fisheries Country Notes.

en la elaboración de una “Nueva Ley de Pesca”. Este es un proyecto que busca integrar al mundo académico, a la industria, a las organizaciones de pesca artesanal y a trabajadores de plantas procesadoras y empresas, en la elaboración del nuevo cuerpo normativo (Gobierno de Chile 2022[56]).

6.1.3.3. Resumen del estado de los recursos biológicos pesqueros de los ecosistemas marinos de Chile

El desembarque de erizo rojo, *Loxechinus albus* presenta una importante disminución al revisar la tasa de variación de dicho parámetro, en la serie histórica que compara los años 1999 y 2021 (**Ver Cuadro 6.1**). El estado de situación de este recurso se asocia a niveles de sobrexplotación que afectan negativamente las poblaciones naturales, llegando a alcanzar los mayores niveles de vulnerabilidad en el periodo que abarca los años 1960 a 2021. Además, el estudio de las tres zonas en que se realiza la evaluación del erizo, dan cuenta de una reducción en los estimados de biomasa en el trienio 2019 – 2021.

[56] Gobierno de Chile. 2022, 11 10. Hacia una Nueva Ley de Pesca. Nota de prensa. https://www.gob.cl/noticias/hacia-una-nueva-ley-de-pesca-con-amplia-participacion-del-sector-artesanal-se-desarrollan-los-encuentros-locales-lo-largo-de-chile/

Cuadro 6.1. Desembarque total por tipo de recurso, años 1999 y 2021.

Recurso	Desembarque 1999 (t)	Desembarque 2021 (t)	Tasa de Variación %
Recursos ícticos pelágicos			
Anchoveta	1.983.040	606.924	-69,39
Jurel	1.219.689	658.726	-45,99
Sardina común	782.142	344.115	-56,00
Sardina española	246.045	1.310	-99,47
Reineta	6.830	43.513	537,09
Pez espada	2.925	3.436	17,47
Total pelágicos	***4.240.671***	***1.658.024***	***-60,90***
Recursos ícticos demersales			
Merluza de cola	309.904	13.305	-95,71
Merluza del sur	24.656	17.947	-27,21
Congrio dorado	5.721	1.293	-77,40
Bacalao de profundidad	12.506	4.056	-67,57
Merluza de tres aletas	36.506	4.494	-87,69
Raya Volantín	3.369	586	-82,61
Merluza común	103.789	29.823	-71,27
Total demersales	***496.451***	***71.504***	***-85,60***
Recursos crustáceos			
Langostino Amarillo	7.263	3.114	-57,13
Camarón Nailon	7.951	4.462	-43,88
Langostino Colorado	12.710	6.176	-51,41
Total crustáceos	***27.924***	***13.752***	***-50,75***
Recursos moluscos			
Loco	2.294	2.353	2,57
Almeja	16.429	12.759	-22,34
Macha	1.728	1.273	-26,33
Pulpo	3.168	2.089	-34,06
Total moluscos	***23.619***	***18.474***	***-21,78***
Otros recursos			
Erizo	55.656	26.517	-52,36

En cuanto a *C. concholepas*, se han reportado mejoras en la obtención de datos que dan cuenta de su estado de explotación, en comparación con la situación que se describía en la publicación del año 2018 del presente informe. Así, se ha establecido, mediante el análisis de información obtenida desde las AMERB, que hay evidencias de sobreexplotación en las unidades poblacionales del "loco". Asimismo, los estudios realizados han permitido definir cómo se deben abordar diversos aspectos para tener un mejor conocimiento del recurso, para poder contar con medidas de manejo pesquero adecuadas y que permitan avanzar en el desarrollo de la acuicultura comercial de esta especie.

La pesquería de almejas es multiespecífica, *Ameghinomya antiqua* y *Leukoma taca* concentran las mayores capturas, siendo las principales especies extraídas en la zona sur y en el norte respectivamente. El estado de situación de esta pesquería se ha mantenido en condiciones similares desde el año 2016 y hasta el 2021, con estimados de biomasa y del potencial reproductivo del stock por debajo de los niveles de referencia que buscan alcanzar el máximo rendimiento sostenible. Además, persisten las fuentes de incertidumbre que dificultan el análisis de las especies involucradas. Sin embargo, en la actualidad, se están considerando diversas medidas que buscan disminuir dicha brecha de conocimiento, estas buscan integrar nuevos indicadores al análisis del estado del recurso, diversificar las especies que se pueden extraer a partir del desarrollo de acuicultura de pequeña escala y mejorar los canales de información entre la institucionalidad y los usuarios del Plan de Manejo, entre otras.

La evaluación del estado de situación de la macha *Mesodesma donacium,* se realiza mediante observaciones *in situ* en las que se utiliza como indicador el número y la extensión de los bancos productivos presentes localidades de la Comuna de Maullín y de bancos ubicados en AMERB. A partir de dicha evaluación, y al igual que lo reportado en años anteriores para este recurso, se estima que se mantiene un patrón de bajas densidades y escasez de reclutas. Por otra parte, se han realizado importantes avances en la optimización del estudio de la macha mediante la inclusión de los pescadores durante la realización de las evaluaciones y para obtener información que permita desarrollar a futuro actividades de acuicultura. Con ello, se ha logrado reafirmar la validación de los resultados obtenidos por parte de los usuarios de la pesquería.

Respecto a la pesquería del pulpo del norte (*Octopus mimus*), persiste la dificultad de obtener datos confiables sobre el esfuerzo pesquero. Históricamente, este aspecto ha dificultado la evaluación del estado de este recurso. Además, aún hay brechas de conocimiento biológico y no se cuenta con indicadores del estado del stock como las tasas de mortalidad por pesca y los niveles de reclutamiento. En cuanto al pulpo del sur (*Enteroctopus megalocyathus*) se estima que los niveles de desembarque de la isla de Chiloé están por sobre el rendimiento máximo sostenible, a partir de lo que se sugiere considerar como objetivo de manejo la recuperación de la biomasa y disminuir el nivel de esfuerzo pesquero.

Al igual que en la última publicación del presente informe, el congrio dorado (*Genypterus blacodes*) se ubica en la categoría de sobrexplotación sin sobrepesca

en sus dos unidades de pesquería y se advierte la posibilidad de llegar a un colapso en un mediano plazo. La situación actual de este recurso se ha definido como la de un stock desmejorado, con niveles de reducción de biomasa desovante y, en consecuencia, con una extracción que se encuentra sostenida principalmente por ejemplares juveniles, que no han contribuido aún con su potencial reproductivo a la población.

En cuanto a la evaluación de la pesquería de merluza del sur (*Merluccius australis*) también se presenta una situación similar a la registrada en el 2018. Pues persiste la tendencia decreciente en los estimados de biomasa desovante. Además, durante los últimos años, el stock se ha mantenido reducido. A partir de ello, y tomando en cuenta la mortalidad por pesca y los niveles de biomasa desovante, se clasifica al stock como sobreexplotado y con un alto nivel de sobrepesca que sobrepasa en casi un 50% el valor relacionado al rendimiento máximo sostenible.

Otro recurso que ha mantenido un estado de deterioro en los últimos años es la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Se estima que esta especie no presenta señales de recuperación, pese a la reducción en las tasas de explotación y, en consecuencia, se le clasifica en un estado de agotamiento o colapso. Además, el estudio de la estructura de tallas y los registros de los pesos medios, son indicativos de una tendencia que se mantiene desde el 2008 y hasta el 2021, la que se caracteriza por la presencia dominante de ejemplares juveniles, escasez de adultos y una baja importante en el peso promedio de los individuos.

Una situación distinta se presenta en el caso de la merluza común o pescada (*Merluccius gayi gayi*), pues a pesar de que se mantiene el registro de un estado de sobreexplotación, se estima que hay señales de recuperación de este recurso. Esto se sostiene al considerar las tallas medias de las capturas y los rendimientos de pesca, pues ambos habrían presentado mejoras. Además, tras la realización del crucero de evaluación directa en el 2021, se registró una tendencia positiva en los principales indicadores demográficos de la especie. Respecto a la problemática histórica que representan las capturas no reportadas en esta pesquería, se está avanzando en la implementación de un modelo de transición que permita estimar la mortalidad por pesca y por flota no reportada.

La raya volantín (*Zearaja chilensis*) es un recurso que presenta una gran brecha de información, con importantes factores asociados a dicha la incertidumbre, como el grado de resiliencia de la especie, el subreporte, el descarte y la poca

disposición por parte de los usuarios a permitir el embarque de observadores científicos. Con ello, no se puede establecer el estado de situación de este recurso, aunque se estima que se encuentra sobreexplotado o agotado.

El análisis del recurso langostino amarillo (*Cervimunida johni*) lo clasifica en un estado de subexplotación y sin sobrepesca, con una tendencia sostenida al aumento en los estimados de biomasa desovante y total desde el año 2011. El mismo patrón se ha evidenciado en el caso del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en cuanto a las estimaciones de biomasa. En esta especie, la mortalidad por pesca y el reclutamiento se han mantenido estables con el paso del tiempo. Así, se le categoriza en plena explotación y sin sobrepesca.

De forma similar a la evaluación del estado de situación de los langostinos, el camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) presenta estimados de biomasa total estable y un aumento en la biomasa desovante entre los años 2019 – 2021. Además, la mortalidad por pesca se caracteriza por tener niveles reducidos. Con dichos antecedentes se estima que este recurso se encuentra subexplotado en las zonas centro-norte y centro-sur.

El estudio de la pesquería del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) se realiza considerando tres unidades de pesquería (Arica y Parinacota a Antofagasta, Atacama y Coquimbo, Valparaíso a Los Lagos). Tomando en cuenta antecedentes ambientales, evaluaciones de stock, estudios basados en modelación y la estructura de tallas, entre otros, el comité científico técnico a cargo define que el estado de la anchoveta en su unidad de pesquería norte se encuentra subexplotado. En tanto que las unidades centro-norte y centro-sur se califican en un estado de plena explotación.

El recurso sardina española (*Sardinops sagax*) mantiene su presencia representada en la forma de capturas incipientes en los registros de desembarque. Durante los años 2018, 2019 y 2021 dichos valores bordearon las 1.500 toneladas, en tanto que el 2020, se alcanzó un estimado de 3.547 t. Como se ha reportado en años anteriores, no se cuenta con los antecedentes necesarios para poder estimar un marco biológico de referencia, con lo cual no se puede efectuar una evaluación del stock de este recurso. Así, se mantiene el estado de agotamiento o colapso para definir su estado pesquero. Al respecto se postula que la influencia de condiciones ambientales, físicas y biológicas no habrían sido favorables para su desarrollo.

La sardina común (*Strangomera bentincki*) tiene un comportamiento estacional que propicia la formación de agregaciones de alta densidad en zonas costeras. Esta estacionalidad también es influenciada por el proceso de reclutamiento, producto de ambos factores, la pesquería se ha sustentado mayoritariamente por ejemplares juveniles y reclutas. Así, la definición del estado y de las posibilidades de explotación del recurso, le clasifican en sobrexplotación y con una alta probabilidad de estar en sobrepesca en el año biológico 2020-21.

Para el recurso jurel (*Trachurus murphyi*), se confirman los resultados que daban cuenta de niveles de recuperación durante el 2017. Pues se ha estimado un aumento en la biomasa durante los últimos años y una mejora constante en este recurso desde el 2010. Esto es coincidente con las condiciones de mejora establecidas según la evaluación de Stock en marco del Comité Científico de la ORP-PS, la que caracteriza aspectos de crecimiento, biomasa, reclutamientos y de mortalidad por pesca. Así, se ha definido que el jurel se encuentra en un estado de plena explotación y sin riesgo de sobrepesca.

El diagnóstico del estado del pez espada o albacora (*Xiphias gladius*) se define considerando información independiente de la evaluación de stock del Océano Pacífico Sur Oriental, la estructura de longitudes de la captura y la captura por unidad de esfuerzo. Dado que este último parámetro ha presentado una tendencia positiva durante la serie de tiempo 2001 – 2019, y que este valor se mantiene alto en el 2020, se postula que la población de esta especie se encuentra saludable. Así, se clasifica en un estado de plena explotación.

La reineta (*Brama australis*), es uno de los pocos recursos que presenta una tasa positiva de variación en la comparación de los desembarques de los años 1999 y 2021 (**Ver Cuadro 6.1**). Respecto a estos registros, se debe tener en cuenta que se trata de una de las pesquerías que tienen un importante nivel de subreporte asociado a los registros oficiales. Un aspecto positivo de la presente revisión de este recurso, es el avance en el estudio de la especie, el que pasó de ser incipiente a contar con una base de datos más completa y a la inclusión experimental de la modelación en el análisis de su estado. Además, ha habido incrementos en el monitoreo de embarcaciones y en puertos. A pesar de dichos avances, la evaluación del stock se realiza aún bajo un enfoque de pesquería pobre en datos, a partir del cual, se le ha clasificado en sobrexplotación y sometido a un alto nivel de sobrepesca, la que debe ser controlada en forma urgente.

El estado de deterioro que se hace evidente en algunos de los recursos biológicos marinos se puede vincular a diversas problemáticas. En algunos casos, la extracción pesquera excesiva ha sido relacionada a situaciones de colapso o agotamiento de los stocks. En tanto que, si se trata de recursos que presentan vulnerabilidad asociada a sus ciclos de vida o a una fuerte dependencia a los factores ambientales, la situación de desgaste puede permanecer en el tiempo a pesar de los esfuerzos del manejo pesquero por controlar la mortalidad por pesca.

Además, existen otros aspectos que dificultan la gestión sostenible las pesquerías basadas en los recursos nacionales. Así, se ha mencionado a lo largo de la revisión de este capítulo, que el problema del subreporte o la captura no declarada son factores que persisten en el tiempo y que perjudican las evaluaciones del estado de los stocks al añadir incertidumbre a los análisis. Al respecto, se ha avanzado en el trabajo integrativo, que busca hacer los estudios de forma coordinada con pescadores artesanales. A partir de ello, se fomentan las buenas prácticas, se validan los resultados generados por la institucionalidad y se disminuyen brechas en el conocimiento de las especies gracias al conocimiento empírico de los usuarios.

También es importante destacar que la presente edición de este capítulo da cuenta de diferentes enfoques que se han aplicado al momento de hacer los estudios de las especies. En ese sentido, se ha avanzado en la inclusión de variables oceanográficas, las que son de gran importancia al evaluar especies de pequeños pelágicos, como la anchoveta o las sardinas y también en el caso del jurel. En una línea similar, igualmente al estudiar el jurel, se ha aplicado un criterio ecosistémico en el análisis de su estado, lo que permite cumplir con los requerimientos de conservación y de ordenamiento integral adecuado para el manejo de una especie transzonal. Por otra parte, se han realizado estudios de las especies de crustáceos considerando zonas geofísicas, las que se definen de acuerdo con la información biológica, reproductiva y de distribución de dichas especies. De forma análoga, a partir de la evaluación de *C. concholepas*, se ha recomendado realizar los análisis de los recursos bentónicos considerando la conectividad existente entre unidades poblacionales y el ambiente.

Finalmente, es importante mencionar que el desarrollo de la pandemia tuvo efectos sobre la actividad pesquera, pausando temporalmente la extracción de erizo y de especies de pulpo. Además, hubo un impacto sobre los estudios

causado por las limitaciones para el desplazamiento, generándose disminuciones en la cobertura espacial del área de estudio, ejemplo de ello es la evaluación del jurel en el año 2021.

6.1.3.4. Estado de áreas marinas protegidas y su funcionamiento

La designación de Áreas Marinas Protegidas (AMP) es un elemento ampliamente reconocido como una herramienta de protección para los ecosistemas marinos. El establecimiento de las AMP involucra, entre otros aspectos favorables, la protección tanto de la biodiversidad marina, como de los procesos relacionados al ciclo de vida de las especies. Las reservas y los parques marinos nacionales son áreas que resguardan ecosistemas y biodiversidad únicos, son semilleros de recursos hidrobiológicos de interés comercial y suelen presentar especies marinas protegidas (Lester *et al*. 2009[57], Sala & Giakoumi 2018[58], Buschmann *et al*. 2019[59]).

Además, estas áreas fomentan la permanencia de espacios de valor paisajístico y de riqueza ecosistémica. La ONU destaca también los beneficios sociales y económicos asociados, pues garantizan el uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo de actividades como el turismo, involucrando a distintos actores y a la comunidad local en la planificación y distribución de los beneficios que proveen los océanos (Bennett & Dearden 2014[60], Hayes *et al*. 2019[61]). Asimismo, se favorece el rol regulador de los océanos, con respecto a la disminución de los efectos del calentamiento global y a la amortiguación de los impactos que produce su acidificación (Laffoley *et al*. 2016[62], PNUMA 2017[63]).

Es importante considerar que la efectividad, en términos de los beneficios que puede generar el establecimiento de una AMP, depende de que se cuente con una sólida base científica y política para la gestión y conservación de los recursos

[57] Lester S.E., B.S. Halpern, K. Grorud-Colvert, J. Lubchenco, B.I. Ruttenberg, S.D. Gaines, S. Airamé & R.R. Warner. 2009. Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. Marine Ecology Progress Series 384:33–46.

[58] Sala E. & S. Giakoumi. 2018. No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean, ICES Journal of Marine Science 75(3): 1166–1168. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx059

[59] Buschmann, A.H, S. Gelcich, P. Díaz, R. Estévez, M.C. Hernández González, N. Lagos, M. Lardies, M.J. Martínez-Harms, S.V. Pereda & J. Pulgar. 2019. Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

[60] Bennett N.J. & P. Dearden. 2014. From measuring outcomes to providing inputs: Governance, management, and local development for more effective marine protected areas. Marine Policy 50: 96–110.

[61] Hayes K.R., G.R. Hosack, E. Lawrence, P. Hedge, N.S. Barrett, R. Przeslawski, M. Caley & S.D. Foster. 2019. Designing Monitoring Programs for Marine Protected Areas Within an Evidence Based Decision Making Paradigm. Frontiers in Marine Science 6 doi:10.3389/fmars.2019.00746

[62] Laffoley D. & J.M. Baxter. 2016. Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. Full report. Gland, Switzerland: IUCN 456 pp.

[63] PNUMA. 2017. Fronteras 2017, Nuevos temas de interés ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

hidrobiológicos (Addison *et al*. 2017[64]). Es por ello que, desde un punto de vista normativo, se encuentran reguladas tanto las actividades que pueden desarrollarse en las AMP, como los organismos institucionales responsables de su gestión y fiscalización. Por otra parte, la gobernanza de estas áreas se reconoce en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 de la ONU y en la Meta Aichi 11 para la Diversidad Biológica. Lo anterior se define según el tipo de área en cuestión, existiendo en Chile cuatro clasificaciones de acuerdo con lo estipulado por la Subpesca: las reservas marinas, los parques marinos, los santuarios de la naturaleza y las áreas marinas y costeras protegidas de múltiples usos.

El organismo encargado de la tuición de los parques y reservas marinas es Sernapesca. Este ente define el Programa de Investigación del Plan General de Administración (PGA) de cada una de estas áreas protegidas. Dicho programa provee el marco que faculta la realización de actividades de investigación y de monitoreo en las AMP. Es así que el PGA constituye un instrumento de gobernanza que contiene los fundamentos del establecimiento del área protegida, el marco conceptual y operativo y los programas de administración, investigación, manejo, extensión, monitoreo y fiscalización (Sernapesca 2015[65]).

Para alcanzar los objetivos a los que apunta este instrumento, se requiere contar con una administración participativa y con un sistema de vigilancia y de fiscalización permanente. Este último factor toma especial relevancia al considerar que Chile aún se mantiene en una etapa más bien inicial en cuanto a la gestión de estas áreas, ya que aún existen falencias en cuanto al establecimiento de planes de administración y monitoreo o fiscalización de las AMP ya establecidas. En cuanto a la administración de los parques y reservas marinas, mediante el PGA, se busca fomentar acciones de investigación orientadas a determinar el estado de los objetos de conservación y/o de preservación definidos para cada AMP, aunque dichas actividades están supeditadas a contar con los financiamientos requeridos y se gestionan de acuerdo con las necesidades de cada área. Por otra parte, la evaluación del cumplimiento de los objetivos de creación de una AMP y la necesidad de adaptar su estrategia de gestión, se determinan con base en el estudio del desempeño de estas áreas protegidas. Para

[64] Addison P.F., D.J. Collins, R. Trebilco, S. Howe, N. Bax, P. Hedge, … & A. McQuatters-Gollop. 2017. A new wave of marine evidence-based management: emerging challenges and solutions to transform monitoring, evaluating, and reporting, *ICES Journal of Marine Science* 75(3): 941-952. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx216

[65] Sernapesca. 2015. Tríptico: Red de Reservas Marinas bajo tuición de Sernapesca.

ello, se definen un conjunto de indicadores en los ámbitos biológico, socio-económico y de gobernabilidad (Sernapesca 2021[66]).

En la última edición del presente informe, se destacaba la creación de dos parques marinos, el Parque Marino Archipiélago de Juan Fernández y el Parque Marino Mar de Cabo de Hornos. A partir de su establecimiento se concretó, de forma normativa, el cierre del acceso de la pesca industrial en más de 420 mil km^2. Con ello, se busca proteger zonas de gran biodiversidad, con un alto nivel de endemismo y preservar los ecosistemas de canales y fiordos asociados al Archipiélago Diego Ramírez, los montes submarinos del Paso Drake y los ecosistemas costeros aledaños.

Actualmente, se cuenta con un sistema de áreas marinas y costeras bajo protección oficial que en total abarcan alrededor de 1.500.000 km^2, representando más del 40% de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) nacional (Sernapesca 2022b[67]). Los tipos de AMP que existen en Chile son nueve parques marinos, cinco reservas marinas (**Ver Cuadro 6.2**), diez áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos (AMCP-MU) y no se han designado santuarios de la naturaleza costeros (Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia 2019[68]).

[66] Sernapesca. 2021. Lineamientos de investigación en parques marinos y reservas marinas, y programa de monitoreo de biodiversidad priorizado. Informe Sernapesca, Unidad de Conservación y Biodiversidad.
[67] Sernapesca. 2022b. Guía de parques y Reservas Marinas.
[68] Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. 2019. Informe técnico sobre el desarrollo de directrices para la creación y gestión efectiva de Áreas Marinas Protegidas en Chile.

Cuadro 6.2. Parques y Reservas Marinas bajo la tuición de Sernapesca.

Tipo AMP	Nombre AMP	Localidad	Región	Decreto Supremo de creación
Reserva Marina	La Rinconada	La Rinconada	Antofagasta	522/1997
	Isla Chañaral	Isla Chañaral	Atacama	150/2005
	Islas Choros y Damas	Islas Choros y Damas	Coquimbo	151/2005
	Pullinque	Estero de Quetalmahue	Los Lagos	133/2003
	Putemún	Estero de Castro	Los Lagos	134/2003
Parque Marino	Motu Motiro Hiva	Islas Salas y Gómez	Valparaíso	235/2010
	Nazca-Desventuradas	Islas San Ambrosio y San Félix	Valparaíso	5/2016
	Montes Submarinos Crusoe y Selkirk	Archipiélago de Juan Fernández	Valparaíso	10/2016
	Red de Parques Marinos: "Lobería Selkirk", "El Arenal", "Tierra Blanca" y "El Palillo			
	Mar de Juan Fernández			12/2018
	Francisco Coloane	Isla Carlos III	Magallanes	276/2003
	Islas Diego Ramírez y Paso Drake	Archipiélago Diego Ramírez y el Paso Drake	Magallanes	9/2018

Fuente: Sernapesca

Además de las tipificaciones mencionadas, existen también las figuras de Ecosistemas Marinos Vulnerables y los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO). Los primeros se definen, de acuerdo con estipulado en la Ley 20.657, como unidades naturales conformadas por estructuras geológicas frágiles y poblaciones o comunidades de invertebrados de baja productividad biológica, que ante perturbaciones antrópicas tienen escasa recuperación, pueden ser montes submarinos, fuentes hidrotermales, formaciones coralinas de agua fría o cañones submarinos (SEA 2022[69]). En estos espacios está prohibida la realización de actividades pesqueras con artes, aparejos y otros implementos de pesca que afecten el fondo marino.

En tanto que los ECMPO, corresponden a una figura jurídica creada por la Ley 20.249, en la que se los define como espacios marinos delimitados que buscan preservar el uso consuetudinario de dichos espacios y de los recursos naturales ahí presentes, por parte de las comunidades indígenas vinculadas al borde costero. Los ECMPO son representativos de un importante avance en materia de política indígena a nivel nacional y se les describe como componentes esenciales para el bienestar humano al ser zonas en que se promueve la conservación de la

[69] Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022. Guía metodológica para la descripción de ecosistemas marinos.

biodiversidad y el resguardo de la calidad ambiental de los ecosistemas marino-costeros (Carrasco-Bahamonde 2022[70], Cid & Araos 2022[71]).

En la última edición de este informe, se destacaba el trabajo conjunto desarrollado por Argentina y Chile en la propuesta para la creación de una nueva AMP en la Antártica. Actualmente, y a pesar del liderazgo y de la fuerte colaboración científica de ambas naciones, aún el proceso se encuentra sometido a discusión y no se ha logrado llegar a conceso para adoptar la propuesta (Cárdenas 2020[72]). Al respecto se menciona la problemática derivada de la existencia de barreras políticas que son capaces de interferir en estos procesos, a pesar de contar con buenas prácticas de trabajo científico. En ese sentido, se requiere contar con mayor voluntad política en la designación de las AMP en el Océano Austral (Sylvester & Brooks 2020[73]).

Como se ha mencionado anteriormente, existen diversas las problemáticas derivadas de la gestión de las AMP. Por ejemplo, destacan aspectos como la ubicación geográfica y la extensión de estas áreas como elementos que dificultan su fiscalización y monitoreo (Terram 2018[74]). Con el fin de avanzar en la correcta administración de estas zonas, se ha trabajado en la definición de líneas de investigación y en el establecimiento de un programa de manejo y monitoreo priorizado en función de las necesidades específicas identificadas para cada AMP (Sernapesca 2021 op. cit.).

También existen desafíos que involucran los impactos que pueden generar distintos sectores productivos cuando hay interacción con las AMP. La WWF Chile (2022[75]) realizó un estudio dedicado a evaluar dichas interacciones entre las AMP de la Patagonia chilena y las actividades de minería, pesca industrial y de salmonicultura, dejando en evidencia los efectos negativos que tienen dichas actividades. En el caso de la minería se pueden producir daños sociales y ambientales irreversibles que, tratándose de la Patagonia, pueden surgir a causa

[70] Carrasco-Bahamonde D. 2022. Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios y salmonicultura en Chile. Dilemas en perspectiva histórica. Revista De Historia 1(29): 15-45. https://doi.org/10.29393/RH29-2ECDC10002
[71] Cid D. & F. Araos. 2021. Las contribuciones del Espacio Costero Marino para Pueblos Originarios (ECMPO) al bienestar humano de las comunidades indígenas de Carelmapu, Sur de Chile. CUHSO 31: 250-275. doi: 10.7770/cuhso-v31n2-art2258
[72] Cárdenas C. 2020. La importancia de la protección en la península Antártica: desarrollo y estado de la propuesta de AMP. Nota de prensa: https://www.inach.cl/inach/?p=28980
[73] Sylvester Z.T. & C.M. Brooks. 2020. Protecting Antarctica through Co-production of actionable science: Lessons from the CCAMLR marine protected area process. Marine Policy 111: 103720. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103720
[74] Fundación Terram. 2018. Cartilla: Las Áreas Protegidas de Chile - Estado actual 2018.
[75] WWF Chile. 2022. Interacciones y efectos de principales actividades Industriales en Áreas Marinas Protegidas de la Patagonia Chilena. WWF Chile.

del proyecto a cielo abierto de gran escala Mina Invierno, emplazado en Isla Riesco, en la Región de Magallanes (Armendáriz 2016[76]). En cuanto a la pesca industrial, se ha mencionado la importancia del rol de la fiscalización en prevenir el desarrollo de faenas extractivas dentro de las AMP. En una línea similar, la actividad de salmonicultura genera preocupación ante la cantidad de concesiones que están vigentes y en vías de ser aprobadas dentro de áreas que cuentan con protección oficial, debido a los impactos negativos que ha demostrado tener dicha actividad (Buschmann *et al*. 2006[77], Quiñones *et al*. 2019[78]).

Otro aspecto mencionado en la versión del 2018 del presente capítulo, hacía referencia a la importancia de aprobar la ley para crear el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (OCDE 2016[79]). Pues uno de los beneficios principales de contar con dicho organismo recae en que todas las áreas protegidas marinas y terrestres contarían con la administración directa del Ministerio del Medio Ambiente. Con ello, se busca fortalecer el instrumento de conservación que constituyen estas áreas. Aunque aún no se cuenta con esta ley, ha habido importantes avances en el proceso que permitirá formalizar dicha iniciativa (MMA 2022[80]).

También en la edición anterior del presente informe, se hacía mención a la sugerencia de establecer una AMP que promueva la conservación de los ecosistemas asociados al Sistema de la Corriente de Humboldt. Esta propuesta nace del valor que contiene este sistema en términos de productividad, de complejidad y de las interconexiones que se presentan a lo largo del área de influencia de esta corriente. La creación de un área de protección permitirá preservar el funcionamiento y la integridad de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas costeros asociados a este gran sistema (Aguilera *et al*. 2019[81]).

[76] Armendáriz E.J. 2016. Áreas Naturales Protegidas y Minería en México: Perspectivas y Recomendaciones. Tesis de Doctorado en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/50

[77] Buschmann A.H., V.A. Riquelme, M.C. Hernández-González, D. Varela, J.E. Jiménez, L.A. Henríquez, … & L. Filún. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific, ICES Journal of Marine Science 63(7): 1338–1345. https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.04.021

[78] Quiñones R.A., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto, D. & J. León-Muñoz. 2019. Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. Reviews in Aquaculture 11: 375-402. https://doi.org/10.1111/raq.12337

[79] ODCE. 2016. Evaluaciones de desempeño ambiental: Chile, aspectos destacados.

[80] Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2022. Tras once años de tramitación, Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) finalmente será ley. Nota de prensa: https://mma.gob.cl/tras-once-anos-de-tramitacion-servicio-de-biodiversidad-y-areas-protegidas-sbap-finalmente-sera-ley/

[81] Aguilera M., J. Aburto, L. Bravo, B. Broitman, R. García, C. Gaymer, … & M. Thiel. 2019. Chapter 29 – Chile: Environmental Status and Future Perspectives, World Seas: An Environmental Evaluation (2° Edition). Vol I: Europe, the Americas and West Africa, 673 – 702.

Al respecto, en la actualidad se trabaja de manera articulada, mediante la formulación de un proyecto desarrollado de forma conjunta entre Chile y Perú, con ejecución a cargo de Subpesca y del Viceministerio de Pesca y Acuicultura del Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE). Este proyecto tiene por objeto lograr la provisión sostenible y resiliente de los bienes y servicios de los recursos marinos vivos presentes en el Sistema de la Corriente de Humboldt. Se ha formulado con una duración de cinco años y se focaliza en la zona sur del Perú y norte de Chile. Su implementación será realizada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con cofinanciamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y con apoyo económico de los Estados de ambas naciones (Prensa Subpesca 2022[82]).

6.1.3.5. Comentario sobre libro de Pablo Marquet relativo a "límites de la pesquería"

En el estudio realizado por Marquet *et al*. (2021[83]) se toma como referencia el trabajo de Cole *et al.* (2014[84]) con el fin de establecer un límite global definido para las pesquerías. Los autores definieron a la categoría de clasificación de las pesquerías establecido por la Subpesca entre los años 2012 y 2021, como la variable operacional del límite de las pesquerías nacionales. El límite fijado fue de cero pesquerías nacionales en estado de colapso. A partir de ello, los autores del estudio estiman que Chile ha transgredido ampliamente dicho límite en todos los años analizados, agregando que "la brecha ambiental del país es profunda y demanda urgentemente un replanteamiento del modelo de desarrollo imperante".

Estando de acuerdo en líneas generales con lo propuesto por Marquet y colaboradores, en el sentido de que la base del problema radicaría en parte en el modelo de desarrollo, también existen otras variables, internacionalmente estudiadas, en zonas geográficas con distintos modelos de desarrollo, y sin embargo también participan en el problema que se describe, generando finamente resultados parecidos a la experiencia chilena.

[82] Prensa Subpesca. 2022. Chile y Perú inician acciones conjuntas para una gestión sostenible del Gran Ecosistema Marino de la Corriente Humboldt. Nota de prensa: https://www.subpesca.cl/sitioprensa/614/w3-article-114803.html

[83] Marquet P.A., A. Gaxiola, M.I. Ávila-Thieme, A. Pica-Téllez, S. Vicuña, A. Alaniz, … & L. Menares. 2022. Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile, Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 109 pp.

[84] Cole M.J., R.M. Bailey & M.G. New. 2014. Tracking sustainable development with a national barometer for South Africa using a downscaled "safe and just space" framework. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 111: E4399–E4408. https://doi.org/10.1073/pnas.1400985111

Ateniéndonos a muchos estudios científicos que vienen abordando este tema de la sobreexplotación y agotamiento de los recursos pesqueros desde hace varias décadas, se sabe que la recuperación de las poblaciones marinas sobreexplotadas ha sido lenta, y la mayoría permanecen por debajo de los niveles de biomasa objetivo. Es conocido el hecho de que la resiliencia de las poblaciones sometidas a niveles moderados de sobrepesca ve mejorada su opción de recuperación. Sin embargo, la intensa sobreexplotación prolongada, de un recurso aumenta notablemente la incertidumbre respecto a una posible recuperación. Un ejemplo claro de esto es el colapso de la merluza común en la zona central de Chile en 2004, producto por una parte a la sobreexplotación, pero también al aumento de un depredador natural conocido como calamar (o jibia) (*Dosidicus gigas*).

A pesar de los esfuerzos de las autoridades pesqueras, este recurso después de casi 20 años, no ha mostrado una recuperación saludable, sino solo una muy leve mejora, que lo mantiene en categoría de sobreexplotación, al límite del colapso. Es indudable que aquí hay otra variable que juega fuertemente en contra de la recuperación de la merluza común, y es la captura no reportada, unido a la pesca ilegal (no la de un pescador artesanal determinado sino a organizaciones ilegales bien estructuradas).

Ésta sería la principal fuente de distorsión de los datos de captura de la merluza, y de muchos otros recursos, lo que afecta la estimación de la mortalidad natural, y con ello, las recomendaciones y medidas impuestas para la gestión de la sustentabilidad de las pesquerías.

Es claro que cuando las pesquerías están sujetas a una ordenación adecuada, las poblaciones superan sistemáticamente los niveles objetivo o inician su recuperación. Sin embargo, ello está asociado a reducciones oportunas y decisivas en las tasas de captura, lo que no es fácil establecer por la autoridad política de turno, debido a la fuerte presión de pesca por diferentes sectores. La realidad de las capturas actuales y los bajos niveles de biomasa hacen que la recuperación sea poco probable para la mayoría de las poblaciones agotadas de Chile y del mundo.

Es indudable que la sobreexplotación ha provocado el colapso de muchas de las pesquerías del mundo (Pedersen *et al.* 2017[85]), en donde la mayoría de ellas no se

[85] Pedersen E; P. Thompson; R. Ball, et al. 2017. Signatures of the collapse and incipient recovery of an overexploited marine ecosystem. R. Soc. open sci. 4: 170215. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.170215.

ha logrado recuperar, y aquellas que lo han conseguido, ha sido principalmente debido a fuertes reducciones en la presión de pesca Neubauer 2014[86]).

6.1.3.6. Conclusiones

A nivel planetario, el estudio del estado de las pesquerías da cuenta de que estos recursos mantienen la disminución observada en años previos. Esta baja se relaciona a factores tales como: la pesca excesiva, el manejo pesquero deficiente, la contaminación, entre otros. Sin embargo, a partir del análisis de la composición de los desembarques, se concluye que la proporción de poblaciones de peces que se encuentran en niveles biológicamente sostenibles ha aumentado entre los años 2017 y 2019 (FAO 2022[87]).

En Chile, la definición del estado de situación de 28 unidades de pesquería, establecido por la Subpesca (2022 Op. cit), establece que hay 3 subexplotadas, 9 en Plena Explotación, 10 Sobreexplotadas y 6 en un estado de Agotamiento o de Colapso. Ello implica que hasta el año 2021, el 57% de los recursos pesqueros nacionales presentan una situación muy delicada, pues se los ha asociado a un estado de Agotamiento o de Sobreexplotación, los cuales son indicativos de que sus niveles de biomasa son menores al valor correspondiente al RMS y que dichas pesquerías han dejado de ser sustentables.

Además, hay 17 recursos que conforman pesquerías de acceso cerrado, en las que no se tiene la información necesaria para determinar su situación, pues no se han podido establecer los puntos biológicos de referencia, por ello, a estos recursos se les ha incluido en la categoría de Plena Explotación, medida que es más bien de corte administrativo que científica. Sin embargo, es probable que varios de estos 17 recursos se encuentren ya, al menos, en la categoría de Sobreexplotados.

Por otra parte, es importante destacar que los recursos anchoveta, camarón nailon y langostino amarillo, cuentan con un estado más favorable en comparación con la situación presentada en años anteriores. Además, la Subpesca señala que hay indicadores de desempeño de las pesquerías que manifiestan signos de recuperación.

[86] Neubauer et al. 2013. Resilience and Recovery of Overexploited Marine Populations**.** Science VOL 340. Págs. 347-349.

[87] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461en

Tanto la FAO, como la Subpesca (2022 Op. cit.) asocian la ocurrencia de estos cambios favorables a la gestión del manejo pesquero. Así, se señala que la ordenación pesquera eficaz tiene la capacidad de recuperar satisfactoriamente las poblaciones de los recursos pesqueros y es esencial para restaurar los ecosistemas y velar por que el estado de estos sea saludable y productivo.

En los últimos años de registro de datos (2020 a 2021), se aprecia un leve aumento en los desembarques de algunas especies, influido probablemente por la pausa de extracción pesquera debida a la pandemia, lo que habría permitido una recuperación parcial del recurso. El leve ascenso de la curva es claro en recursos tales como "loco", "macha" y "Bacalao". Esta pausa pesquera obligada, durante casi 20 meses en Chile, resultó como un experimento soñado, que posibilita conocer la resiliencia de estos recursos cuando no hay presión de pesca sobre ellos. Esta positiva resiliencia observada en algunos recursos, permite abrigar ciertas esperanzas de que podemos recuperar algunos de ellos, si somos rigurosos en no permitir sobreexplotación, en respetar las vedas biológicas reproductivas, y en fiscalizar adecuadamente la pesca ilegal organizada.

6.1.4. Estado de la contaminación de los ecosistemas marinos y del borde costero

6.1.4.1. Normativa Nacional e Internacional Aplicable a la Realidad Nacional

De acuerdo a la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente de Chile, modificada por la Ley 21455 del 13 de junio de 2022, se define "contaminación", como *la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente*. Adicionalmente, el D.S. Nº 40/2013 "Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental", en su Artículo 11, se hace cargo de la posible falta de normas de referencia nacional, y establece que en su ausencia, se podrán utilizar como referencia normas de calidad ambiental y de emisión vigentes en otros estados, como la República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América, Nueva Zelandia, Reino de los Países Bajos, República Italiana, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. No obstante, debe hacerse hincapié que el mismo D.S. Nº 40/2013 establece que "*Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea* ***similitud en sus componentes ambientales****, con la situación nacional y/o local, lo que será justificado razonablemente por el proponente*".

Se deduce de lo anterior, que para determinar si una sustancia es o no contaminante en Chile, debemos contar con alguna legislación vigente, nacional o internacional. Por tanto, para determinar el estado de la calidad de las distintas matrices ambientales marinas respecto a los metales pesados y a otros parámetros adicionales, es necesario considerar qué normativas vigentes nacionales o internacionales se encuentran disponibles para aguas y sedimentos marinos, o determinar qué criterios se aplican en distintos países desarrollados, ya sea a través de directrices o en su defecto, en normas de calidad para un determinado indicador ambiental.

En nuestro país, la calidad ambiental primaria o secundaria que poseen los cuerpos de agua marinos no se encuentra regulada en algún instrumento reglamentario oficial. Sólo se cuenta con el D.S. Nº 144/2009 "Normas de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas y Estuarinas Aptas para Actividades de Recreación con Contacto Directo", promulgado por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia el 30 de diciembre del 2008 y publicado en el Diario Oficial el 07 de abril del 2009 (D.S. (MINSEGPRES) N° 144/2009). Éste dirige sus objetivos a establecer la calidad de un cuerpo de agua cuando ha sido monitoreado en varias ocasiones. Su propósito general es la protección de la calidad de las aguas marinas y estuarinas, de manera de salvaguardar la salud de las personas. Las normas primarias "anuales" de calidad ambiental para cada uno de los compuestos o elementos presentes en aguas marinas y estuarinas que se utilicen para actividades de recreación con contacto directo se indican en el **Cuadro 6.3**.

Cuadro 6.3. Valores anuales de calidad primaria para aguas destinada a uso recreativo con contacto directo.

Indicador	Unidad	Percentil	Estándar
Color	Escala Pt-Co	80	100
pH	Unidad de pH	95	6,0 – 8,5 (1)
Cianuro	mg/L	95	0,77
Arsénico	mg/L	95	0,11
Cadmio	mg/L	95	0,033
Cromo	mg/L	95	0,55
Mercurio	mg/L	95	0,011
Plomo	mg/L	95	0,11
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	100	1.000

Fuente: D.S. (SEGPRES) Nº 144/2009. El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

Es necesario aclarar que, en muchas ocasiones, estudios de línea de base ambiental marina o programas de vigilancia ambiental, comparan los resultados obtenidos en las aguas con el NCh1333. Of78 modificada en 1987 "Requisitos de calidad del agua para diferentes usos"; no obstante, esta aplica, tal cual se indica

en capítulo 8. Requisitos para aguas destinadas a vida acuática, acápite 8.1, solo para aguas dulces.

Otro aspecto puntual que los últimos años ha tomado gran relevancia en Chile, se relaciona con el funcionamiento de las plantas desalinizadoras. Debido a que la gran mayoría de las plantas desalinizadoras en Chile funcionan haciendo uso del proceso de osmosis inversa, lo que se genera finalmente de dicho tratamiento de las aguas, es una salmuera, que contiene, aproximadamente, entre un 45-50% más de sales que las aguas catadas para desalinizar. En dicho contexto, el actual D.S. Nº 90/2001 "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. 2001. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República", no considera dentro de los parámetros de descarga la salinidad. A falta de normativa específica nacional, en noviembre de 2021 la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de la Armada de Chile (DIRECTEMAR) elaboró una "Guía para la Evaluación Ambiental de Proyectos Industriales de Desalación en Jurisdicción de la Autoridad Marítima". Si bien esta Guía establece qué parámetros deben ser analizados en aguas, sedimentos y tejidos de organismos vivos, no establece límites máximos o mínimos a cumplir No obstante, en el contexto de los modelamientos de la descarga de salmuera al mar, cita algunas guías o normativas internacionales a considerar, siendo la más referenciada en estudios de línea de base marina de los estudios o declaraciones de impacto ambiental nacional, la "Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters" (ANZECC 1992), de Australia, que establece como estándar ambiental aceptable un incremento no mayor al 5% de la salinidad base en el medio marino receptor. Cabe mencionar, sin embargo, que en la actualidad esta normativa australiana de 1992, ha sido reemplazada por una del año 2000, pero la autoridad chilena no la ha actualizado y sigue recomendando la versión más antigua.

En tanto, actualmente nuestro país no dispone de regulaciones ambientales que establezcan límites mínimos y/o máximos de concentración para sustancias químicas en sedimentos marinos. Considerando lo estipulado en el D.S. Nº 40/2013 en su Artículo 11, existe una variada gama de directrices o regulaciones ambientales extranjeras aplicables a la calidad secundaria de sedimentos marinos (y aguas, la mayoría de ellas basadas en niveles o contenidos de sustancias químicas (criterio de concentración). Asimismo, se han generado criterios de calidad en base a estudios de ecotoxicidad (bioensayos) en la biota marina

(criterio de exposición). Dichos criterios no representan una norma primaria de valores máximos permitidos para los sedimentos marinos, si no que se utilizan como guía para las autoridades que deben tomar decisiones en cuanto a la remoción, dispersión o disposición de dichos sedimentos, ya que indican la posible toxicidad para los organismos marinos bentónicos.

Para esta revisión, se han considerado guías internacionales para los metales pesados y para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y los Bifenilos Policlorados (PCB). Los valores considerados han sido los TEL y PEL de la normativa de Canadá. El valor TEL (*Threshold Effect Level*) o Nivel de Efecto Umbral, representa la concentración por debajo de la cual no se espera que ocurran efectos biológicos adversos. También estos valores se conocen como valores ISQG (por sus siglas en inglés, *Interim Sediment Quality Guideline*) o Guía Provisional de Calidad del Sedimento de Canadá. En tanto, el Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés, *Probable Effect Level*), es la concentración sobre la cual aparecen con frecuencia efectos biológicos adversos. Buchman (2008) recopiló estas guías en el *Screening Quick Reference Tables* de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

En el **Cuadro 6.4** se indican los límites mínimos (TEL) y máximo (PEL) del criterio ambiental aplicado. Adicionalmente, de modo comparativo se han adicionado también los criterios para los contenidos de Fósforo Total, Nitrógeno Total y Materia Orgánica Total en sedimentos marinos, de acuerdo a Persaud *et al.* (1993[88]).

Para los fines comparativos de la evolución de los niveles de metales traza en sedimentos que se discutirán en los siguientes párrafos, se considera el valor PEL dado que refleja la concentración sobre la cual aparecen frecuentemente efectos biológicos adversos.

También, a modo comparativo, complementariamente en el **Cuadro 6.5**, se entregan los valores referenciales de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA, por sus siglas en inglés *United States Environmental Protection Agency*), para aguas marinas, actualizados al 2016, de acuerdo a la National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table (https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-

[88] Persaud, D. Jaagumagi, R. & A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report.

quality-criteria-aquatic-life-criteria-table). La USEPA considera los valores CMC ("Criterion Maximum Concentration") y CCC ("Criterion Continuous Concentration"). El primer valor correspondería a la toxicidad aguda (CMC) y el segundo a la crónica (CMC).

Cuadro 6.4. Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de sedimentos marinos. Concentraciones en mg/kg.

Parámetros	**TEL**	**PEL**
Cadmio (1)	0,68	4,21
Cromo Total (1)	52,3	160
Cobre (1)	18,7	108
Mercurio (1)	0,13	0,7
Plomo (1)	30,24	112
Zinc (1)	124	271
HAP (1) (2)	1,684	16,77
PCB	0,0216	0,189
Fósforo Total (3)	600	
Nitrógeno Total (3)	550	
Materia Orgánica Total (MOT) (3) (4)	1,724	

(1) Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoriation Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.
(2) Suma de HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) de alto y bajo peso molecular.
(3) Persaud, D. Jaagumagi, R. & A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report.
(4) El valor de MOT es expresado en la normativa canadiense en forma de Carbono Orgánico Total (%). Considerando la conversión de %MOT = %C*1,724 (Hernández *et al.,* 2008), se obtuvo el valor referencial de MOT.

Cuadro 6.5. Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de aguas marinas. Concentraciones en µg/L (ppb) (1).

Parámetros	**CMC**	**CCC**
Cadmio	40	8,8
Cromo Total (Cr^{+3} + Cr^{+6})	11.400	77,4
Cobre	4,8	3,1
Mercurio	1,8	0,94
Plomo	210	8,1
Zinc	90	81
HAP (1)	300	-
PCB (1)	0,033	0,03

(1) Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoriation Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

Para los fines comparativos de la evolución de los niveles de metales traza en aguas en el litoral nacional, se utilizará el valor CMC, pues constituye un reflejo de la toxicidad crónica a la que se verían sometidos los organismos marinos. Debe recordarse que la toxicidad "crónica" se refiere a los efectos producidos por una exposición prolongada (semanas a meses) a una sustancia, generalmente a dosis inferiores a las necesarias para causar una intoxicación aguda.

Finalmente, cabe mencionar, por una parte, la Autoridad Marítima ha publicado el 09 de noviembre de 2021, la "Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Lineamientos Oceanográficos para Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos que contemplen Descargas de Residuos Líquidos Industriales en Jurisdicción de la

autoridad Marítima", mientras que en el mismo mes el Departamento de Protección del Medio Ambiente Acuático, Respuesta a la Contaminación y Cambio Climático de la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático de DIRECTEMAR sacó a la luz la "Guía para el Modelado de la Hidrodinámica y del Proceso de Mezcla de Descargas Salinas y Térmicas Asociadas a Proyectos de Plantas Termoeléctricas y Desalinizadoras". Finalmente, en agosto de 2002, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) de Chile ha publicado la "Guía Metodológica para la Descripción de Ecosistemas Marinos". Ninguna de las Guías antes mencionadas hace mención a límites de descarga de parámetros físico-químicos o microbiológicos, a excepción de la Guía para el Modelado de la Hidrodinámica, que cita también la normativa australiana.

6.1.4.2. Contaminación por metales traza

Los **metales pesados conforman** un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Todos ellos, en general, exhiben características químicas semejantes: un mismo estado de oxidación (generalmente cationes bivalentes), igual distribución electrónica de las capas externas (metales de transición) y pesos atómicos comprendidos entre 63,55 y 200,59 g mol^{-1} (Ahumada 1994[89]). Estos elementos son constituyentes naturales del agua de mar y se encuentran en bajas concentraciones por lo que son conocidos como oligoelementos o **elementos traza**, concentraciones de µg L^{-1}, esto es 10^{-9} o partes por billón en la nomenclatura anglosajona (Paredes, 1998[90]; Harrison *et al*., 1980[91]; Quilodrán, 2002). Como ocurre con muchos otros elementos químicos, se hallan presentes bajo formas químicas diversas, resultantes de los equilibrios entre los mismos iones metálicos y los aniones, los cationes y las moléculas orgánicas presentes en el agua de mar. De acuerdo a Ahumada *et al.* (2006), el ingreso de metales al mar se establece vía aguas fluviales, atmósfera o transporte advectivo de las aguas y alcanza un equilibrio entre los procesos de sedimentación, incorporación a los organismos y advección/difusión. La dinámica de los metales en las aguas, en términos de advección/difusión y transferencia de metales disueltos o particulados a diferentes matrices es rápida, lo que hace difícil pesquisar problemas de contaminación en el agua y sólo es posible apreciar cambios en pequeñas escalas espaciales con algún tipo de gradiente.

[89] Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración y bioacumulación de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb y Zn) en tejidos de organismos bénticos de bahía San Vicente. Revista de Biología Marina. Valparaíso. 29(1): 2-18.
[90] Paredes, M. T. 1998. Determinación de metales pesados en dos especies de Bivalvos del estuario de Valdivia y la Bahía de Corral (X región) mediante análisis electrotérmico. Tesis, Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, 52 pp.
[91] Harrison, P. & R. Hoare. 1980. Metals in Biochemistry, Chapman an Hall, London, Chap. 1.

No obstante, dada la relación entre los metales traza y los sedimentos, estos últimos pueden usarse como registro de la evolución histórica de la contaminación de un sistema dado, ya que los sedimentos reflejan las condiciones químicas de las masas de agua sobre ellos (Ryan & Windom 1988[92], Valette-Silver 1993[93]).

Muchas resultan ser las posibles fuentes de metales pesados a las aguas y sedimentos marinos, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico a partir de los minerales que, por causas de erosión, lluvias, etc. son arrastradas al agua. No obstante, actualmente la mayor concentración es de origen antropogénico, es decir, debido a la actividad humana. La minería, los procesos industriales, los residuos domésticos son fuente importante de contaminación, que aportan metales al aire, a las aguas marinas y finalmente a los sedimentos marinos, que se constituyen en el depósito final de las sustancias introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos.

Los metales pesados pueden dividirse, desde el punto de vista cualitativo, en **esenciales** y **no esenciales**. Los primeros comprenden el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cromo ®, manganeso (Mn), níquel (Ni) y cobalto (Co); los organismos los necesitan en cantidades mínimas y se hallan implicados en múltiples funciones biológicas como constituyentes esenciales de muchas enzimas. Existen valores de concentración intracelular óptimos por debajo de los cuales los organismos mueren; no obstante, una concentración excesiva de dichos iones puede llegar a ser tóxico (Cognetti *et al.* 2001[94]). Elementos como Hg, Cd y Pb no presentan ninguna función biológica que hasta el presente se haya identificado y, por lo tanto, se definen como no esenciales. Pueden ser tolerados por los organismos en determinadas concentraciones, por encima de las cuales se tornan tóxicos.

En dicho contexto, resulta esencial determinar cómo ha evolucionado en el tiempo la condición de las aguas y sedimentos marino respecto a los metales pesados a nivel nacional, se ha considerado la información entregada por el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), que lleva a cabo la Dirección del Territorio y Marina Mercante (DIRECTEMAR,). La información

[92] Ryan, J. & Windom, H. 1988. A geochemical and statistical approach for assessing metal pollution in coastal sediments. *In* V. Seeliger, L. de Lacerda & S. Patchinelam (Eds.). Metals in Coastal Environments of Latin America. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 567 pp.

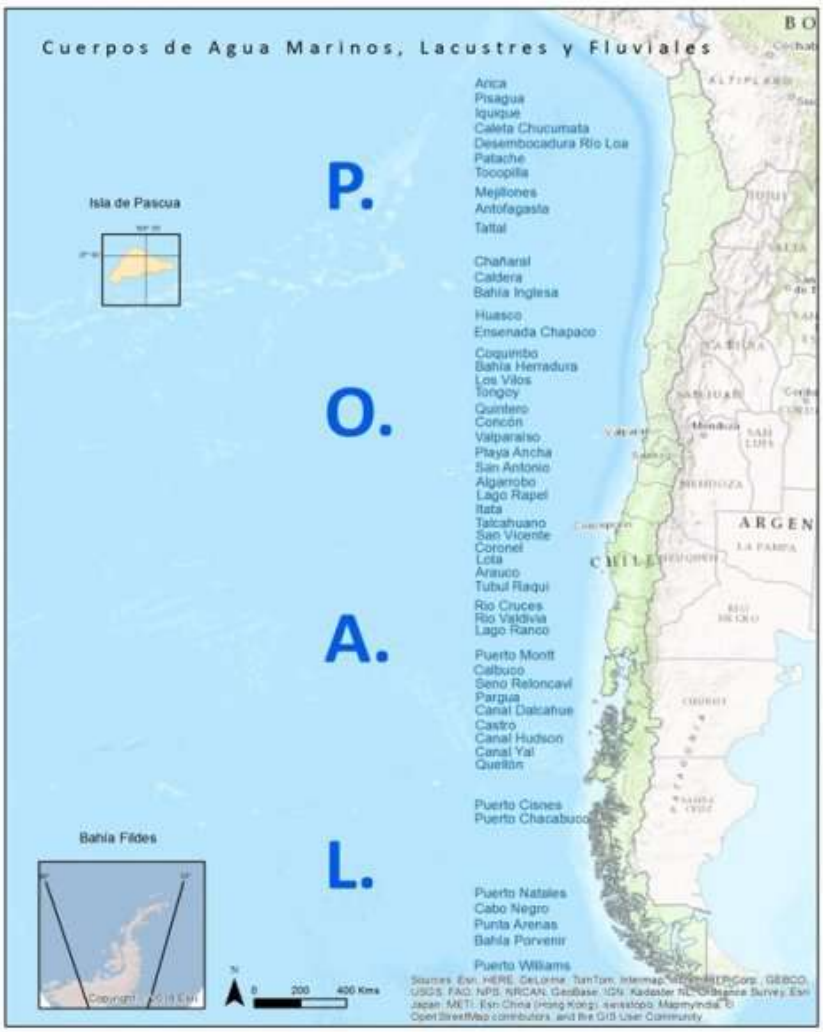
[93] Valette-Silver, N. 1993. The use of sediment cores to reconstruct historical trends in contamination of estuarine and coastal sediments. Estuaries 16: 577-588.

[94] Cognetti, G, M. Sarà & G Magazzú G. 2001. Biología Marina. 1era Ed. Editorial Ariel S.A. Barcelona, España. 619 p.

disponible en la actualidad considera hasta el año 2021. Debe hacerse notar que desde el año 2015, el POAL eliminó dentro de los parámetros de seguimiento en aguas y sedimentos marinos, el cromo y el zinc, por lo que han sido omitidos en esta recopilación. Por otra parte, para el caso de los sedimentos, no se reportan datos para los años 2018 y 2020, y en algunos casos, para período 2017 a 2021, solo se cuenta con información para los años 2017 y 2021 (Arica), 2017 y 2019 (Iquique) y 2019 y 2021 (Valparaíso).

El POAL fue elaborado para monitorear las fluctuaciones anuales de los niveles de concentración de los principales componentes de desechos domésticos, industriales, de hidrocarburos de petróleo y compuestos orgánicos persistentes (COP's) en las bahías, lagos y ríos sometidos a la jurisdicción de la DIRECTEMAR (**Ver Figura 6.4**).

Figura 6.4. Cuerpos de agua monitoreados en POAL.



Este programa se focaliza principalmente en aquellos cuerpos de agua más usados o intervenidos en Chile considerando los efectos potenciales de dos grandes factores: las descargas de las actividades que se desarrollan en el entorno terrestre del cuerpo de agua (industrias, establecimientos de servicios sanitarios, etc.) y en los impactos producidos por las principales actividades que se llevan a cabo en el cuerpo de agua mismo (tales como pesca, acuicultura, balneario, navegación, etc.).

En las **Figuras 6.5 y 6.6** se puede observar cómo han evolucionado las concentraciones de cadmio en las aguas y sedimentos marinos a nivel nacional, respectivamente. Claramente la situación se ha mantenido en los últimos años (período 2018-2021). En todas las regiones en este último período los contenidos se cadmio se hallan bajo el límite de detección (LD) analítico (0,5 µg/L), valor menor al límite de calidad ambiental del **Cuadro 6.5** (valor crónico de 8,8 µg/L). La condición de los sedimentos también muestra una mejor condición. Sólo a modo comparativo, el promedio de todo el país en el período 2011-2014 fue de 1,06 mg/kg, en el período 2011-2014 fue de sólo 0,690 mg/kg y entre el 2018-2021 fue de 0,420 mg/kg, disminución de alrededor de un 39,13 %, y que se encuentra muy por debajo del límite establecido en el **Cuadro 6.4** (valor PEL 4,21 mg/kg). Esta situación se repite en cada una de las regiones del país.

Figura 6.5. Concentraciones de cadmio en las aguas marinas.

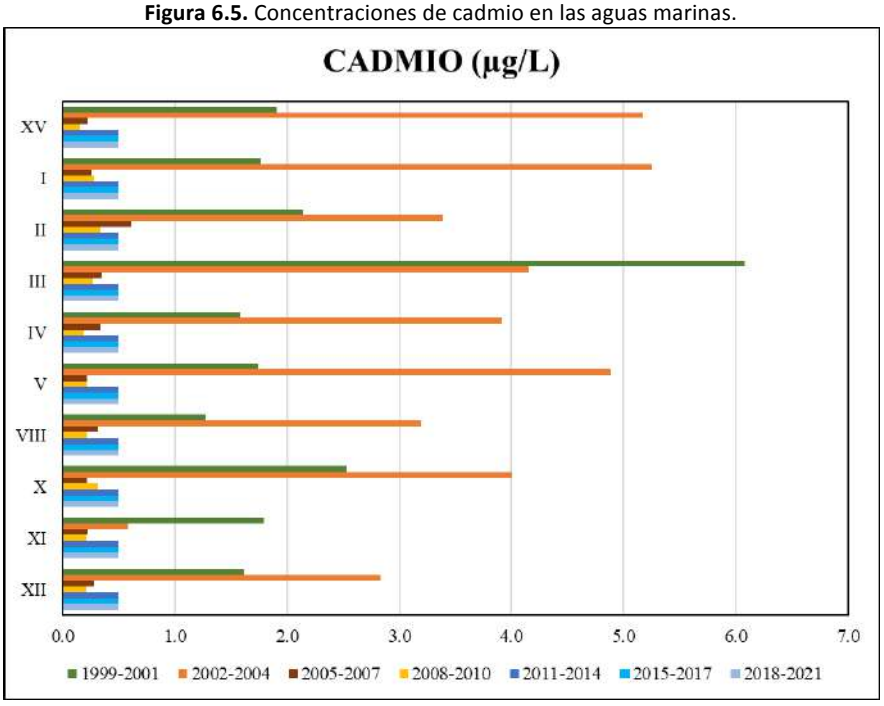
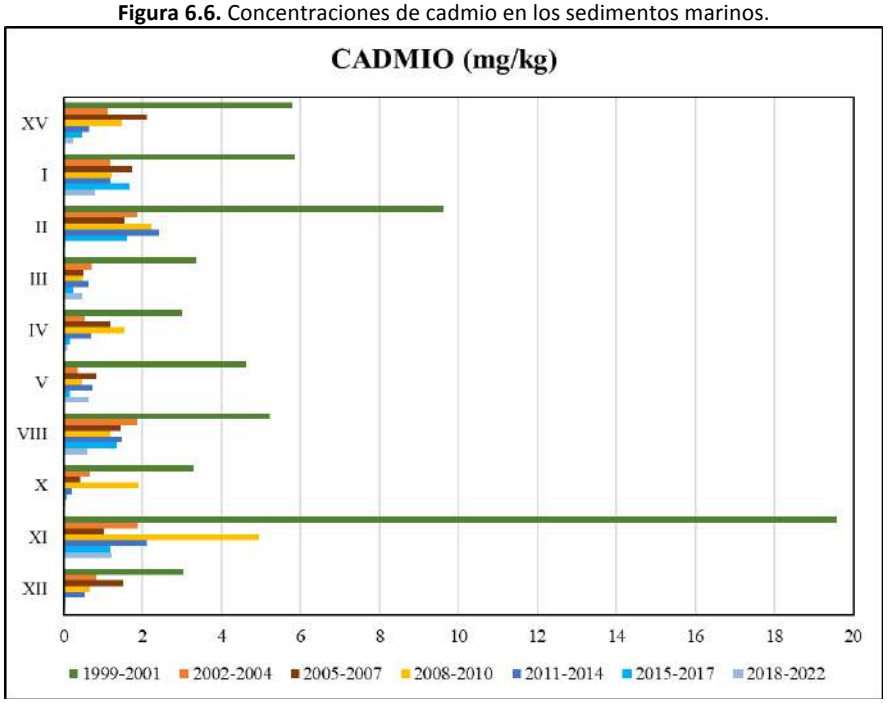


Figura 6.6. Concentraciones de cadmio en los sedimentos marinos.



El cobre, en tanto, ha presentado durante todos los períodos analizados, contenidos por sobre el límite de detección a nivel nacional, tanto en las aguas (**Ver Figura 6.7**) como en los sedimentos (**Ver Figura 6.8**). Esto no es de extrañar, dada la naturaleza eminentemente cuprífera del país. Específicamente en las aguas los niveles de cobre promedio del período 2018-2021 es el menor registrado desde que se lleva a cabo el POAL, alcanzado los 1,43 µg/L. Nótese que en los últimos 4 períodos los valores promedio nacionales fueron de: 1999-2001: 38,03 µg/L, 2008-2010: 2,28 µg/L, 2011-2014: 3,84 µg/L y 2005-2017: 1,70 µg/L. El valor promedio nacional actual es menor al criterio ambiental sugerido (3,1 µg/L), valor que sólo se supera en la Región de Arica y Parinacota (XV Región, 5,00 µg/L). Los esfuerzos nacionales en la gestión ambiental para disminuir estos contenidos de cobre, por tanto, han surtido efecto. Probablemente, arte de ellos son reflejo de las condiciones orográficas propias del norte de Chile (Rumea & Didar-Ul Islamb, 2020[95]).

Los contenidos de cobre en los sedimentos presentaron una situación distinta a la descrita para las aguas. El valor promedio nacional de cobre en los sedimentos del actual período 2018-2021 alcanzó los 80,5 mg/kg, un 23,31 % más de lo registrado en el lapso 2015-2017 65,2 mg/kg. No obstante, sigue estando muy lejos de los 130,1 mg/kg informados entre 2011-2014, o de los 10.179 mg/kg registrados

[95] Tanjena R. & S.M. Didar-Ul Islamb. 2020. Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability. Heliyon 6(9): e04965. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04965.

entre 1999-2001, o los informados entre 2005-2007: 9.577 mg/kg promedio nacional. La distribución de los contenidos de cobre en los sedimentos, en tanto, da cuenta del efecto acumulativo de las actividades de las mineras en el norte de Chile: la Región de Antofagasta presentó uno de los valores promedio más altos con 157,43 mg/kg, aunque esta concentración resultó similar a la registrada entre los años 2015-2017: 158,67 mg/kg. Otro aspecto relevante a destacar es que el contenido promedio para la V Región de Valparaíso aumento un 193,8 %, alcanzado los 194,98 mg/kg en los sedimentos, respecto a los 66,36 mg/kg del período 2015-2017. Este valor de la Región de Valparaíso superaría el criterio ambiental recomendado (108 mg/kg), situación que también se repetía en la Región de Antofagasta (157,43 mg/kg) y en la Región de Coquimbo (138,49 mg/kg).

Figura 6.7. Concentraciones de cobre en las aguas marinas.

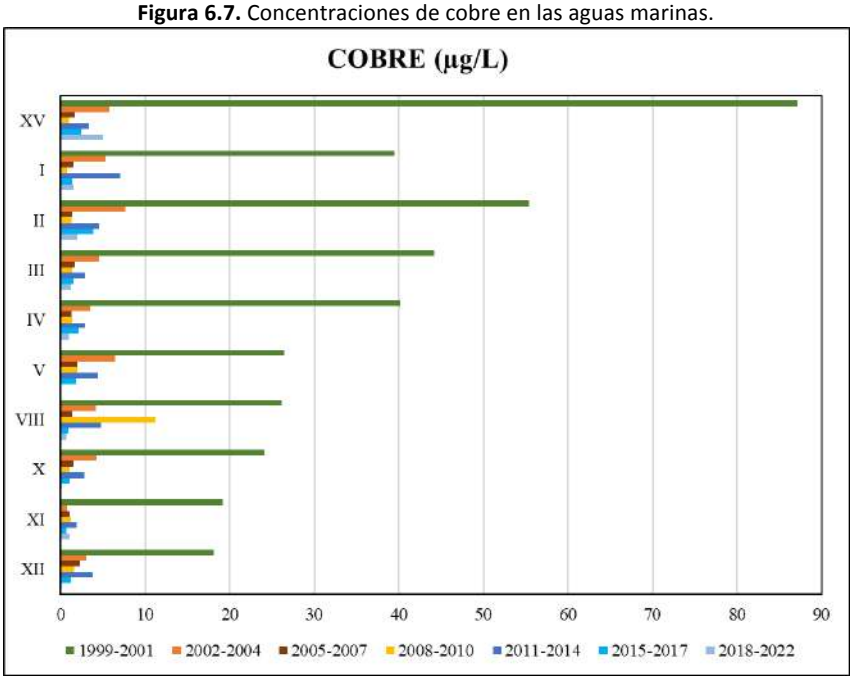
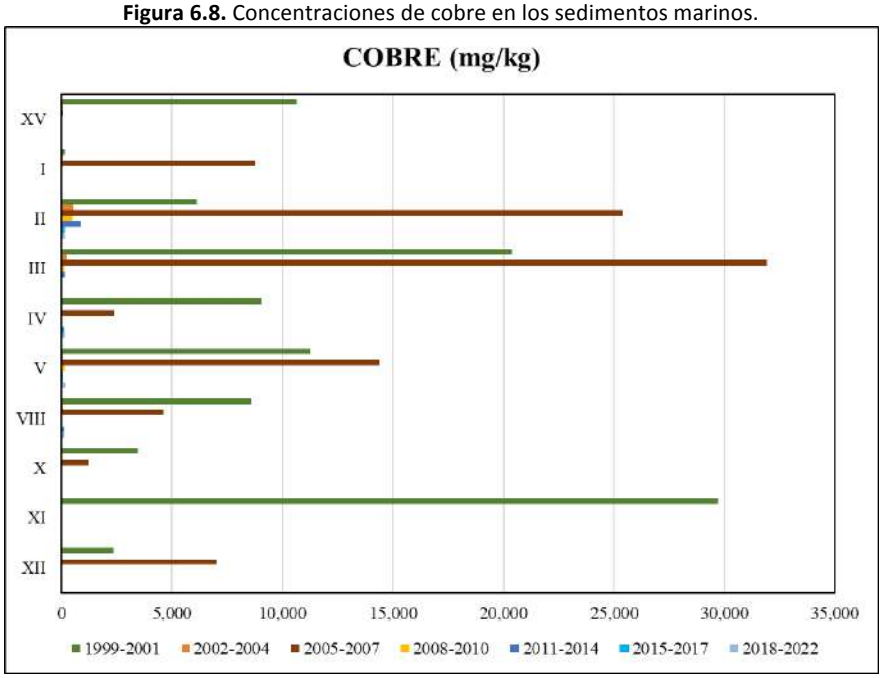


Figura 6.8. Concentraciones de cobre en los sedimentos marinos.



Respecto a los contenidos de mercurio en las aguas marinas, se han mantenido bajos en los últimos años, hallándose inferiores el límite de detección (LD) en el período 2018-2021 (0,00025 µg/L), situación que se han mantenido respecto a los períodos 2015-2017, 2011-2014 y 2002-2010 (**Ver Figura 6.9**). El único período en que se registraron valores por sobre el LD fue el de 1999-2001, 0,391 µg/L en la XII Región a 0,855 µg/L en la V Región. En la actualidad todos los valores registrados por el POAL en las aguas marinas nacionales dan cuenta de contenidos inferiores a 0,00025 µg/L (límite de detección analítica). Por lo anterior, claramente las concentraciones de mercurio en las aguas a nivel nacional se hallan bajo el criterio de calidad establecido a nivel internacional (0,94 µg/L).

En los sedimentos el mercurio (**Ver Figura 6.10**) ha fluctuado a través de los años, registrándose en algunos períodos anteriores contenidos superiores al criterio ambiental propuesto (0,94 mg/kg). Es el caso de los períodos 1999-2001, 2008-2010 y 2015-2017 en la II Región (1,58 mg/kg, 1,69 mg/kg y 1,210 mg/kg, respectivamente), y la XV Región en el período 2005-2007: 1,58 mg/kg. En los últimos 4 años (2018-2021) el promedio nacional fue de 0,269 mg/kg, mayor a los 0,189 mg/kg registrado entre los años 2015-2017 (0,116 mg/kg); no obstante, se encuentra bajo el criterio ambiental internacional, lo que da cuenta de la mantención de la condición de los sedimentos marinos para el mercurio, situación que se reitera en todas las regiones, a excepción de la Región de Arica y Parinacota (XV Región), donde se alcanzó un valor promedio entre 2018-2021, de 1,679 mg/kg, un 78,6 % superior al criterio ambiental propuesto (0,94 mg/kg).

Figura 6.9. Concentraciones de mercurio en las aguas marinas.

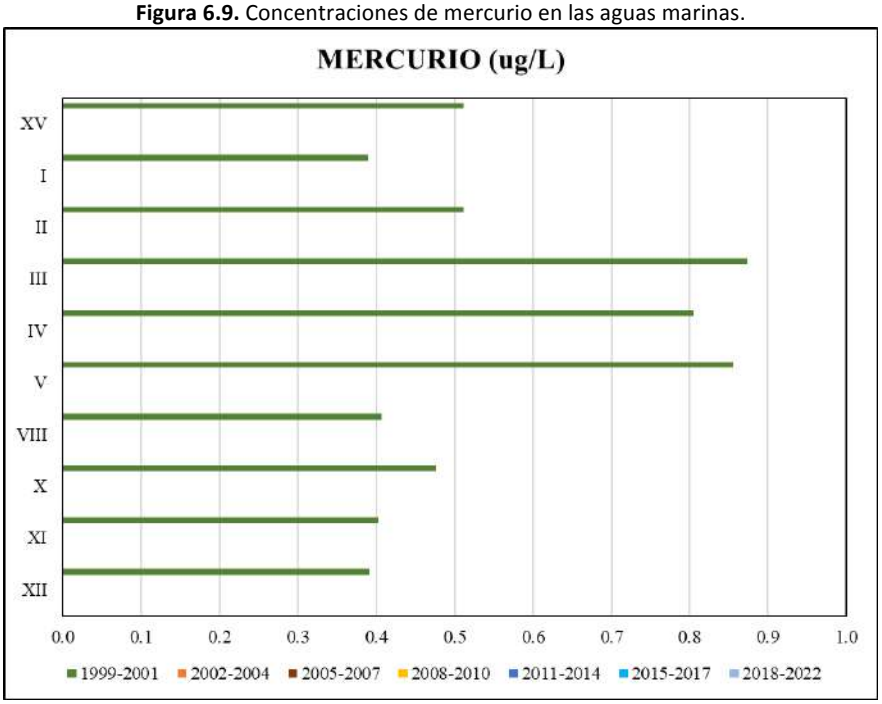
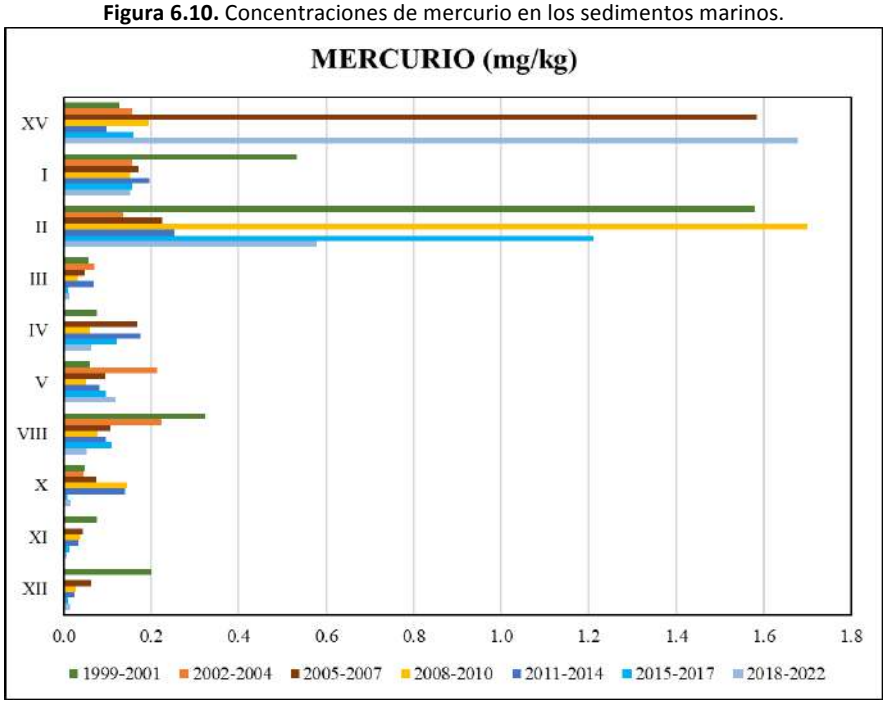


Figura 6.10. Concentraciones de mercurio en los sedimentos marinos.



Los contenidos de plomo en las aguas marinas, en tanto, han mostrada una clara disminución a través de los años (**Ver Figura 6.11**). En la actualidad, el límite de detección analítica ha bajado, por lo que el promedio de plomo en las aguas marinas de los años 2018-2021 (0,566 µg/L) es menor al límite de detección analítico de los períodos anteriores (1,25 µg/L). No obstante, los valores han bajado en el transcurso de los años: nótese, por ejemplo, que en el período 1999-

2001, el contenido promedio nacional fue de 4,27 µg/L, mientras que en el período 2008-2010 fue de 0,67 µg/L, disminuyendo en los períodos posteriores. Esto último indica que en la actualidad las aguas marinas del litoral nacional presentan contenidos de plomo bajo el criterio ambiental propuesto (**Cuadro 6.5**).

La situación de los sedimentos resulta, por su parte, también mostró una disminución del promedio entre los años 2018-2021 (**Ver Figura 6.12**). En la actualidad la concentración promedio nacional se halló en 19,58 mg/kg, un 12,4 % menor al registrado entre 2015-2017. 22,36 mg/kg. Esta mejora se aprecia en todas las regiones, donde los promedios regionales (y por tanto el promedio nacional) de plomo en sedimentos, se encuentran por debajo del límite ambiental internacional sugerido (**Cuadro 6.4**, PEL: 112 mg/kg), por lo que no revestirían peligro para los organismos marinos que habitan esos fondos oceánicos.

Figura 6.11. Concentraciones de plomo en las aguas marinas.

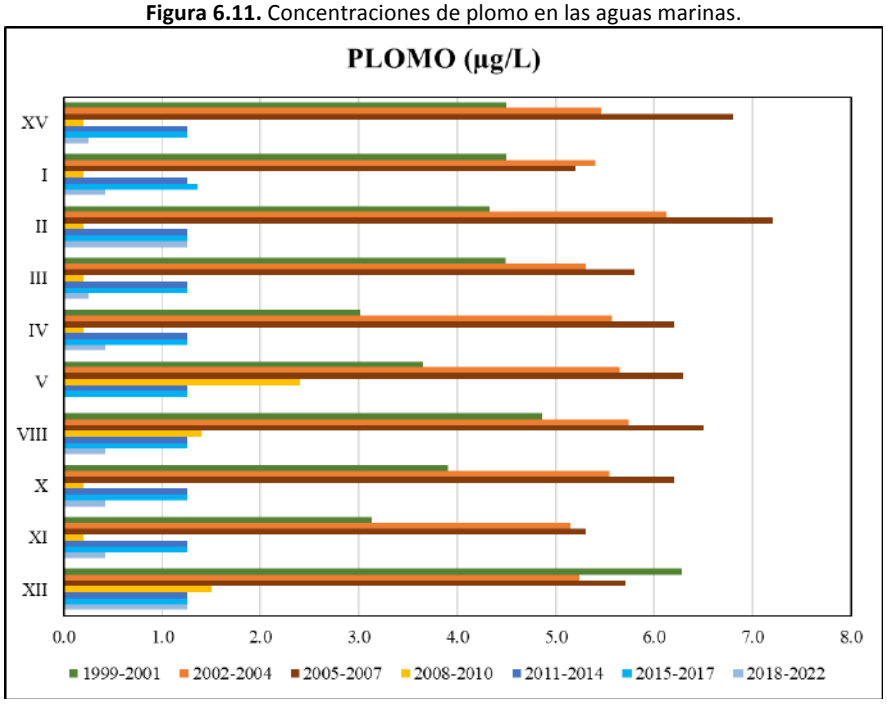
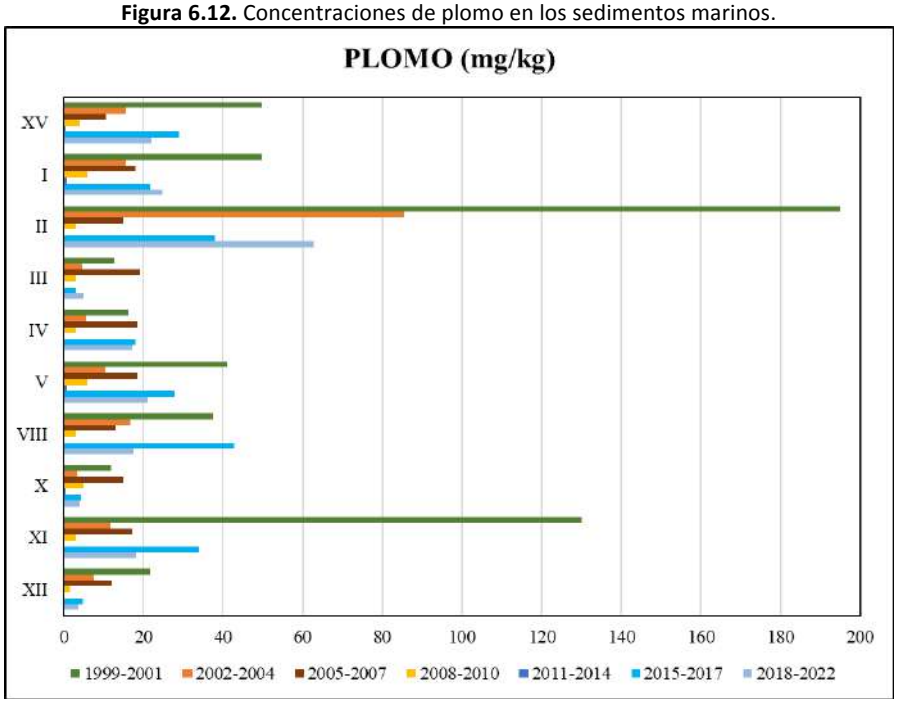


Figura 6.12. Concentraciones de plomo en los sedimentos marinos.



6.1.4.3. Contaminación por materia orgánica, nitrógeno y fósforo total

La materia orgánica es aquella que se encuentra conformada por moléculas orgánicas resultantes de los seres vivos y la podemos hallar en los animales y vegetales, en los organismos muertos y en los restos de alimentos. En su generalidad, la molécula orgánica está compuesta de carbono y forma enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno; en algunos casos también pueden contener nitrógeno, azufre, fósforo, oxígeno, entre otros. La distribución de la materia orgánica en el mar es la resultante del gradiente de productividad biológica existente en la columna de agua, y de un ambiente de fondo que puede favorecer la preservación de sustancias orgánicas, debido a su baja concentración de oxígeno disuelto. Adicionalmente, como consecuencia secundaria, la actividad antrópica puede generar aportes de materia orgánica, y de los nutrientes fósforo y nitrógeno. De especial relevancia resulta esto en las regiones del sur de Chile donde la actividad de la acuicultura es muy importante. Aquí, esta actividad puede conllevar un incremento en el ingreso de materia orgánica al sedimento, debido principalmente al alimento no consumido y fecas que ella produce. En tanto, en regiones con alta actividad pesquera y mal sistema de tratamiento de aguas residuales, puede igualmente generar un aumento de nutrientes y materia orgánica a los sedimentos.

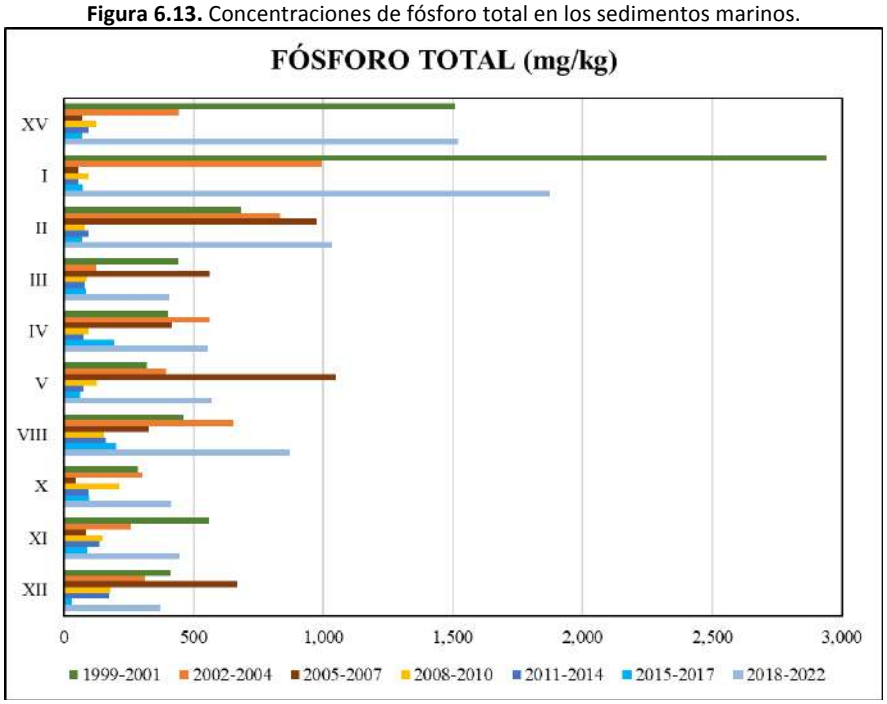
En este contexto, en la **Figura 6.13** pueden visualizarse los contenidos de fósforo total en los sedimentos marinos a nivel nacional. Se puede apreciar que desde el

período 1999-2001 al período 2015-2017, los niveles de este nutriente habían disminuido fuertemente. Así, el promedio nacional de fósforo total en los sedimentos marinos entre los años 1999-2001 fue de 800,8 mg/kg, mientras que entre 2015-2017 fue de 97,89 mg/kg, una disminución de más de 8 veces. Sin embargo, en el actual período 2018-2022, se produjo un alza de los contenidos promedio regionales de fósforo total, alcanzado a nivel nacional un promedio de 806,14 mg/kg, el más alto verificado históricamente. Las mayores alzas se registraron en las regiones del norte de Chile: Región de Arica y Parinacota (XV Región): 1.520,5 mg/kg; Región de Tarapacá (I Región): 1872,8 mg/kg; y Región de Antofagasta (II Región) (II Región): 1.034,3 mg/kg. Un aspecto comparativamente interesante se puede desprender al calcular el promedio de fósforo total en los sedimentos marinos a nivel nacional (800,8 mg/kg), con el mismo de las regiones X, XI y XII, que en conjunto representaron el 99,7 % de la cosecha de centros de acuicultura del año 2021 de salmónidos (salmón del Atlántico, salmón plateado o coho, salmón rey y trucha arcoíris (SERNAPESCA 2021[96]), cuyos cultivos se asocian a aportes de fósforo y nitrógeno a los sedimentos marinos (Buschmann *et al.* 2019[97]). La comparación indica que al igual que para el período 2015-2017, entre los años 2018-2021 la concentración promedio de fósforo total en los sedimentos marinos, fue inferior (411,243 mg/kg) al promedio nacional (806,14 mg/kg), reflejando una mejora y disminución del enriquecimiento orgánico de la zona de acuicultura. Sin embargo, como se indicó anteriormente, las regiones del norte de Chile (Región de Arica y Parinacota, Tarapacá y Región de Antofagasta, aumentaron abruptamente los contenidos promedio de fósforo total en los sedimentos marinos, siendo en los 3 casos mayores al criterio ambiental internacional sugerido (600 mg/kg, **Cuadro 6.4**).

[96] http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura.

[97] Buschmann, A.H., S. Gelcich, P. Díaz, R. Estévez, M. C. Hernández González, N. Lagos, M. Lardies, M. J. Martínez-Harms, S. V. Pereda & J. Pulgar. 2019. Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

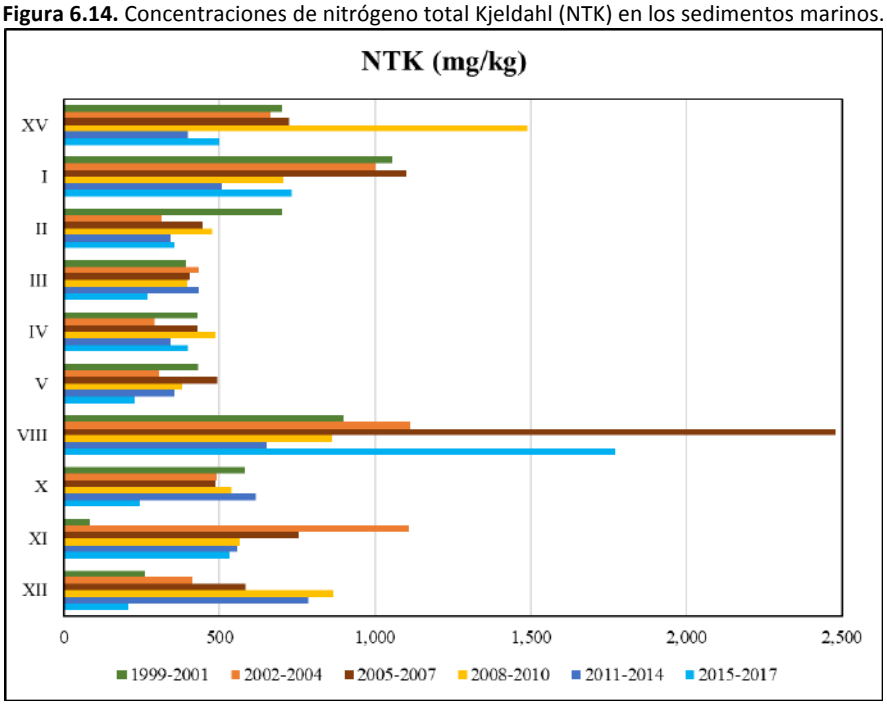
Figura 6.13. Concentraciones de fósforo total en los sedimentos marinos.



Por su parte, las concentraciones promedio de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en los sedimentos marinos se detallan en la **Figura 6.14.** Debe hacerse hincapié que el nitrógeno total Kjeldahl refleja la cantidad total de nitrógeno en los sedimentos, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminas, etc.). Los valores de NTK variaron de manera importante en el período 2018-2021, aumentando el promedio nacional a 890,8 mg/kg, superior a lo informado en anteriores años: 499,5 mg/kg en el período 2011-2014, 676,8 mg/kg en el período 2008-2010 y 524,1 mg/kg para 2015-2017). No obstante, el análisis por región muestra como la VIII Región ha sido históricamente la que ha presentado los mayores niveles de NTK, alcanzando en esta oportunidad el mayor promedio nacional: 2.130,0 mg/kg. Esto se vincula, probablemente, con los graves problemas de contaminación marina por riles en Talcahuano y San Vicente, que como se mencionó anteriormente, alcanzaron sus niveles críticos con las industrias pesqueras que operaron en Canal El Morro o Rocuant y Bahía de San Vicente, vertiendo sus riles al medio marino (a veces directamente sobre las playas) (EULA, 2014). Si bien hoy en día la situación ha cambiado, los contenidos de NTK en la VIII Región siguen siendo altos respecto al promedio nacional (2.130,0 mg/kg), un 139 % superior al promedio nacional (890,8 mg/kg). Lo anterior se refleja igualmente en el estado ambiental de los sedimentos respecto a este parámetro: al comparar los niveles de NTK con la guía internacional, se aprecia que tanto el promedio nacional como el de todas las regiones (excepto IV y XII Regiones), es superior a esta guía. Debe

considerarse que la situación de la XII Región se aleja de las restantes, pues el contenido de nitrógeno se vincularía a aportes naturales, más que antrópicos (por ejemplo, la acuicultura), alcanzado un promedio regional de sólo 296,5 mg/kg.

Figura 6.14. Concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en los sedimentos marinos.

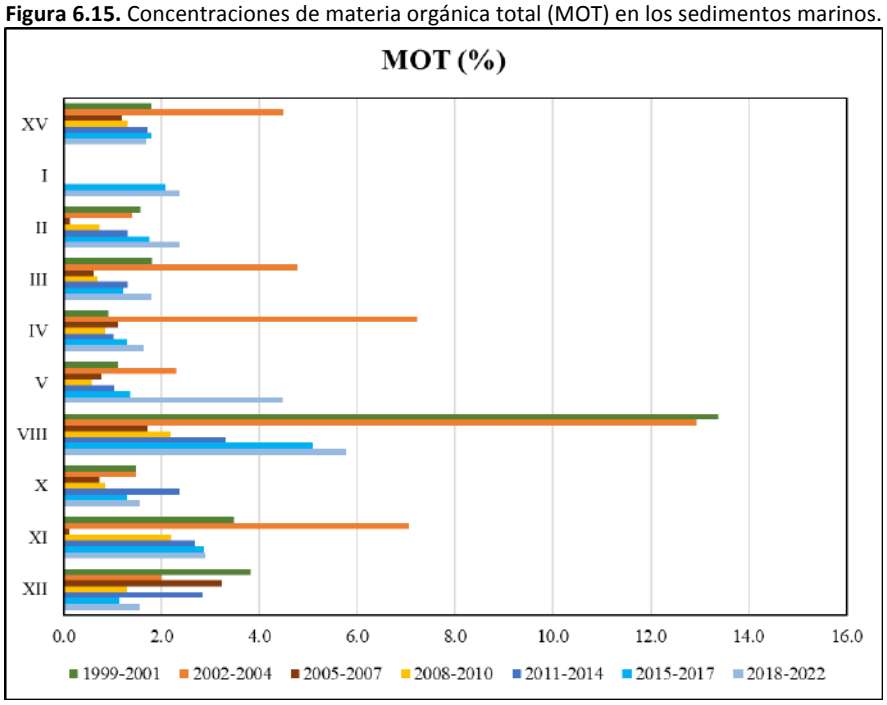


Finalmente, en la **Figura 6.15** es posible observar la evolución en el tiempo por región, de los contenidos de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos. Se aprecia un alza del 39,9 % del contenido promedio nacional entre los años 2015-2017 (1,99 %) y los años 2018-2021 (2,76 %). En tanto, a nivel regional, si bien se aprecian fluctuaciones, en todos los casos, a excepción de la Región de Arica y Parinacota, los contenidos promedios de MOT aumentaron desde el período 2015-2017 y 2018-2021. Destaca, en esta oportunidad, que el promedio de las regiones eminentemente acuicultoras de Chile (X, XI y XII Regiones) en conjunto (1,99 %) se encuentra por debajo del promedio nacional de MOT sedimentario (2,76 %), lo que da cuenta de una mejoría de los sedimentos marinos respecto a los contenidos de MOT de las 3 regiones en donde se concentra la acuicultura en Chile. Al contrario de esta situación, la VIII Región registró un aumento de la MOT desde 5,08% (2015-2017) a 5,77% (2018-2021); no obstante, estos promedios distan mucho de los 13,38% y 12,94% registrados en los períodos 1999-2001 y 2002-2004, respectivamente.

En síntesis, en general, se aprecia un aumento de los contenidos promedio nacional y regionales de MOT sedimentario, encontrándose 6 de las 10 regiones

para las cuales se cuenta con información, con una concentración promedio de MOT que supera los 1,724% establecidos como referencia.

Figura 6.15. Concentraciones de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos marinos.



6.1.4.4. Contaminación por PCB e hidrocarburos aromáticos y totales

Los bifenilos policlorados, conocidos por las siglas PCB (en inglés) o BPC (en español, aunque menos extendida), son un grupo de sustancias químicas sintéticas. Todos los PCB son sustancias sintéticas con una estructura básica similar. Contienen átomos de carbono, hidrógeno y cloro. El gran número de combinaciones posibles de estos átomos permite formar 209 tipos diferentes de PCB, algunos más perjudiciales que otros.

Los PCB se utilizan en una amplia gama de productos, como aparatos eléctricos, revestimientos de superficies, tintas, adhesivos, pirorretardantes y pinturas. Los PCB pueden liberarse al medio ambiente, por ejemplo, al incinerar o almacenar en vertederos residuos que los contienen. Cerca del 10% de los PCB fabricados desde 1929 siguen presentes en el medio ambiente. Hoy en día, la fabricación y utilización de PCB está prohibida o sometida a restricciones importantes en muchos países, debido a su posible impacto sobre la salud y el medio ambiente. Los PCB son, por lo general, muy estables, lo que explica su persistencia en el medio ambiente. A temperaturas altas, los PCB pueden arder y generar subproductos peligrosos como las dioxinas. Los PCB no suelen evaporarse o disolverse en el agua con facilidad. Sin embargo, son muy solubles en grasas y

sustancias análogas, lo que explica su capacidad para acumularse en la grasa animal y a lo largo de la cadena alimentaria (ATSDR, 1995[98]).

Por su parte, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), también conocidos como polinucleares aromáticos, son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes persistentes, constituidas por dos o más anillos bencénicos, de baja solubilidad en agua, baja presión de vapor y con afinidad por la fracción húmica del detritus (Kim *et al.* 1999[99]). Provienen tanto de fuentes naturales como antrópicas. Como fuentes naturales de HAP se cuenta, por ejemplo: biosíntesis y diagénesis de detritus (Kennish 1992[100]) y como fuentes antrópicas: quema de combustibles, incendios forestales y desechos municipales. Su acumulación en los sedimentos representa un riesgo para la salud y los ecosistemas acuáticos, dado que han sido definidos como tóxicos, mutagénicos y/o cancerígenos (Rudolph *et al.* 2001[101]).

La información con que se cuenta para evaluar la evolución de los hidrocarburos en el contexto del POAL, corresponde a los Bifenilos Policlorados (PCB), los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y Totales (HCT). Las concentraciones de HAP en las aguas marinas se han mantenido bajo el límite de detección analítico (0,1 µg/L) en el período 20187-2021, conservando así la buena condición ambiental destacada para este parámetro, si se le compara con la guía internacional para HAP que considera un valor de toxicidad aguda de 300 µg/L (**Cuadro 6.5**). Sólo una excepción se produjo el año 2012 en el que sólo una muestra registro una concentración de 0,65 ppb en bahía San Vicente (VIII región). Por su parte, los datos del POAL muestran ausencia de PCB en sedimentos para el período 2018-2021.

Por otro lado, los Hidrocarburos Totales (HCT) en sedimento (**Ver Figura 6.16**) muestran claros indicios de alzas en 8 de las 9 regiones para las cuales se cuenta con información en el período 2018-2021 (no se cuenta con información para la Región de Valparaíso). Esto se reflejó en el promedio nacional, el cual aumentó desde 86,67 mg/kg para 2015-2017 a 135,97 mg/kg en el período 2018-2021

[98] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 1995. Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.

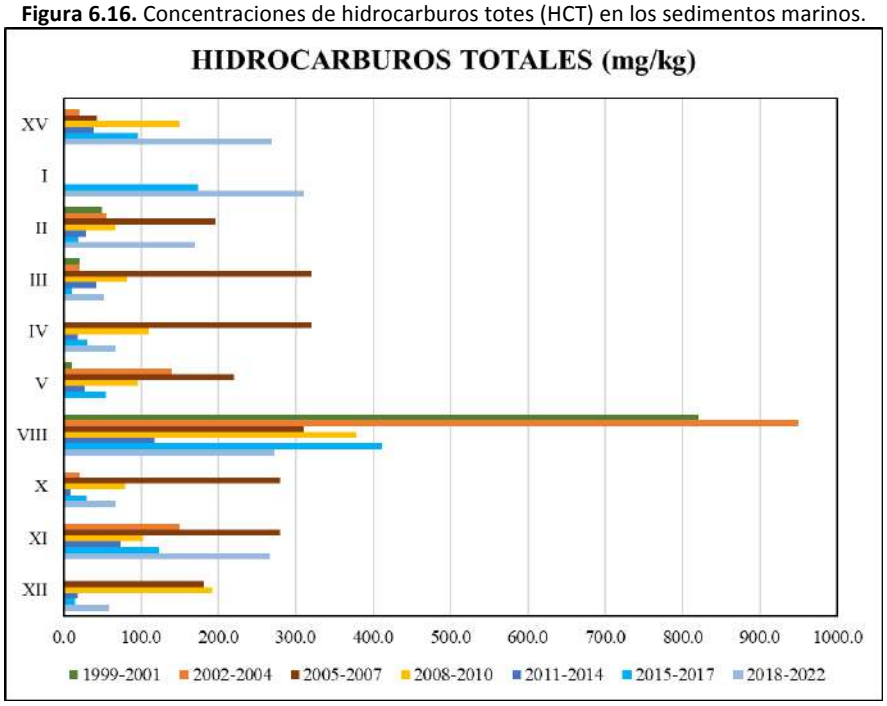
[99] Kim, G.B., K.A. Maruya, R.F. Lee, J.H. Lee, C.H. Koh & S. Tanabe. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Kyeonggi Bay, Korea. Mar. Pollut. Bull. 38: 7-15.

[100] Kennish. M.J. 1992. Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects. Marine Science Series CRC Press, Florida: 494 pp.

[101] Rudolph, A., R. Yañez & L. Troncoso. 2001. Effects of exposure of *Oncorhynchus mykiss* to the water-accommodated fraction of petroleum hydrocarbons. Bull. Environ. Contam. Toxicol 66:400-406.

(aumento del 56,9 %). Las mayores alzas regionales las presentaron la II y III Regiones, que aumentaron un 9,0 y 5,2 veces, respectivamente, respecto del período anterior. También resultó relevante que la Región XII aumentó en 4,0 su contenido promedio de hidrocarburos en los sedimentos entre el período 2015-2017 al 2018-2021. Si bien a nivel mundial ha habido una disminución de derrames al medio marino, de acuerdo a lo señalado por la International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF, 2018[102]), eventos puntuales de vertidos o derrames, informados o no por las diversas actividades que hacen uso del borde costero, puede que estén influyendo en las alzas de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los sedimentos verificados en el último periodo 2018-2021 revisado en este informe.

Figura 6.16. Concentraciones de hidrocarburos totes (HCT) en los sedimentos marinos.



6.1.4.5. Contaminación por macroplásticos y microplásticos

Conceptos generales

De acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP en sus siglas en inglés) la "basura marina" engloba cualquier material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o abandonado en la costa o en el mar. Esta misma institución estima que entran en el océano cada año entre 6, 4 y 8 millones de toneladas de basuras marinas (UNEP 2006, Jambeck

[102] International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). 2018. Oil Tanker Spill Statistics 2018. http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/. Visitado el 05 de agosto de 2019.

et al. 2015). Los desechos antropogénicos se están acumulando en los ecosistemas marinos de todo el mundo. Se encuentra en la superficie del mar (Pichel *et al*. 2007[103]), en playas de arena (Santos *et al.* 2009[104]) y en las profundidades del mar (Lee *et al.* 2006[105]).

A pesar de que existen diversos tipos de basuras marinas, tales como vidrio, papel, cartón, metal, tela, residuos relacionados con la pesca, municiones, madera, filtros de cigarrillos, residuos sanitarios provenientes de aguas residuales, cuerdas, juguetes (UNEP 2011[106]), múltiples estudios han constatado que entre el 60 y el 80% de los desechos antropogénicos marinos está compuesto por artículos de plástico (Derraik 2002[107]).

Los residuos de plástico (principal componente de las basuras marinas) se pueden diferenciar en macroplásticos y microplásticos. Estos últimos derivan de la fragmentación gradual de objetos más grandes, principalmente por la acción de la radiación solar intensa (Andrady 2011[108]), aunque también pueden aportar otros mecanismos físicos como mecanización de las olas o efectos de temperatura; y degradaciones químicas (oxidación, hidrólisis) y reducir el plástico a partículas y fibras más pequeñas, muchas veces indetectables para el ojo humano (Barnes 2002[109]). También hay una contribución considerable de pequeños desechos plásticos de fuentes primarias, como pellets industriales (Takada 2006[110]) y pequeñas piezas de plástico utilizadas en cosméticos (Fendall & Sewell 2009[111]). Recientemente se ha comenzado a hacer referencia a las partículas inferiores a 1 micrómetro, que conforman el nanoplástico.

Actualmente, no hay consenso sobre el rango de tamaños para la definición de microplásticos (Thompson 2015[112]). De manera general, los microplásticos

[103] Pichel, W.G., Churnside, J.H., Veenstra, T.S., Foley, D.G., Friedman, K.S., Brainard, R.E., Nicoll, J.B., Zheng, Q., Clemente-Colón, P., 2007. Marine debris collects within the North Pacific subtropical convergence zone. Marine Pollution Bulletin 54, 1207-1211.
[104] Santos, I.R., Friedrich, A.C. & J.A. Ivar do Sul. 2009. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. Environmental Monitoring and Assessment 148, 455-462.
[105] Lee, D.I., Cho, H.S., Jeong, S.H., 2006. Distribution characteristics of marine litter on the sea bed of the East China Sea and the South Sea of Korea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 70, 187-194.
[106] UNEP, 2011. Assessment of the Status of Marine Litter, in the Mediterranean. United Nations Environmental Program, Athens.
[107] Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin 44, 842-852.
[108] Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62, 1596-1605.
[109] Barnes, D.K.A. 2002. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. Nature 416:808–809.
[110] Takada H. 2006. Call for pellets! International pellet watch global monitoring of POPs using beached plastic resin pellets. Marine Pollution Bulletin, 52(12), 1547–1548.
[111] Fendall, L.S. & M.A. Sewell. 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. Marine Pollution Bulletin 58, 1225–1228.
[112] Thompson, R. C. 2015. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), Marine anthropogenic litter (pp. 185–200). Berlin: Springer.

comprenden todas aquellas partículas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm (Arthur *et al.* 2009, GESAMP 2015[113]), si bien hay autores que aplican la misma norma a partículas <2 mm, de <1 mm, o incluso de <500 µm (Claessens *et al.* 2011[114]). Andrady (2011) sugiere emplear tres términos diferentes para tres rangos de tamaño por debajo de los 5 mm en función de las distintas características físicas y los impactos biológicos que éstos ocasionan: mesoplásticos (500 µm – 5 mm), microplásticos (50-500 µm) y nanoplásticos (<50 µm) (**Ver Figura 6.17**).

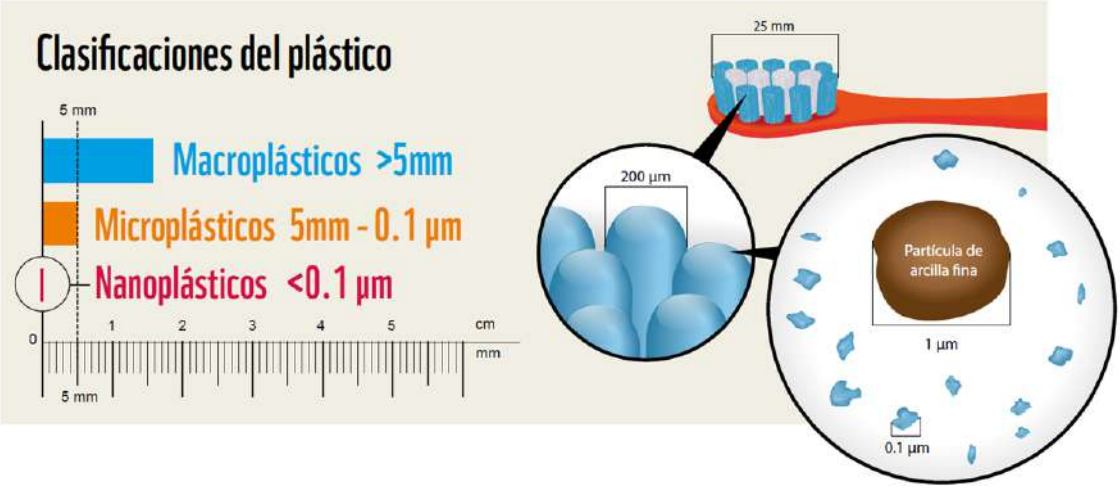
Algunas son capaces de penetrar en las células, donde podrían alterar la actividad interna. Pero la mayoría son demasiado pequeñas para ser visibles. Existe una preocupación generalizada sobre los peligros potenciales de los nanoplásticos, de los cuales se conoce poco hasta la fecha. La tasa de sobrevivencia de la pulga de agua *Daphnia magn*a se redujo dramáticamente al ser expuesta a nanoplásticos y en algunos casos la población estudiada alcanzó tasas de mortalidad del 100%. En el estudio se evidenció que dichos nanoplásticos atravesaron la barrera hematoencefálica de los peces que consumieron estas pulgas de agua, causando cambios de conducta como reducciones en las tasas de alimentación y movilidad (Mattsson *et al.* 2017[115]).

[113] GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

[114] Claessens, M., Meester, S.D., Landuyt, L.V., Clerck, K.D. & C.R. Janssen. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. Mar. Pollut. Bull. 62, 2199–2204.

[115] Mattsson, K., Johnson, E. V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L. A., Cedervall, T., 2017. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. Sci Rep 7 (1), 11452.

Figura 6.17. Clasificación del plástico (modificado de Tekman *et al.* 2022[116]).



Independiente de las denominaciones por tamaño, se ha planteado además una clasificación adicional de los microplásticos, dividiéndolos en microplásticos primarios y secundarios. Los microplásticos primarios corresponderían a aquellos que ya son manufacturados con un tamaño microscópico (Cole *et al.* 2011[117], Zitko & Hanlon 1991[118]). Rojo-Nieto & Montoto (2017) destacan dentro de estos las microesferas (<500 µm) contenidas en algunos productos de cosmética, las mezclas utilizadas para el arenado/granallado (Zitko & Hanlon 1991, Gregory 1996[119]), y los microplásticos empleados como vectores de medicamentos (Patel *et al.* 2009[120]), así como los empleados para la impresión en 3D.

Por otro lado, los microplásticos secundarios son aquellos productos de plástico de mayor tamaño que, una vez manufacturados, bien en la superficie del mar, en las playas o en otros ambientes, están expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV), entre otras, que causarán la degradación de los mismos (Andrady 2011). Esta degradación lleva asociada la decoloración de los plásticos, el desarrollo de erosiones varias en su superficie y un aumento de su fragilidad. Forma parte de este tipo de la fragmentación de las fibras sintéticas al lavar la ropa, o y la degradación de macroplásticos por diferentes procesos químicos,

[116] Tekman, M. B. , Walther, B. A. , Peter, C. , Gutow, L. & M. Bergmann. 2022: Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684.
[117] Cole M., Lindeque P., Halsband C. & T.S. Galloway. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin 62, 2588–2597.
[118] Zitko, V. & Hanlon, M. 1991. Another source of pollution by plastics—skin cleaners with plastic scrubbers. Marine Pollution Bulletin, 22, 41–42.
[119] Gregory, M. R. 1996. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. Marine Pollution Bulletin, 32, 867–871.
[120] Patel, M.M., Goyal, B.R., Bhadada, S.V., Bhatt, J.S. & A.F. Amin. 2009. Getting into the Brain. Approaches to enhance Brain Drug Delivery. CNS Drugs; 23, 1; Health & Medicall Collection pp 35.

biológicos y físicos. De acuerdo a Browne *et al.* (2011[121]) en un solo lavado de prendas sintéticas se pueden liberar más de 1900 fibras de microplásticos, que llegarían a los océanos a través de los efluentes de aguas residuales.

Efectos en los organismos marinos y el ser humano

De acuerdo con Deudero & Alomar (2015[122]), los organismos marinos se han adaptado a las fluctuaciones de las condiciones ambientales (temperatura, pH, salinidad, CO_2, carbonatos, etc.) y sus mecanismos fisiológicos han evolucionado para hacer frente a los cambios que se producen a través del tiempo geológico. Sin embargo, los desechos marinos, especialmente los plásticos, son sustancias nuevas, duraderas en la naturaleza, que sólo han estado presentes durante menos de 100 años. Por lo tanto, aún no se ha producido la adaptación de los organismos a estos materiales, si bien los utilizan como hábitat permanente. En dicho contexto, Zettler *et al*. (2013[123]) han comenzado a utilizar el término "plastisfera" para referirse a los ecosistemas que han evolucionado para vivir en entornos plásticos hechos por el hombre. Sobre estos materiales, generalmente constituidos por plástico de polietileno y polipropileno, se desarrollan diversas comunidades microbianas de heterótrofos, autótrofos, depredadores y simbiontes. Reisser *et al*. (2014[124]) lista un conjunto de diatomeas epiplásticas presentes en restos de plásticos analizados por microscopía electrónica, mencionando géneros como *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Cocconeis* sp., *Achnanthes* sp. y *Thalassiosira* sp., entre otros, así como un conjunto diverso de invertebrados epiplásticos, incluyendo colonias de briozoos, isópodo como *Asellota*, huevos del insecto marino *Halobates* sp., gusanos marinos, entre otros.

No obstante lo anterior, la literatura científica es extensa en mencionar los efectos que pueden o ya están produciendo los macro y microplásticos en los organismos marinos. Los macroplásticos se asocian generalmente a animales muertos, debilitados o varados como consecuencia de enmallamientos y atrapamientos, sofocación, o ingestión de estos materiales no biodegradables (Gregory 2009). Laist (1997) publicó una revisión global de los enmallamientos de

[121] Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. & R. Thompson. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. Environ. Sci. Technol. 45, 9175–9179.
[122] Deudero, S. & C Alomar C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. Marine Pollution Bulletin, 98, 58-68.
[123] Zettler,E., T. Mincer & L. Amaral-Zettler. 2013, Life in the "Plastisphere": Microbial Communities on Plastic Marine Debris. Env.Sci.&Tech.: DOI: 10.1021/es401288x.
[124] Reisser, J., Shaw, J., Hallegraeff, G., Proietti, M., Barnes, D.K., Thums, M., *et al.* 2014. Millimeter-sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganism sand invertebrates. PLoSONE 9:e100289. doi:10.1371/journal.pone. 0100289.

especies marinas con basuras. En su estudio identificó 136 especies afectadas en todo el mundo, si bien desde entonces la cifra no ha parado de crecer. La última revisión de Gall & Thompson (2015[125]) aumentó la cifra a 693 especies afectadas, de las cuales el 17% están incluidas como amenazadas o casi amenazadas en la lista roja de la IUCN (https://www.iucnredlist.org/). Sin embargo, los organismos marinos se ven afectados de distintas formas. Así, por ejemplo, las tortugas marinas son susceptibles de enredos en aparejos, tanto en su fase adulta como en las playas al salir de los nidos, en su trayecto hacia el mar (Bugoni *et al.* 2001[126], Kasparek, 1995[127]). En el caso de las aves marinas, los enredos se suelen dar alrededor del propio pico, o las alas y las patas, con lo cual dificulta o imposibilita su alimentación o desplazamiento (Buxton *et al.* 2013[128], Rodríguez *et al.* 2013[129]). Las ballenas y delfines, en tanto, suelen quedar atrapados alrededor de la cabeza y las aletas, mientras que las focas se ven afectadas generalmente por enredo con redes abandonadas, a menudo alrededor de la cabeza y las patas delanteras (Moore *et al.* 2013[130], Van der Hoop *et al.* 2013[131], Waluda 2013[132], Raum-Suryam *et al* 2009[133], Hanni & Pyle 2000[134], Page *et al.* 2004[135], Boren *et al.* 2006[136], Allen *et al*. 2012[137]). Finalmente, los organismos bentónicos móviles suelen caer en trampas abandonadas en los fondos marinos (Bilkovic *et al*. 2014[138], Anderson & Alford 2014[139], Adey *et al.* 2008[140], Erzini *et al.* 2008[141], Antonelis *et al.* 2011[142],

[125] Gall, S.C. & R.C. Thompson. 2015. The impact of debris on marine life. Marine Pollution Bulletin 92, 170-179.
[126] Bugoni, L., Krause, L., & M.V. Petry. 2001. Marine debris and human impact on sea turtles in southern Brazil. Marine Pollution Bulletin, 42(12), 1330–1334.
[127] Kasparek, M. 1995. The nesting of marine turtles on the coast of Syria. Zoology in the Middle East, 11, 51–62.
[128] Buxton, R.T.; Currey, C.A.; O'B Lyver, P. & C.J Jones. 2013. Incidence of plastic fragments among burrow-nesting seabird colonies on offshore islands in northern New Zealand. Marine Pollution Bulletin, 74, 420-424.
[129] Rodríguez, B., Bécares, J., Rodríguez, A., & J.M. Arcos. 2013. Incidence of entanglement with marine debris by northern gannets (*Morus bassanus*) in the non-breeding grounds. Marine Pollution Bulletin, 75, 259–263
[130] Moore, M., Andrews, R., Austin, T., Bailey, J., Costidis, A., George, C., Jackson, K., Pitchford, T., Landry, S., Ligon, A., McLellan, W., Morin, D., Smith, J., Rotstein, D., Rowles, T., Slay, C. & M Walsh. 2013. Rope trauma, sedation, disentanglement, and monitoring-tag associated lesions in a terminally entangled North Atlantic right whale (Eubalaena glacialis). Marine Mammal Science, 29, E98–E113.
[131] Van der Hoop, J., Moore, M., Fahlman, A., Bocconcelli, A., Gearge, C., *et al.* 2013. Behavioural impact of disentanglement of a right whale under sedation and the energetic costs of entanglement. Marine Mammal Science, 30, 282–307.
[132] Waluda, C. M., & Staniland, I. J., 2013. Entanglement of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. Marine Pollution Bulletin, 74, 244–252.
[133] Raum-Suryam, K.L.; Jemison, L.A.; Pitcher, K.W., 2009. Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions. Marine Pollution Bulletin, 58, 1487-1495.
[134] Hanni, K. D., & Pyle, P., 2000. Entanglement of pinnipeds in synthetic materials at South-east Farallon Island, California, 1976–1998. Marine Pollution Bulletin, 40, 1076–1081.
[135] Page, B., McKenzie, J., McIntosh, R., Baylis, A., Morrissey, A., Calvert, N., Haase, T., Berris, M., Dowie, D., Shaughnessy, P.D. & S.D. Goldsworthy. 2004. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. Marine Pollution Bulletin, 49, 33–42.
[136] Boren, L. J., Morrissey, M., Muller, C. G., & Gemmell, N. J., 2006. Entanglement of New Zealand fur seals in manmade debris at Kaikoura, New Zealand. Marine Pollution Bulletin, 52, 442–446.
[137] Allen, R., Jarvis, D., Sayer, S., & Mills, C., 2012. Entanglement of grey seals, *Halichoerus grypus*, at a haul out site in Cornwall, UK. Marine Pollution Bulletin, 64, 2815–2819.
[138] Bilkovic, D. M., Havens, K., Stanhope, D., & K. Angstadt. 2014. Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna. Marine Pollution Bulletin, 80, 114–123.
[139] Anderson, J. A., & A.B. Alford. 2014. Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. Marine Pollution Bulletin, 79, 261–267.

Kim *et al.* 2014[143], Uhrin *et al.* 2014[144]). Asimismo, los invertebrados pueden ingerir pequeños desechos plásticos, como gusanos, percebes y mejillones (por ejemplo, Thompson *et al.* 2004, Browne *et al.* 2008, Ward & Kach 2009[145], Von Moos *et al.* 2012[146]), así como vertebrados grandes, como peces, pájaros y mamíferos (por ejemplo, Jacobsen *et al*, 2010[147], Provencher *et al*. 2010[148], Davison & Asch 2011[149]).

Respecto a los arrecifes de coral, el plástico representa una amenaza inminente. Se estima que en 2010 había 11,1 mil millones de piezas de plástico enredadas en los arrecifes de coral de la región Asia-Pacífico (Lamb *et al.* 2018[150]) y que este tipo de contaminación crecerá 40% hacia 2025. Es particularmente preocupante que los corales enredados tenían una probabilidad de enfermarse 20 a 89 veces mayor. Se ha demostrado que los corales acumulan microplásticos dentro y sobre sus pólipos, lo cual impacta a los corales en sí y a las algas con las que tienen relaciones simbióticas. Además, puede alterar las estructuras comunitarias de los arrecifes (Tang *et al.* 2021[151]).

[140] Adey, J., Smith, I., Atkinson, R. J. A., Tuck, I. & A. Taylor. 2008. Ghost fishing of target and non-target species by Norway lobster, Nephrops norvegicus, creels. Marine Ecology Progress Series, 366, 119–127.
[141] Erzini, K., Bentes, L., Coelho, R., Lino, P. G., Monteiro, P., Ribeiro, J. & J.M.S Gonçalves. 2008. Catches in ghost-fishing octopus and fish traps in the northeastern Atlantic Ocean (Algarve, Portugal). Fishery Bulletin, 106, 321–327.
[142] Antonelis, K., Huppert, D., Velasquez, D., & J. June. 2011. Dungeness crab mortality due to lost traps and a costbenefit analysis of trap removal in Washington state waters of the Salish Sea. North American Journal of Fisheries Management, 31, 880–893.
[143] Kim, S.G., Lee, W.-I. L., & M. Yuseok. 2014. The estimation of derelict fishing gear in the coastal waters of South Korea: Trap and gill-net fisheries. Marine Policy, 46, 119–122.
[144] Uhrin, A. V., Matthews, T. & C. Lewis., 2014. Lobster trap debris in the Florida Keys National Marine Sanctuary: Distribution, abundance, density and patterns of accumulation. Management and Ecosystem Science, 6, 20–32.
[145] Ward, J.E., Kach, D.J., 2009. Marine aggregates facilitate ingestion of nanoparticles by suspension-feeding bivalves. Marine Environmental Research 68, 137-142.Laist, D. W. 1997. Impacts of marine debris: Entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In J. M. Coe, & D. B. Rogers (Eds.), Marine debris: sources, impacts, and solutions (pp. 99–139). New York: Springer.
[146] Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Köhler, A., 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel Mytilus edulis L. after an experimental exposure. Environmental Science and Technology 46, 11327-11335.
[147] Jacobsen, J.K., Massey, L. & F. Gulland. 2010. Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (*Physeter macrocephalus*). Marine Pollution Bulletin 60, 765-767.
[148] Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L., O'hara, P.D., Gilchrist, H.G., 2010. Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre (*Uria lomvia*), in the eastern Canadian Arctic. Marine Pollution Bulletin 60, 1406e1411.
[149] Davison, P., Asch, R.G., 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. Marine Ecology Progress Series 432, 173-180.
[150] Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J. & C.D. Harvell. 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. Science 359 (6374), 460–462.
[151] Tang, J., Wu, Z., Wan, L., Cai, W., Chen, S., Wang, X., Luo, J., Zhou, Z., Zhao, J. & S Lin. 2021. Differential enrichment and physiological impacts of ingested microplastics in scleractinian corals in situ. J Hazard Mater 404 (Pt B), 124205).

Se ha descubierto contaminación por plásticos a más de 10 km de profundidad en la Fosa de las Marianas, el lugar más profundo del planeta (Taylor, 2017[152], Taylor, 2018.[153]). Las condiciones en la fosa son estables y los residuos pueden permanecer intactos durante siglos.

Adicionalmente, se están investigando activamente nuevos efectos ecológicos de estos elementos de plástico en el medio marino. Por ejemplo, los fragmentos de plástico pueden hacer de "transportadores" de otras especies, desplazándolas horizontalmente o verticalmente en la columna de agua y haciéndolas llegar a nuevos ecosistemas (Gregory 2009), facilitando nuevos hábitats para especies donde de otra manera no se desarrollarían (Kiessling *et al.* 2015[154]). En tanto, en las zonas intermareales, la acumulación de basuras marinas puede reducir la penetración de la luz afectando a la vegetación que, debajo del agua, la necesita (Viehman *et al.* 2011[155], Uhrin & Schellinger 2011[156]). Además, los fragmentos de plástico en las playas arenosas causan cambios en la permeabilidad y la transferencia de calor entre los granos de sedimentos, lo que podría afectar a los organismos de las playas (Carson *et al*. 2011[157]). Por otro lado, la acumulación en el fondo puede generar zonas de sedimento anóxicas, sofocando a las algas, fanerógamas y especies marinas que habitan en el fondo, pudiendo producir mortalidad de organismos en grandes zonas del fondo marino (Uhrin *et al.* 2005[158], Moore 2008[159], Gregory 2009, Green *et al.* 2015[160]).

Aunque no todos los ingredientes en el plástico son dañinos, algunos sí lo son y pueden filtrarse en el ambiente marino (Rochman, 2015[161]). Los desechos plásticos también representan fuentes conocidas de contaminantes orgánicos

[152] Taylor, M., 2017. $180 bn investment in plastic factories feeds global packaging binge. The Guardian
[153] Taylor, M., Plastic pollution discovered at deepest point of ocean, in The Guardian. 2018.
[154] Kiessling, T., Gutow, L., Thiel, M., 2015. Marine litter as a habitat and dispersal vector. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), Marine anthropogenic litter (pp. 141–181). Springer, Berlin.
[155] Viehman, S., Vander Pluym, J. L., & Schellinger, J., 2011. Characterization of marine debris in North Carolina salt marshes. Marine Pollution Bulletin, 62, 2771–2779.
[156] Uhrin, A. V., & Schellinger, J., 2011. Marine debris impacts to a tidal fringing-marsh in North Carolina. Marine Pollution Bulletin, 62, 2605–2610.
[157] Carson, H.S., Colbert, S.L., Kaylor, M.J. & K.J. McDermid. 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. Marine Pollution Bulletin 62, 1708-1713.
[158] Uhrin, A. V., Fonseca, M. S., & G. P. DiDomenico. 2005. Effect of caribbean spiny lobster traps on seagrass beds of the Florida Keys National Marine Sanctuary: Damage assessment and evaluation of recovery. American Fisheries Society Symposium (pp. 579–588). American Fisheries Society.
[159] Moore, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, longterm threat. Environmental Research, 108, 131–139.
[160] Green D. S., Boots B., Blockley D.J., Rocha C. & R. Thompson. 2015. Impacts of Discarded Plastic Bags on Marine Assemblages and Ecosystem Functioning. Environ. Sci. Technol. 49, 5380-5389.
[161] Rochman, C.M. 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), Marine Anthropogenic Litter. Springer, Berlin, pp. 117-140.

persistentes (COP) (Mato *et al*. 2001[162]) que pueden ser potencialmente transportados y bioacumulados en organismos marinos (Teuten *et al.* 2009[163], Engler, 2012[164]). Algunas sustancias duraderas, como los bifenilos policlorados (PCB), afectan la salud de los organismos y el medio ambiente (Geyer *et al.* 2017[165]). Al no degradarse, pueden viajar distancias largas por medio del viento y el agua, generando impactos duraderos lejos de su lugar de origen. También las partículas de plástico más pequeñas pueden atravesar las células de los animales marinos y algunas pueden llegar hasta el cerebro. Estas partículas interfieren con las hormonas, alterando la reproducción, el desarrollo y el comportamiento de varios tipos de vida marina (Porte *et al.* 2006[166]). Incluso algunos plásticos etiquetados como seguros para el almacenamiento de alimentos pueden ser altamente tóxicos para los animales acuáticos y las personas (Hamlin *et al.* 2015[167], 47 Muncke *et al.* 2020[168]).

Finalmente, la acumulación de los microplásticos y de los elementos y sustancias que portan, a través de la cadena trófica, parece ser otro punto elemental en el estudio de sus efectos. La ingestión de microplásticos por organismos de los eslabones inferiores de la cadena trófica (fitoplancton y zooplancton) puede ser una ruta de entrada para niveles superiores de la cadena trófica, a través del consumo de presas previamente contaminadas por estos elementos (Anderson *et al.* 2016[169]). Estudios realizados en los últimos años han demostrado la transferencia trófica de microplásticos entre peces y cigalas, y entre copépodos y

[162] Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & T. Kaminuma. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. Environmental Science and Technology 35, 318-324.

[163] Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T.S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M. & H Takada. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. Philosophical Transactions of the Royal Society B 364, 2027-2045.

[164] Engler, R.E. 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. Environmental Science and Technology 46, 12302-12315.

[165] Geyer, R., Jambeck, J. R. & K.L.. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. Sci Adv 3 (7), e1700782.

[166] Porte, C., Janer, G., Lorusso, L.C., Ortiz-Zarragoita, M., Cajaraville, M.P., Fossi, M.C. & L. Canesi L. 2006. Endocrine disruptors
in marine organisms: Approaches and perspectives. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 143, 303-315.

[167] Hamlin, H.J., K. Marciano & C.A. Downs. 2015. Migration of nonylphenol from food-grade plastic is toxic to the coral reef fish species *Pseudochromis fridmani.* Chemosphere, 139: p. 223-228

[168] Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J.M., Carney Almroth, B., Castillo Castillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B.A.,
Emmanuel, J.A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J.J., Houlihan, J., Kassotis, C.D., Kwiatkowski, C.F., Lefferts, L.Y., Maffini, M.V., Martin, O.V., Myers, J.P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K.E., Fernández, S.R., Sargis, R.M., Soto, A.M., Trasande, L., Vandenberg, L.N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R.T. & M. Scheringer. 2020. Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement. Environmental Health 19(1): 25.

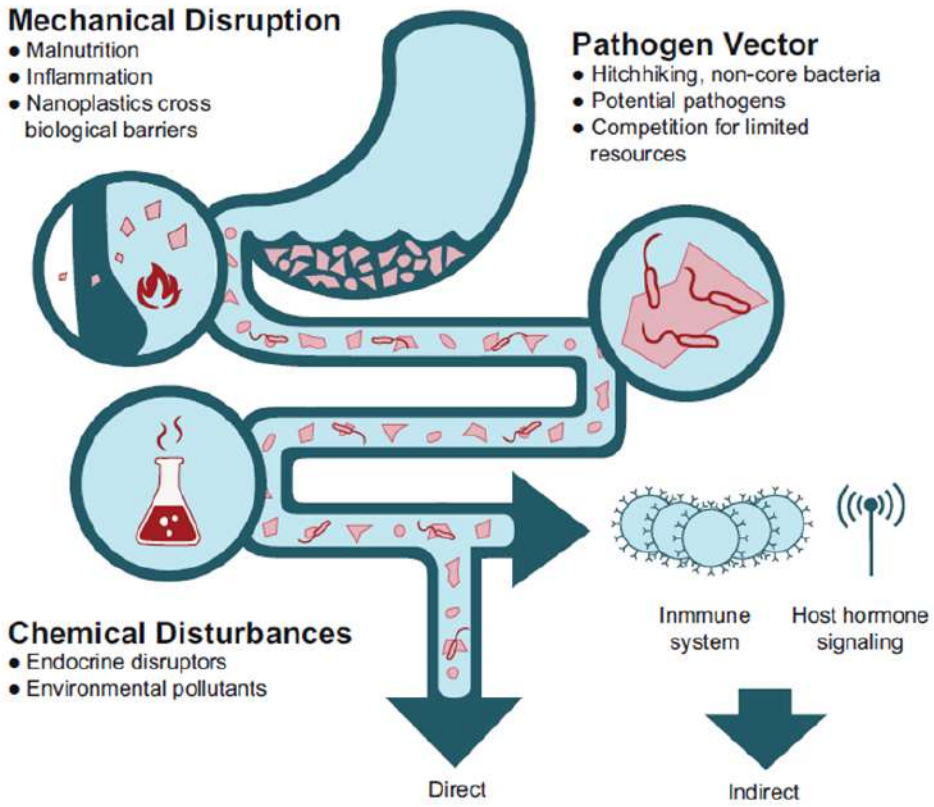
[169] Anderson J.C., Park B.J. & V.C. Palace. 2016. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. Environmental Pollution 218, 269-280.

macrozooplancton (Setälä *et al.* 2014[170], Murray & Cowie 2011[171]). Aunque aún son escasos los estudios de transferencia trófica hasta los eslabones superiores de aves acuáticas y mamíferos marinos, algunos trabajos ya han demostrado esta transferencia (Ericksson & Burton 2003[172]). En este caso, se probó la transferencia de microplásticos desde copépodos a una especie de pez linterna (*Electrona subaspera*), y desde ellos a lobos marinos. La eficiencia de los procesos biológicos debido a la ingesta de plásticos puede afectar la cantidad de alimentos que llega al fondo del mar, lo cual suele causar cambios en los ecosistemas del lecho marino donde la comida no es abundante. Un estudio reciente demostró este fenómeno al exponer a un grupo de sálpidos a niveles de concentración de microplásticos que se esperan en el futuro (Wieczorek *et al.* 2019[173]).

Sin embargo, los últimos estudios comienzan a demostrar que los efectos en la cadena trófica también alcanzarían al ser humano. Liebmann *et al.* (2018[174]) enfrentan la preocupación por la contaminación microplástica en los alimentos y su posible impacto en la salud. Los autores muestran que efectivamente los microplásticos pueden alcanzar el intestino humano, y estos son parcialmente desechados por las heces. Frente a ello, recientemente Fackelmann & Sommer (2019[175]) realizan una revisión del impacto de los microplásticos en la interrupción de la simbiosis entre el huésped y la comunidad microbiota intestinal natural y su patrón de abundancia. Esta llamada disbiosis podría ser causada por el consumo de microplásticos, la interrupción mecánica asociada dentro del tracto gastrointestinal, la ingestión de bacterias extrañas y potencialmente patógenas, así como productos químicos, que forman o se adhieren a los microplásticos (**Ver Figura 6.18**). Asimismo, la disbiosis podría interferir con el sistema inmunitario del huésped y desencadenar la aparición de enfermedades (crónicas), promover infecciones patógenas y alterar la capacidad génica y la expresión de la microbiota intestinal.

[170] Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & M. Lehtiniemi. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. Environmental Pollution, 185, 77–83.
[171] Murray, F. & P.R. Cowie. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean Nephrops norvegicus (Linnaeus, 1758). Marine Pollution Bulletin, 62(6), 1207–1217.
[172] Eriksson, C. & H. Burton. 2003. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 32, 380–384.
[173] Wieczorek, A. M., Croot, P. L., Lombard, F., Sheahan, J. N. & T.K. Doyle. 2019. Microplastic Ingestion by Gelatinous Zooplankton May Lower Efficiency of the Biological Pump. Environ Sci Technol 53 (9), 5387–5395.
[174] Liebmann B., S. Köppel, P. Königshofer, T. Bucsics, T. Reiberger & P. Schwab. 2019. Assessment of microplastic concentrations in human stool final results of a prospective study. Medical University of Vienna. Conference: Conference on Nano and microplastics in technical and freshwater systems, Microplastics 2018 At: Monte Verità, Ascona, Switzerland. DOI: 10.13140/RG.2.2.16638.02884.
[175] Fackelmann G. & S. Sommer 2019. Microplastics and the gut microbiome: How chronically exposed species may suffer from gut disbiosis. Marine Pollution Bulletin 143:193-203.

Figura 6.18. Posibles efectos del consumo de microplásticos en el ser humano, transferidos a través de la cadena trófica.



Fuente: Modificado de Fackelmann & Sommer, 2019.

En tanto, Schwabl *et al*. (2019[176]) y Zhang *et al.* (2021[177]) analizaron las heces humanas mediante espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR), proporcionando evidencia de que las partículas de plástico de tamaño micro pueden excretarse a través del tracto gastrointestinal. También se detectaron partículas de plástico en muestras de colectomía humana con FTIR (Ibrahim *et al*., 2020[178]). La microespectroscopía Raman se ha aplicado recientemente para obtener imágenes e identificar tres partículas de polipropileno de entre 5 y 10 µm en tejido placentario humano (Ragusa *et al.,* 2021[179]).

[176] Schwabl P., S. Köppel, P. Königshofer, T. Bucsics, M. Trauner, T. Reiberger & B. Liebmann. 2019. Detection of various microplastics in human stool: a prospective case series Ann. Intern. Med., 171 (7): 453-457, 10.7326/M19-0618.

[177] N.a. Zhang, Y.B. Li, H.R. He, J.F. Zhang & G.S. Ma . 2021. You are what you eat: Microplastics in the feces of young men living in Beijing Sci. Total Environ., 767, p. 144345, 10.1016/j.scitotenv.2020.144345.

[178] Ibrahim Y.S., S. Tuan Anuar, A.A. Azmi, Wan Mohd Khalik, S. Lehata, S.R. Hamzah, D. Ismail, Z.F. Ma, A. Dzulkarnaen, Z. Zakaria, N. Mustaffa, Tuan Sharif & Y.Y. Lee. 2020. Detection of microplastics in human colectomy specimens J.G.H. Open, 5 (1): 116-121, 10.1016/j.scitotenv.2020.14434510.1002/jgh3.12457.

[179] A. Ragusa, A. Svelato, C. Santacroce, P. Catalano, V. Notarstefano, O. Carnevali, F. Papa, M.C.A. Rongioletti, F. Baiocco, S. Draghi, E. D'Amore, D. Rinaldo, M. Matta, E. Giorgini. 2021. Plasticenta: first evidence of microplastics in human placenta Environ. Int., 146: 106274, 10.1016/j.envint.2020.106274.

Recientemente, Leslie *et al.* (2022[180]) desarrollaron un método analítico y de muestreo sólido para medir partículas de plástico ≥700 nm en sangre entera humana de 22 voluntarios sanos. Se identificaron y cuantificaron por primera vez en sangre cuatro polímeros de alto volumen de producción aplicados en plástico. Los más frecuentemente hallados fueron tereftalato de polietileno, polietileno y polímeros de estireno, seguidos por polimetacrilato de metilo. Se analizó polipropilenopero los valores estaban por debajo de los límites de cuantificación. La media de la suma cuantificable de la concentración de partículas de plástico en la sangre fue de 1,6 µg/mL, lo que muestra una primera medición de la concentración en masa del componente polimérico del plástico en la sangre humana. Este estudio pionero de biomonitoreo humano demostró que las partículas de plástico están biodisponibles para ser absorbidas por el torrente sanguíneo humano.

Situación en Chile

Aunque la basura marina antropogénica (BMA) es un problema mundial, se ha estudiado poco en América Latina. En la región sureste del Pacífico, hasta el 2003 solo dos países (Colombia, Chile) habían publicado estudios sobre BMA en el medio ambiente y estos se centraron principalmente en los desechos marinos flotantes (Thiel *et al.* 2003[181]; Ivar do Sul & Costa 2007[182]). Un cambio en esta tendencia se produce en el año 2007 con la formación de un grupo de investigadores de la Universidad Católica del Norte que comienzan a desarrollar el programa de ciencia ciudadana "Científicos de la Basura"[183], conformados por escolares y profesores que comienzan a aplicar el método científico para investigar el problema de la basura en la zona costera de Chile. Fruto de esta iniciativa, en el año 2008 se realizan las primeras encuestas de playa, entre agosto y septiembre (durante el invierno austral), abarcando 43 playas distribuidas al azar a lo largo de toda la costa chilena (18º S a 53º S) (Bravo *et al.* 2009[184]). Estos autores concluyeron que la densidad media de basura marina antropogénica fue

[180] Lesliea A., van Velzena M.J.M., Brandsmaa S., DickVethaak, A., Garcia-Vallejo J. & M. Lamoreea. 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International 163: 107199.
[181] Thiel, M., Hinojosa, I., Vásquez, N. & E. Macaya. 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). Marine Pollution Bulletin 46, 224–231.
[182] Ivar do Sul, J.A. & M.F. Costa. 2007. Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: from the 1970s until now, and where do we go from here? Marine Pollution Bulletin 54, 1087–1104.
[183] Para más información revisar en http://www.cientificosdelabasura.cl/es/
[184] Bravo, M., Gallardo, M.D., Luna-Jorquera, G., Núñez, P., Vásquez, N. & M. Thiel, M. 2009. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): results from a national survey supported by volunteers. Mar. Pollut. Bull. 58, 1718–1726. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.06.017.

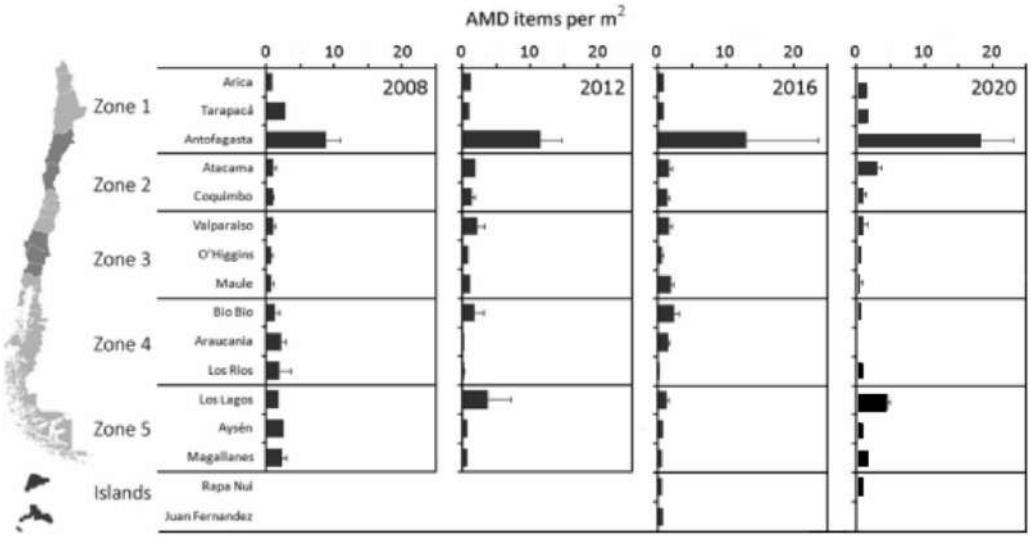
de 1,8 artículos m^2 y los tipos principales fueron plásticos, colillas de cigarrillos y vidrio. Para más detalles ver Eastman *et al*. (2014[185]).

Sin embargo, estos resultados representaron solo una primera instantánea de la situación general, y no hubo información sobre la dinámica espacio-temporal de la basura de playa en el SE Pacífico. Por lo tanto, la encuesta nacional de BMA se repitió durante los años 2008, 2012, 2016 y 2020 a lo largo de toda la costa chilena, para determinar la composición, estimar la abundancia y los patrones espaciales, y explorar las tendencias temporales de las densidades de BMA en playas del sureste del Pacífico. Los resultados del último muestreo fueron publicados por Gallardo *et al.* (2021[186]) dieron cuenta que, en términos nacionales, se constató que no hubo cambios en la cantidad de basura encontradas en las playas, comparados con las últimas tres mediciones anteriores. En los cuatro muestreos, la región con mayor cantidad de basura resultó ser la Región de Antofagasta, con 6,8, 11,4, 12,0 y 17,0 unidades de basura por m^2 en los años 2008, 2012, 2016 y 2020, respectivamente. En el año 2020, la Región de Los Lagos en las cuatro campañas también tuvo un aumento de 1,7 unidades de basura por m^2 en 2008, a 3,7 unidades de basura por m^2 en 2020, como también la Región de Atacama aumentó en los años 2008, 2012, 2016 y 2020 a 0,6, 1,9, 1,8 y 2,3 unidades de basura por m^2, respectivamente (**Ver Figura 6.19**).

[185] Eastman, L., Hidalgo-Ruz, V., Macaya, V., Nuñez, P & M. Thiel. 2014. The potential for young citizen scientist projects: a case study of Chilean schoolchildren collecting data on marine litter. JICZM 14, 569–579. http://dx.doi.org/10.5894/rgci507.

[186] Gallardo C., Vásquez N. & M Thiel. 2021. Cuarto Muestreo Nacional de Basura muestra que no hubo muchos cambios en la condición
de las playas de Chile en la última década. Voluntarios diagnostican el problema de la basura en las playas. Científicos de la Basura, Universidad Católica del Norte. 17 pp.

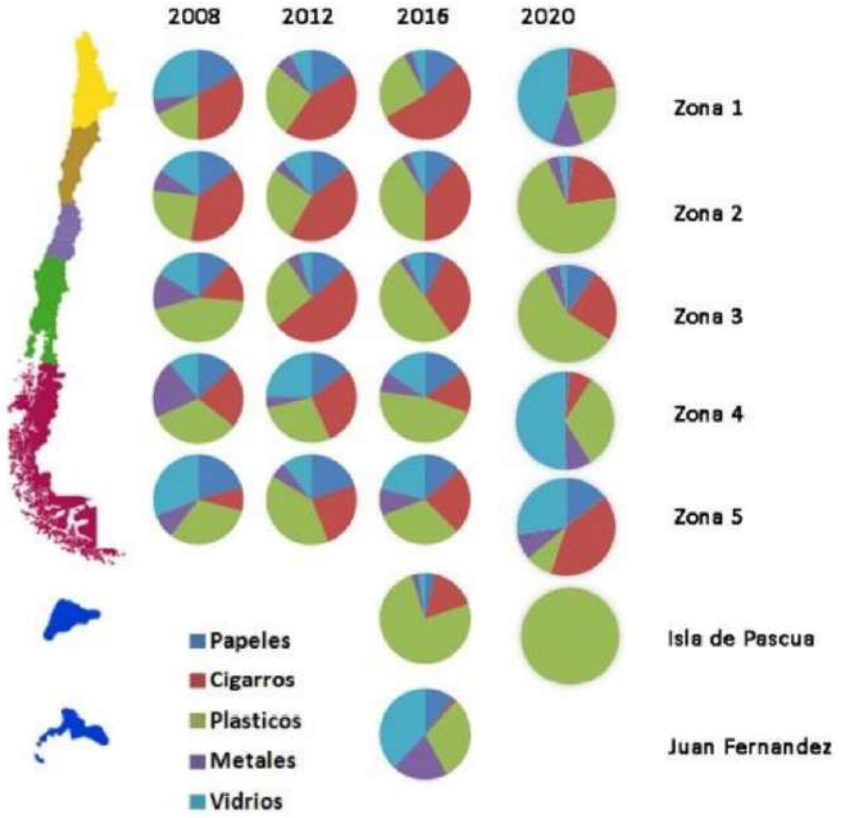
Figura 6.19. Abundancia promedio de basura (unidades de basura/m^2) para cada región durante las cuatro campañas de muestreo. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar.



Fuente: Gallardo *et al.* 2021.

Respecto a los tipos de basura encontrados (**Ver Figura 6.20**), el mayor porcentaje en el año 2020 correspondió a plásticos (34,6%) al igual que en el año 2008 (28,4%), seguido de vidrios (22,4%) y colillas de cigarrillos (20%), que fueron los ítems con mayor abundancia en el año 2012 (38,87%) y 2016 (40,7%). En las zonas 1 y 4 predominaron los vidrios, en las zonas 2, 3 y Rapa Nui los plásticos, y en la zona 5 fueron las colillas de cigarrillos. Rapa Nui mostró una notoria predominancia de plásticos (100%; **Figura 6.20**). Mascarillas fueron encontradas en 12 de 32 playas muestreadas (37,5%, **Figura 6.20**).

Figura 6.20. Variación del porcentaje de prevalencia de los distintos tipos de basura en las playas de Chile, durante los años 2008, 2012, 2016 y 2020.



Fuente: Gallardo *et al.* 2021.

Gallardo *et al.* (2021) concluyen que en los últimos 12 años no ha habido cambios en la abundancia de basura en las playas, lo que demostraría que, pese a las nuevas leyes e iniciativas ciudadanas, no hay un cambio significativo en las cantidades de basura encontradas en las playas. Además, se logró identificar un patrón evidente de acumulación de basura, con abundancias muy por encima del promedio nacional en la Región de Antofagasta. Estas diferencias pueden deberse a que las playas muestreadas corresponden a las playas más cercanas al centro urbano de Antofagasta, que acumulan más basura que las playas más remotas de la región. Adicionan que, en general, los tipos de basura más comunes en las playas de Chile el 2020 fueron los plásticos y vidrios, por lo que son desechos de fuentes locales y/o asociados a actividades de acuicultura en las localidades. A partir de lo anterior, concluyen que el problema de la basura sigue siendo un problema en toda la costa nacional, siendo perentorias más iniciativas de educación ambiental para tener mayor sentido de pertenencia con nuestras playas-ecosistemas.

6.1.4.6. Conclusiones

Si bien la información disponible a parte del POAL, de la literatura científica, y de los diversos estudios de línea de base ambiental que se realizan en Chile en el contexto de los estudios y/o declaraciones de impacto ambiental, han permitido aumentar el acervo de información del medio marino, gran parte de esa información adolece de la rigurosidad como para ser considerada en una revisión del estado ambiental costero de Chile. Esto es especialmente relevante en el caso de los análisis de metales traza en aguas marinas. Como se indicó anteriormente, la concentración de metales traza en el agua de mar es del orden de µg L^{-1}. Estos bajos valores determinan que la fase analítica requiera de condiciones y equipos altamente sensibles y sofisticados. La mayor parte de los equipos analíticos se encuentran en el límite de detección de la concentración de metales traza en agua de mar (Rodríguez & Ahumada, 1996), por lo que, mucha de la información analizada entrega datos del tipo “bajo el límite de detección” analítica.

Sin embargo, haciendo uso de aquella información que se estima posee mayor robustez para su análisis, se puede afirmar que existe, en general, una mantención o disminución de los contenidos de todos los metales pesados en aguas. No obstante, la situación resultó distinta en la matriz sedimentaria, donde en el período 2018-2021 los contenidos promedios de cadmio y plomo disminuyeron respecto al período anterior, mientras que los contenidos de cobre y mercurio, en general, fueron mayores. Respecto al mercurio, en específico, aunque las concentraciones promedio regionales en general fueron mayores, de todas maneras, se hallaron bajo los criterios internacionales utilizados en el último período evaluado.

Los nutrientes (nitrógeno y fósforo total) y materia orgánica total revelaron en general un alza de sus concentraciones respecto al último período analizado. Sin embargo, los promedios regionales en los sedimentos de nitrógeno y fósforo total revelaron mayores contenidos de estos elementos en regiones del norte de Chile respecto a las regiones en que se concentra la acuicultura (X, XI y XII Regiones).

En tanto, en general los niveles de HAP y BPC se han mantenido bajos en todas las regiones, mientras que los contenidos hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos marinos mostraron un aumento del contenido promedio nacional, y el de algunas regiones, revelando posibles eventos puntuales de vertidos o derrames, informados o no por las diversas actividades que hacen uso del borde costero,

que estén influyendo en las alzas de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los sedimentos en el último periodo 2018-2021.

Finalmente, un nuevo tema comienza a aparecer con fuerza en el contexto de la contaminación marina, aquella relacionada a la presencia de nano, micro y macroplásticos en las playas del litoral nacional. Si bien los esfuerzos por ilustrar de forma científica este problema son más bien recientes en Chile, la información que se ha ido generando muestra que la presencia de basura marina antropogénica ha aumentado levemente en los últimos 12 años, demostrando que el problema de la basura sigue siendo un problema en toda la costa nacional.

Bajo el presente análisis, y considerando las limitaciones de la información disponible del Programa POAL, el borde costero nacional muestra claras mejoras y/o mantención de su condición ambiental, considerando las aguas, y algunas mejoras y deterioro, dependiendo de la región, de los sedimentos marinos, apareciendo, no obstante, claramente como un nuevo problema, la presencia de macro y microplásticos (y probablemente nanoplásticos), en las playas nacionales y en los organismos marinos.

6.1.5. Las alteraciones de la zona costera y de sus ecosistemas marinos, y su relación con el cambio climático

Los ecosistemas marinos son una fuente importante de biodiversidad, son fundamentales para nuestra salud y economía, y también son aliados muy potentes en nuestra lucha contra el cambio climático. Sin embargo, el frágil equilibrio de los entornos marinos se está viendo cada vez más perturbado por los efectos del cambio climático y las actividades humanas.

Un mega estudio realizado a gran escala sugiere que el cambio climático es el factor de estrés más importante para los ecosistemas oceánicos y costeros (Halpern *et al*. 2019[187]). En este estudio, se estimó el impacto acumulativo de 14 factores estresantes relacionados con las actividades humanas (incluido el cambio climático, la pesca, las presiones terrestres y otras actividades comerciales), en 21 ecosistemas marinos diferentes a nivel mundial, para cada uno de los once años que abarcó el estudio (2003-2013). El estudio concluyó que el aumento del impacto acumulativo estimado para el océano mundial se debía en más del 90% al aumento de la temperatura y a la acidez de la superficie del mar. Adicionalmente,

[187] Halpern, B., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C. and Selkoe, K. 2019. Recent pace of change in human impact on the world's ocean. Scientific Reports 9: 11609.

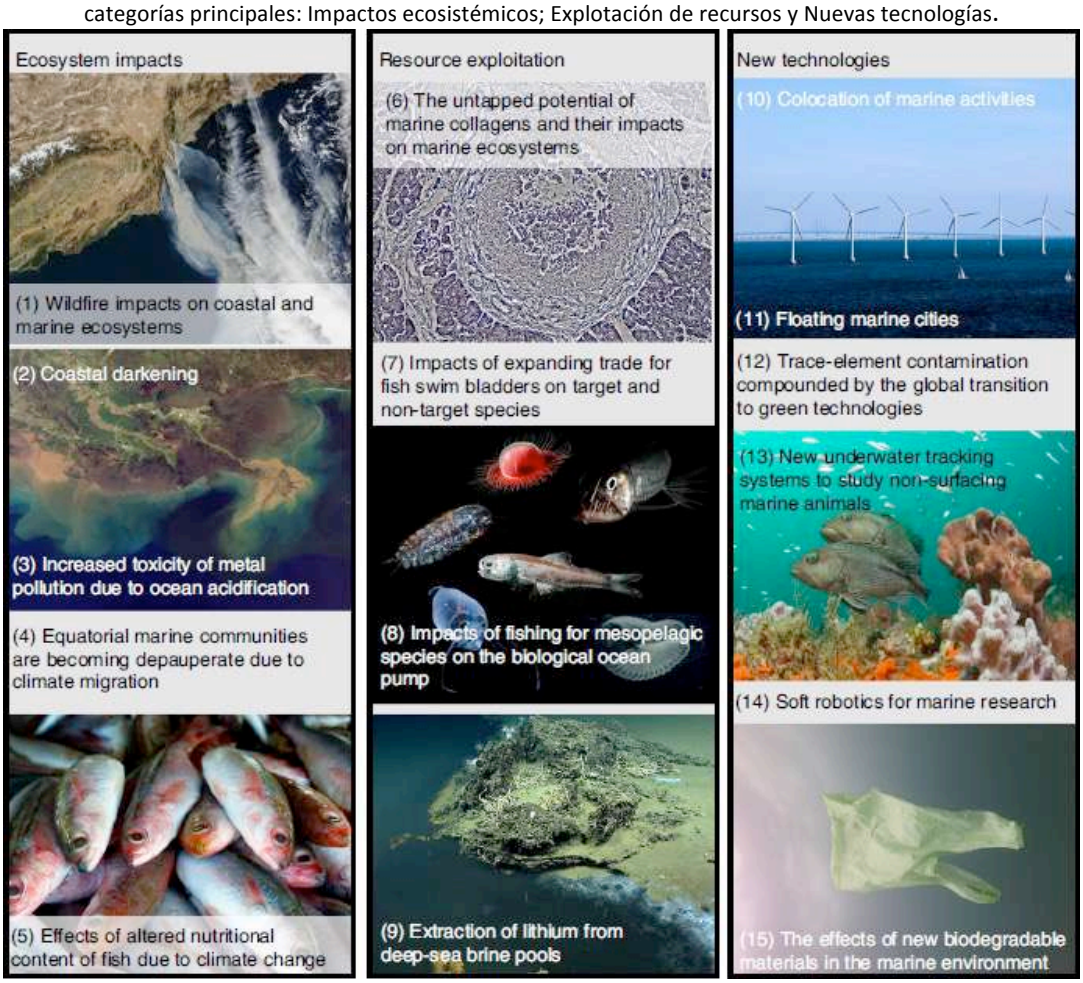
concluyó que el aumento del impacto acumulativo estimado para las zonas costeras se debía en más del 80% al aumento de la temperatura de la superficie del mar y el aumento del nivel del mar.

Por otro lado, un reciente estudio (Herbert *et al*. 2022[188]) señala que "la biodiversidad de hábitat marinos y costeros está experimentando cambios sin precedentes". Si bien existen factores forzantes de estos cambios que son bien conocidos, tales como la sobreexplotación de recursos naturales, el cambio climático y la contaminación, existen además otros factores forzantes emergentes, los cuales señala este estudio, que no serían muy conocidos, y que podrían tener impactos negativos, o también positivos en los ecosistemas marinos o costeros.

Este estudio logró determinar 15 factores emergentes que estarían influyendo en los ecosistemas marinos, los cuales se muestran en la siguiente figura:

[188] Herbert-Read, J., Thornton, A., Amon, D. et al. A global horizon scan of issues impacting marine and coastal biodiversity conservation. *Nat Ecol Evol* 6, 1262–1270. 2022. https://doi.org/10.1038/s41559-022-01812-0.

Figura 6.21. Figura exhibida en el artículo de Herbert *et al*. 2022, donde se muestran los 15 factores forzantes de los ecosistemas marinos, asociados por grupos temáticos, los que se resumen en tres categorías principales: Impactos ecosistémicos; Explotación de recursos y Nuevas tecnologías.



6.1.5.1. Impactos en humedales costeros

Los humedales presentan una paradoja extraordinaria. Si bien son cuerpos de agua que presentan poca profundidad, presentan una alta biodiversidad y gran productividad biológica, lo que permite sustentar con agua y alimento a una gran cantidad de especies vegetales y animales. Sin embargo, estos importantes "hot spot" de biodiversidad sufren una presión antrópica debido al asentamiento cada vez mayor de poblaciones humanas en zonas costeras y de humedales.

Flores *et al*. (2022[189]) señala que a" nivel mundial el 65% de los habitantes se encuentra ubicado en zonas costeras". Además de la presión antrópica, los humedales están expuestos a múltiples factores naturales como lo son las bajas precipitaciones registradas en los últimos años, la influencia del litoral debido a

[189] Flores L., Contreras M., R. Figueroa, A. Arenas. 2022. Humedal costero de Mantagua. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 350 pág.

fuertes marejadas, que también se han indo intensificando, y también a los eventos sísmicos, tan propios de nuestro país, los que pueden alterar fuertemente la morfología de los humedales, al generar levantamientos o hundimientos del borde costero.

En Chile existen cerca de 1400 humedales costeros, de diferentes tipos, tamaño y características (Flores *et al*. Op. cit), y Contreras-López *et al*. (2017[190]) indican que todos los humedales del país estarían en condiciones de vulnerabilidad de cara al cambio climático.

Si bien la temperatura y la precipitación han sido considerados los parámetros más importantes para estudiar los cambios en el clima, y lo cual influye en el ambiente marino litoral; en ambientes costeros son más importantes la temperatura superficial del mar y el nivel del mar, los cuales de acuerdo a Winckler *et al*. (2020[191]), resultan más relevantes para comprender los efectos del cambio climático en el litoral, y en humedales costeros:

En las últimas décadas se ha observado una progresiva disminución de la biodiversidad de los humedales, en donde este fenómeno sería mucho mayor que lo determinado en los ecosistemas terrestres (Kernan *et al.* 2010[192]). Esta disminución de la biodiversidad de humedales ha sido atribuida principalmente a la destrucción del hábitat (Finkl & Makowski 2017[193]).

6.1.5.2. Alteraciones oceanográficas debidas al calentamiento de los océanos y a la acidificación marina

El océano tiene una gran capacidad calorífica, los primeros metros de la columna de agua (0 – 700 m) son capaces de almacenar tanto calor como la totalidad de la atmósfera terrestre (Libes 2009[194], Pilson 2013[195]). De acuerdo con las mediciones históricas realizadas por la NASA[196], se señala que, hasta diciembre del 2021, los

[190] Contreras-López M & Figueroa-Sterquel R, Salcedo-Castro J, Vergara-Cortes H, Zuleta C, Bravo V, Piñones C & Cortes-Molina F. 2017. Vulnerabilidad de humedales y dunas litorales en Chile central. En Botello A, Villanueva S, Gutiérrez J y Rojas JL (eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático, Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) - Universidad Autónoma de Campeche (UAC), pp. 227–246.

[191] Winckler P, Aguirre C, Farías L, Contreras-López M & Masotti I. 2020. Evidence of Climate-driven Changes on Atmospheric, Hydrological and Oceanographic Variables along the Chilean Coastal Zone. Climatic Change **163**, 633-652. DOI: 10.1007/s10584-020-02805-3.

[192] Kernan M, Battarbee R. & Moss B. 2010. Climate Change Impacts on Freswater Ecosystems. Blackwell Publishing Ltd. New York, USA.

[193] Finkl C. & Makowski C (Eds) 2017. Coastal Wetlands: Alteration and Remediation. Springer International Publishing AG, Switzerland.

[194] Libes S. 2009. Introduction to Marine Biogeochemistry. Elsevier Inc.

[195] Pilson M.E.Q. 2013. An Introduction to the Chemistry of the Sea. Cambridge University Press.

[196] National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2021. Ocean Warming. Artículo en línea: https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-warming/

océanos han absorbido el 90% del calentamiento producido en las últimas décadas, el que ha sido provocado por el aumento en la emisión de gases invernadero. Las mediciones de dióxido de carbono (CO^2) y de metano, dos de los principales gases de efecto invernadero de origen asociado a la actividad antropogénica, tuvieron un continuo incremento en el 2020, a pesar de la ralentización económica derivada de la pandemia de coronavirus. Al respecto, se señala que la situación sanitaria favoreció la reducción de las emisiones de carbono en alrededor de un 7%, ello implica que de no haber ocurrido las paralizaciones, se habrían alcanzado niveles récord en las emisiones de CO^2 en el 2020 (NOAA 2021[197]).

Estos reportes son coincidentes con lo publicado previamente por Cheng *et al*. (2019[198]), donde se concluye que los océanos se están calentando en promedio un 40% más rápido de lo que se esperaba. Señalan que, en el último tiempo, se han obtenido máximos año tras año, lo que indica una clara tendencia creciente del calentamiento oceánico. También se menciona que las aguas más cercanas a la superficie son las que más se han calentado y que dicho calentamiento se ha acelerado en las últimas dos décadas.

Entre los efectos del calentamiento de los océanos destacan el aumento del nivel del mar, debido a la expansión térmica, el blanqueamiento de los corales, el deshielo acelerado de las principales masas de hielo de la Tierra, la intensificación de los huracanes, de las mareas y de las tormentas, y cambios en la salud y la bioquímica de los océanos (Durack *et al*. 2018[199], Sweet *et al*. 2022[200]). Como consecuencia de ello, se han descrito cambios significativos para la humanidad, para las especies marinas y en los ecosistemas de los océanos.

Las manifestaciones derivadas de los impactos del calentamiento de los océanos abarcan un amplio espectro de afectaciones, entre las que se mencionan cambios

[197] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2021. Despite pandemic shutdowns, carbon dioxide and methane surged in 2020. Artículo en línea: https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2742/Despite-pandemic-shutdowns-carbon-dioxide-and-methane-surged-in-2020

[198] Cheng L., J.A. Abraham, Z. Hausfather & K.E. Trenberth. 2019. How fast are the oceans warming? Observational records of ocean heat content show that ocean warming is accelerating. Science 363: 6423. doi: 10.1126/science.aav7619

[199] Durack P.J., P.J. Gleckler, S.G. Purkey, G.C. Johnson, J.M. Lyman, & T.P. Boyer. 2018. Ocean warming: From the surface to the deep in observations and models. Oceanography 31(2):41–51. https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.227

[200] Sweet W.V., B.D. Hamlington, R.E. Kopp, C.P. Weaver, P.L. Barnard, D. Bekaert, … & C. Zuzak. 2022. Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States: Updated Mean Projections and Extreme Water Level Probabilities Along U.S. Coastlines. NOAA Technical Report NOS 01. NOAA, National Ocean Service, Silver Spring, MD, 111 pp. https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/noaa-nos-techrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf

a nivel biogeográfico, fenotípico, de biodiversidad, en los tamaños de las comunidades y también modificaciones en los regímenes ecológicos. Se prevé que la variabilidad de dichos aspectos interferirán con los beneficios que proveen los océanos, sin embargo, a pesar de que el calentamiento es un hecho conocido y bien documentado, se desconocen los efectos que pueden derivar de los cambios que se produzcan en términos de la interacción entre especies, de sus efectos fisiológicos y en cuanto a aspectos abióticos (Laffoley & Baxter 2016[201], Ocean & Climate Platform 2019[202]).

Al estudiar los cambios climáticos ocurridos en el pasado, queda en evidencia como las respuestas biológicas de los organismos marinos presentan un patrón de cambio consistente con el aumento en las temperaturas. Las tendencias de incrementos en el calentamiento de las aguas promueven la movilidad de las especies hacia los polos, afectando su rango de distribución normal y aumenta la abundancia de las especies que suelen habitar aguas cálidas, en tanto que las de aguas frías disminuyen (Genner *et al*. 2017[203]).

En una línea similar, Lotze *et al*. (2019[204]), concluyen que el calentamiento de los océanos podría reducir en un 17% la biomasa de las especies marinas a nivel mundial a finales de siglo. Esto implica que todos los recursos pesqueros mundiales, sean peces, crustáceos, moluscos u otros, verán disminuida su productividad biológica debido al calentamiento de los océanos, y a la menor producción primaria. El estudio también señala que la biomasa oceánica animal global está declinando de modo constante con el cambio climático, y que estos impactos se amplifican en los niveles tróficos más altos, es decir, afectaría más a los peces más grandes o a los predadores que están en el tope de la cadena alimentaria.

Dado que el calentamiento de los océanos perturba el equilibrio químico normal de la estructura de la columna de agua, se desencadenan distintas reacciones entre las que se cuenta la pérdida de oxígeno disuelto, el cual sale del agua y pasa

[201] Laffoley D. & J.M. Baxter. 2016. Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. 456 pp. doi: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.08.en

[202] Ocean & Climate Platform. 2019. Ocean & climate change: New challenges. Focus on 5 key themes of the IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere, 40 pp.

[203] Genner M.J., J.J. Freer & L.A. Rutterford. 2017. Biological Responses to Ocean Warming. Foresight – Future of the Sea Evidence Review, Government Office for Science.

[204] Lotze H.K., D.P. Tittensor, A. Bryndum-Buchholz, T.D. Eddy, W.W.L. Cheung, E.D. Galbraith, … & B. Worm. 2019. Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences 116(26): 12907-12912. doi: 10.1073/pnas.1900194116

a la fase gaseosa en la atmósfera (Sutton *et al*. 2017[205], Laffoley & Baxter 2019[206]). Así, se ha determinado que el volumen de agua de los océanos que está desprovisto de oxígeno (anóxico) se ha cuadruplicado en los últimos 50 años. A medida que el agotamiento del oxígeno se vuelve más severo, persistente y generalizado, una mayor fracción de los mares y océanos pierde su capacidad de soportar biomasa. A partir de lo anterior, se postula que, las condiciones actuales son insostenibles y que, a largo plazo, pueden derivar en el colapso ecosistémico, lo que, a su vez, resultaría en daños económicos y sociales (Breitburg *et al*. 2018[207]).

Desde el comienzo de la revolución industrial, los océanos del mundo han absorbido aproximadamente un 30% de las emisiones de dióxido de CO^2 (Harrould-Kolieb & Savitz 2009[208]). Actualmente, gracias al trabajo en realizado en conjunto por 105 científicos provenientes de 80 instituciones de investigación, se sabe que dichas emisiones han aumentado, superando los niveles prepandémicos, y se espera que las emisiones del 2022, provenientes de la quema de carbón, gas y petróleo sean mayores a las del 2021 (Friedlingstein *et al*. 2022[209]).

Un aspecto fundamental de los cambios forzados en la química marina, causados por el aumento en las concentraciones de CO^2, es la sucesión de reacciones que promueven el incremento tanto en los niveles de acidez del océano, como en las concentraciones de bicarbonato y un detrimento en la presencia de los iones de carbonato. Este problema denominado acidificación de los océanos, ha sido comparado, en términos de la problemática que representa, con los desafíos que genera el efecto invernadero en la atmósfera, dado que está siendo el promotor de una variabilidad sin precedentes en la composición química de los océanos (Pelejero *et al.* 2010[210], Williamson & Turley 2012[211]).

[205] Sutton A.J., R. Wanninkhof, C.L. Sabine, R.A. Feely, M.F. Cronin & R.A. Weller. 2017. Variability and trends in surface seawater pCO2 and CO2 flux in the Pacific Ocean, Geophysical Research Letters 44: 5627–5636. doi:10.1002/2017GL073814

[206] Laffoley D. & J.M. Baxter. 2019. Ocean deoxygenation: everyone's problem. IUCN, Global Marine and Polar Programme https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.13.en

[207] Breitburg D., L.A. Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F. Chavez, D. Conley, …& J. Zhang. 2018. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. Science 359(6371) doi:10.1126/science.aam7240.

[208] Harrould-Kolieb E. & J. Savitz. 2009. Acidificación: ¿Cómo afecta el CO^2 a los océanos?, Oceana.

[209] Friedlingstein P., M. O'Sullivan, M.W. Jones, R.M. Andrew, R, L. Gregor, L., J. Hauck, … & B. Zheng, B. 2022. Global Carbon Budget 2022. Earth System Science Data 14: 4811–4900. https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022

[210] Pelejero C., E. Calvo & O. Hoegh-Guldberg. 2010. Paleo-perspectives on ocean acidification. Trends in Ecology and Evolution 25(6).

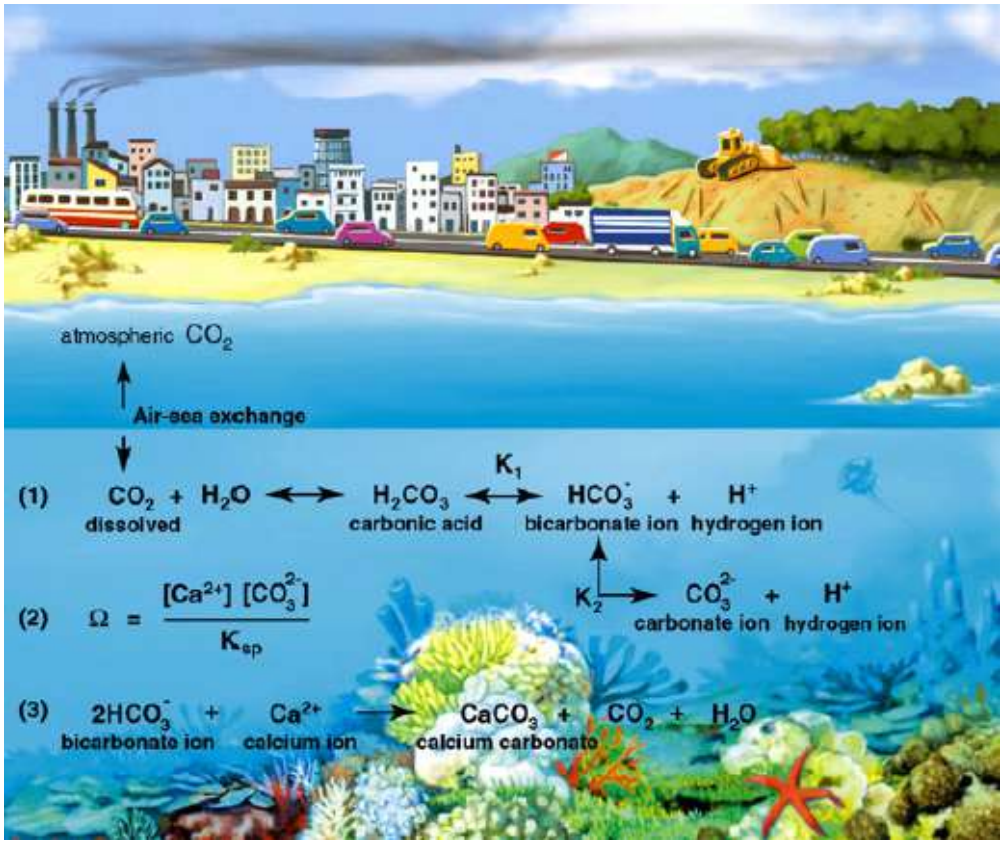
[211] Williamson P. & C. Turley. 2012. Ocean acidification in a geoengineering context. Philosophical Transactions of the Royal Society 370: 4317–4342. doi:10.1098/rsta.2012.0167

En la **Figura 6.22** se presenta una vista esquemática de la perturbación antropogénica del ciclo del carbono, la que se ha relacionado con actividades tales como la quema de combustibles fósiles y la deforestación. Se detalla la secuencia de reacciones químicas que ocurren producto del rol de sumidero que cumple el océano en la absorción del CO^2.

Entre los problemas que derivan de la acidificación de los océanos, se destaca el daño que le genera a los organismos que tienen estructuras corporales compuestas por carbonato de calcio, afectando especialmente a quienes poseen exoesqueletos, valvas o conchas.

Ello ocurre porque la baja en el pH disminuye la saturación de aragonita, mineral clave para la formación de conchas y esqueletos calcáreos de muchas especies marinas.

Figura 6.22. Esquema generalizado de las reacciones químicas en el agua de mar producto de la absorción del CO^2.



Fuente: Pelejero *et al*., 2010.

Con ello, se produce la deformación de dichas estructuras, afectando de manera muy perjudicial la sobrevivencia de estos organismos (Mann & Lazier 2006[212]).

En cuanto a los impactos relacionados a los recursos pesqueros, se ha establecido que es necesario considerar la acidificación en conjunto con otras forzantes para tener información de posibles desplazamientos de los stocks de peces. Con ello, se puede generar una base de trabajo que permita tomar decisiones a futuro relacionadas con el manejo pesquero (Green *et al*. 2021[213]).

En la actualidad, se cuenta con un marco de trabajo que permite definir como se deben enfrentar los desafíos que plantea la acidificación de los océanos. Al respecto, se menciona la importancia de contar con una red de trabajo que incluya a científicos y técnicos de diversas áreas de especialización, que abarquen tanto las ciencias naturales, como el desarrollo tecnológico. También es fundamental tener apoyo estatal y privado, y contar con el trabajo de especialistas en escalas regionales que definan aspectos asociados con zonas más acotadas. Asimismo, se debería tener acceso público a los datos de sistemas estuarinos, costeros y del océano abierto, así como contar con los productos informativos relacionados al manejo de pesquerías y de actividades de acuicultura. Otro aspecto que debería considerarse, es la integración de redes de trabajo que evalúen las consecuencias sociales y económicas derivadas de la acidificación (Tilbrook *et al*. 2019[214]).

En este sentido, la red internacional de colaboración denominada *Global Ocean Acidification Observing Netrwork* (GOA-ON) cumple una importante labor en la detección y comprensión de las forzantes que promueven procesos de acidificación en sistemas estuarinos, costeros y del océano abierto. Su labor busca entender las respuestas ecosistémicas ante la acidificación y obtener datos que optimicen el desarrollo y uso del modelamiento orientado a evaluar los impactos.

Los efectos y los riesgos derivados de la acidificación oceánica dependen del nivel de sensibilidad del área, de las especies y de los ecosistemas. Las estrategias que buscan dar solución a este problema aún se encuentran en etapas tempranas de

[212] Mann K.H. & J.R.N. Lazier. 2006. Dynamics of Marine Ecosystems, Biological–Physical Interactions in the Oceans. Blackwell Publishing 494 pp.
[213] Green H.Ll, H.S. Findlay, J.D. Shutler, P.E. Land & R.G.J. Bellerby. 2021. Satellite Observations Are Needed to Understand Ocean Acidification and Multi-Stressor Impacts on Fish Stocks in a Changing Arctic Ocean. Frontiers in Marine Science 8:635797. doi: 10.3389/fmars.2021.635797
[214] Tilbrook B., E.B. Jewett, M.D. DeGrandpre, J.M. Hernandez-Ayon, R.A. Feely, D.K. Gledhill, … & L. Telszewski. 2019. An Enhanced Ocean Acidification Observing Network: From People to Technology to Data Synthesis and Information Exchange. Frontiers in Marine Science 6:337. doi: 10.3389/fmars.2019.00337

desarrollo y existen brechas de colaboración entre la investigación científica y quienes son los responsables de la toma de decisiones (Cross *et al*. 2019[215]).

Además, es primordial desarrollar estudios que analicen los impactos en la trama trófica y en los tiempos de respuesta de los océanos, pues estos últimos presentan importantes diferencias con los tiempos en que se manifiestan los cambios a nivel terrestre (Chatterjee *et al*. 2017[216]). Así mismo, se deben desarrollar herramientas que apoyen la toma de decisiones y es necesario mantener redes de contacto entre los científicos y los usuarios de los recursos marinos afectados. Todas estas acciones permitirán promover la resiliencia ante los impactos que cause la acidificación oceánica (Cross *et al*. 2019 id.).

6.2. CAUSAS Y DETERMINANTES DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS DEL BORDE COSTERO

6.2.1. Los desequilibrios de las actividades productivas derivados de la explotación del mar

La contaminación marina se define como "la introducción, directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios), la cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro a la salud humana, alterar las actividades marinas −entre ellas la pesca− y reducir el valor recreativo y la calidad del agua del mar" (GESAMP, 1972[217]). El mar cubre el 71% de la superficie de la tierra, tiene 2,7 km de espesor promedio y 1.400.000 krn^3 que se distribuyen en toda la superficie terrestre. La magnitud de estas cifras ha contribuido al mito de que el mar tiene una capacidad de dilución infinita y que, por lo tanto, puede servir como un gigantesco vertedero para todos los desechos producidos por el hombre. Este mito estaría justificado si los desechos se dispersaran y diluyeran instantáneamente, pero en el mar los procesos físicos no actúan tan rápido. En algunas zonas los desechos se pueden acumular y, en consecuencia, dañar al medio.

[215] Cross J.N., J.A. Turner, S.R. Cooley, J.A. Newton, K. Azetsu-Scott, R.C. Chambers, … & L. Wickes. 2019. Building the Knowledge-to-Action Pipeline in North America: Connecting Ocean Acidification Research and Actionable Decision Support. Frontiers in Marine Science 6:356. doi: 10.3389/fmars.2019.00356

[216] Chatterjee A., M.M. Gierach, A.J. Sutton, R.A. Feely, D. Crisp, A. Eldering, … & D.S. Schimel. 2017. Influence of El Niño on atmospheric CO2 over the tropical Pacific Ocean: Findings from NASA's OCO-2 mission. Research Article Summary, Science 358: eaam5776. doi: 10.1126/science.aam5776

[217] GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

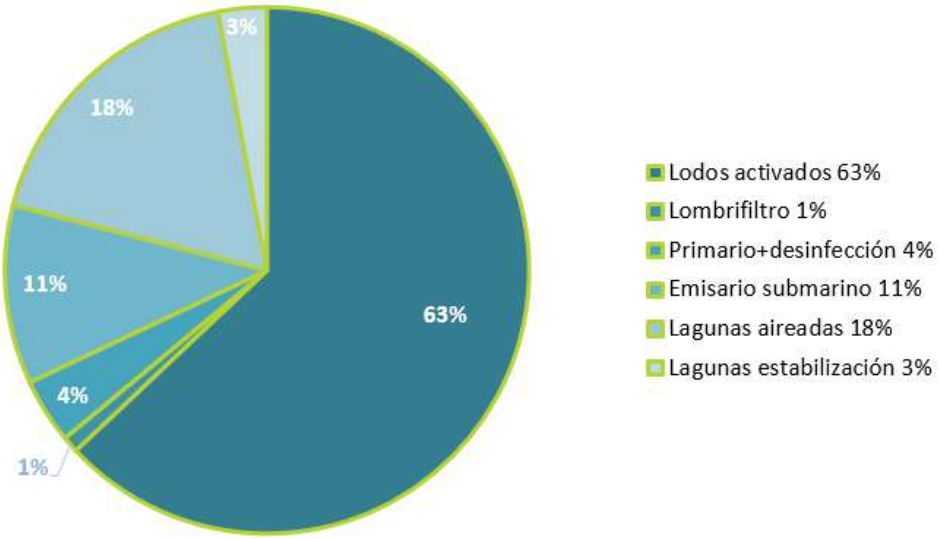
Uno de los procesos de contaminación marina de mayor preocupación es la de carácter químico, la que puede provenir desde una fuente natural (como, por ejemplo, una erupción volcánica) o un origen antropogénico. Ésta última, por lo general, la constituyen productos químicos que penetran en el medio ambiente y persisten en él, durante largos períodos de tiempo (Chiang 1988[218]). La contaminación química es provocada por la adición de sustancias de la más diversa composición, que en su conjunto alteran las propiedades que debe tener el agua para los distintos usos a que es destinada (López, 1994).

La calidad del agua en las zonas costeras y cercanas al litoral constituye un motivo creciente de inquietud, debido a que la contaminación es el mayor problema que afecta a estas zonas (Quilodrán 2002[219]). En Chile, a excepción de su capital administrativa (que no se localiza en un sector costero), las mayores poblaciones se concentran en las bahías o cercanas a ellas. Éstas son áreas protegidas en forma natural, por lo que en ellas se desarrollan actividades múltiples, generalmente incompatibles entre sí. La mayoría de las actividades desarrolladas actualmente en las bahías producen alteraciones y modificaciones del ambiente, pudiendo en su conjunto producir daños considerables en esta área (Ahumada 1995[220]). La diversidad de contaminantes que pueden llegar a acumularse en estas áreas puede transformar los sedimentos en una matriz de alta toxicidad, con procesos de desfaunación creciente (Mudge & Seguel 1999[221], Rudolph *et al.* 2002[222]). La materia orgánica presente en altas concentraciones en los sedimentos puede afectar el balance del oxígeno disuelto de los mismos, mientras que altos contenidos de metales pesados e hidrocarburos afectan la salud de los organismos, reducen la biodiversidad y la abundancia de especies (Van Den Hurk *et al.* 1996[223]). Mientras, como todas las urbes del mundo, las ciudades con mayor población generan mayores volúmenes de aguas servidas, las que en cualquier caso son sometidas a tratamiento.

[218] Chiang, J. 1988. Niveles de metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V región de Chile. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacifico Sudeste Chile, Viña del Mar, 9-13 mayo, Pág. 205-215.
[219] Quilodrán, B. 2002. Síntesis y Caracterización de resinas con capacidad extractivas de iones metálicos con impacto en el medio ambiente". Tesis de Magíster en Ciencias, mención Química, Universidad de Concepción.
[220] Ahumada, R. 1995. Bahías: áreas de uso múltiple, un enfoque holístico del problema de la contaminación. Ciencia y tecnología del mar (N° especial): 59-68.
[221] Mudge, S. & C. Seguel. 1999. Organic contamination of San Vicente Bay, Chile. Marine Pollution Bulletin 11(38): 1011-1021.
[222] Rudolph A, R Ahumada & C Pérez. 2002. Dissolved oxygen content as an index of water quality in San Vicente Bay, Chile (36º45´S). Environmental Monitoring and Assessment 78: 89-2002.
[223] Van den Hurk, P., R.H.M. Eertman & J. Stronkhorst. 1996. Toxicity of Harbour Canal sediments before dredging and after off-shore disposal. Marine Pollution Bulletin 34(4): 244-249.

A comienzos de los 90, se inició de forma preliminar la construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAS) en Chile. Este proceso fue acelerándose desde el año 2000, con la publicación de la "Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales (Decreto 90/01, ID 182637, Ministerio Secretaría Regional de la Presidencia), debido al sostenido aumento de las enfermedades gastrointestinales y entéricas asociadas al vertido de aguas residuales a los cauces superficiales. En la actualidad, Chile ha alcanzado niveles de cobertura en el tratamiento de las aguas residuales cercanos al 99% en sectores urbanos, ubicándolo a la altura de países desarrollados en la materia, Respecto al tratamiento de aguas servidas por parte de la industria sanitaria, existen 300 sistemas de tratamiento distribuidos a nivel nacional. Los más de 1.200 millones de metros cúbicos de aguas servidas tratadas, unos 38 m^3/s en función del volumen recolectado, se obtienen mayoritariamente a través de plantas de tratamiento de aguas servidas y también de sistemas primarios (asistidos, emisarios submarinos) (**Figura 6.23**).

Figura 6.23. Tipos de tratamiento de aguas servidas en Chile (SISS 2019[224]).



Se aprecia que el 11,0 % de las aguas tratadas van al mar (33 de las 300 plantas de tratamientos de aguas servidas), principalmente a través de emisarios submarinos, lo que se traduce en vertimiento de materia orgánica que altera las propiedades de las aguas y sedimentos marinos receptores.

224 Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2019. Resultados de Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Año 2019. http://www.siss.gob.cl/586/articles-17439_recurso_1.xlsx. Visitado el 05 de agosto de 2019.

Dada la extensa costa con que cuenta el litoral nacional, junto con la discontinuidad de ocupación del territorio, la dispar densidad poblacional y las diversas actividades productivas que se llevan a cabo a lo largo del territorio, hace que las fuentes de contaminación que afectan al borde costero y a los ecosistemas marinos sean distintos dependiendo de las Regiones en las cuales se centre el estudio. Por lo anterior, a continuación, se hará un breve repaso de las fuentes de contaminación que pueden menoscabar el borde costero considerando las regiones naturales de Chile.

6.2.2. Contaminación del mar y del borde costero debido a actividades terrestres residenciales, productivas y de consumo por grupo de regiones

Situación General del Borde Costero Nacional

Regiones XV, I, II y III

Las Regiones XV, I, II y III (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, respectivamente), abarcan todo el Norte Grande y parte del Norte Chico de Chile. Esta zona se asocia evidentemente con la explotación y refinación de diversos minerales. No obstante, el cobre encabeza el listado entre los minerales más importantes de Chile, siendo en la actualidad el principal productor de cobre de mina con 26,3% del mercado mundial durante el periodo enero – octubre de 2021, superando a Perú, China, Estados Unidos y Australia[225]. Lo anterior, ambientalmente, no ha sido gratuito. La producción del cobre se ha acompañado de pasivos ambientales, siendo los más importantes desde el punto de vista del medioambiente marino, la existencia de tranques de relaves cuyos residuos fueron descargados al mar durante años, ya sea en forma directa, a través de emisarios submarinos, como en forma indirecta, a través de cursos de aguas naturales (ríos, esteros). Esto trajo consigo amplias zonas costeras con presencia de altas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, mercurio, cadmio, níquel y zinc, entre otros. Caso emblemático lo constituye Chañaral: desde 1938 y hasta 1991 los relaves de Potrerillos y El Salvador se vaciaron, a través del río Salado, en el litoral de Chañaral, lo que repercutió directamente en la calidad ambiental de sus playas. De acuerdo a Fernández *et al*. (2001[226]), las aguas marinas de la zona intermareal de Chañaral presentaron valores de cobre promedio de 190 ppb, dos órdenes de magnitud por sobre los medidos más al interior y en otras áreas de la Región de Atacama. Esta alteración de las aguas y

[225] Guía Minera de Chile. (2022).
[226] Fernández, E., M.L. Silva, I. Sánchez., O. Pavez, R. Díaz R. & P. Fabry. 2001. Libro Resúmenes XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar. Página 31.

sedimentos por metales pesados no sólo puede causar la muerte de muchos organismos marinos, sino también algunos de ellos, como los moluscos filtradores, pueden bioacumular grandes concentraciones en sus tejidos, traspasando estos elementos en la trama trófica, pudiendo alcanzar al ser humano que consume a estos organismos. Esto resulta especialmente relevante en ciudades costeras del norte de Chile (Arica, Iquique, Antofagasta, por mencionar algunas), dada la gran cantidad de caletas pesqueras que se localizan en esta zona del litoral: 49 caletas pesqueras oficiales entre la XV y II Regiones de acuerdo al D.S. 240/1998 que fija nomina oficial de caletas de pescadores artesanales.

Adicionalmente, Vásquez (2005[227]) señala que, en general, en esta zona del norte de Chile los valores de cobre, níquel, arsénico, plata en el agua de mar y organismos marinos son inusualmente altos, en comparación con otros lugares del mundo y comparativamente mayores que en el resto del país. El mismo autor establece que reportes de la biodiversidad de macroalgas intermareales en catorce playas rocosas del norte de Chile, entre Antofagasta y Puerto Aldea, muestran que en áreas contaminadas por relaves de cobre (Caleta Palito, Santo Domingo y Chañaral), la única especie presente es la macroalga marina *Enteromorpha compresa*. En contraste, playas no contaminadas rocosas tienen entre diez a 22 especies de macroalgas.

Otra fuente importante de aportes de contaminantes al medio marino la constituyen los puertos comerciales, pesqueros y/o de cabotaje del norte de Chile. En esta zona del país es posible encontrar tres grandes puertos: Arica, Iquique y Antofagasta. A esto se adicionan otros puertos de menor envergadura como Patache, Mejillones, Taltal, Tocopilla, Huasco, Chañaral y Caldera (DIRECTEMAR 2016[228]). La ubicación de los puertos privilegia el interior de las bahías, considerando la protección a vientos y/o marejadas y, en general, la presencia de corrientes de menores magnitudes, aumentando así los tiempos de residencia y la sedimentación de partículas en dichos sectores. La actividad portuaria es compleja, requiere de servicios de carga/descarga, suministros, combustible, traslado de personal y reparaciones, lo que sumado a eventos de derrames crónicos de hidrocarburos e ingreso de residuos, hacen de las zonas portuarias sistemas fuertemente alterados, con una alta presión ambiental y una

[227] Vásquez, J. 2005. La minería en el norte de Chile. En: Buschmann, A. & Fortt, A. (eds.) Industria y Contaminación Marina. OCEANA. 38 p.

[228] Dirección del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar). Programa de Observación del Ambiente Litoral, (P.O.A.L.). https://www.directemar.cl/directemar/intereses-maritimos/p-o-a-l-programa-de-observacion-del-ambiente-litoral/programa-de-observacion-del-ambiente-litoral-p-o-a-l. Visitado el 05 de agosto de 2019

paulatina alteración de la calidad de las aguas y sedimentos (Ahumada 1995, Rudolph *et al.* 2002[229]). Existe abundante evidencia sobre la acumulación de contaminantes en el sedimento de las instalaciones portuarias y sus alrededores. Aguirre-Martínez *et al.* (2009)[230], por ejemplo, en estudio comparativo de los puertos de Iquique, San Vicente y Talcahuano, mostró que el puerto de Iquique presentó las mayores concentraciones de metales (20 µg/g de cadmio; 370 µg/g de plomo y 514 µg/g de cobre). Otras bahías del Norte Grande han sido profusamente estudiadas, como la Bahía de Mejillones del Sur (Valdés & Sifeddine 2009[231]; Valdés *et al* 2000[232], 2005, 2007), Bahía San Jorge (Calderón & Valdés 2012[233]), sistema de bahías de Caldera (Valdés & Castillo 2014[234]), por mencionar algunas. Calderón & Valdés (2012) encontraron que la mayor concentración de metales pesados en sedimentos correspondió al sector del Puerto de Antofagasta; en tanto, Valdés & Castillo (2014) concluyeron que los niveles de metales medidos en las bahías Caldera, Calderilla, Inglesa y Salada, mostraron un enriquecimiento incipiente de metales pesados asociado a la actividad antrópica desarrollada en la zona pero que, de momento solamente, suponen un riesgo ocasional para las comunidades bentónicas. Por su parte, Valdés & Sifeddine (2009) demostraron que en la Bahía Mejillones los sedimentos marinos estarían levemente enriquecidos en la actualidad por níquel, plomo y zinc, aun cuando los valores se mantendrían dentro de un rango cercano a los niveles preindustriales.

Otra fuente de aporte de contaminantes al medio marino en la zona norte analizada la constituyen los procesos de elaboración de la harina. Si bien la nueva institucionalidad ambiental ha permitido la disminución notable de la descarga de residuos industriales líquidos directamente desde el borde costero a las aguas y sedimentos marinos, no ha impedido la descarga del pescado desde las bodegas de los barcos, aportando principalmente agua y materia orgánica, reflejados en restos de pescado, escamas, vísceras, sangre, que son devueltos, la mayor de las veces, sin tratamiento alguno. La degradación de estos desechos puede ocasionar

[229] Ahumada, R.; Rudolph, A.; Contreras, S. 2002. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los sedimentos marinos de la región patagónica (52°-56° S), Chile. Ciencia y Tecnología del mar. 25: 77-86.
[230] Aguirre-Martínez, G., A. Rudolph, R. Ahumada, R. Loyola & V. Medina. 2009. Toxicidad no específica en sedimentos portuarios, una aproximación al contenido de contaminantes críticos. Rev. biol. mar. oceanogr. 44(3): 725-735.
[231] Valdés, J. & A. Sifeddine. 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(2): 131-141.
[232] Valdés, J., L. López, S. Lo. Mónaco & L. Orlieb. 2000. Condiciones paleoambientales de sedimentación y preservación de la materia orgánica en bahía Mejillones del Sur (23ºS), Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 35(2): 169-180.
[233] Calderón, C. & J. Valdés. 2012. Contenido de metales en sedimentos y organismos bentónicos de la bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 47(1): 121-133.
[234] Valdés, J. & A. Castillo. 2014. Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27°S), Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 42(3): 497-513.

zonas de microoxigenación o directamente hipoxia en la columna de agua, alterando el ecosistema marino.

Otra actividad que se vincula a los sectores costeros y que en los últimos años ha aumentado en Chile su presencia en el norte del país, son las centrales termoeléctricas, especialmente las que utilizan como fuente de energía el carbón. Como parte de su proceso de producción de energía, estas plantas deben ser enfriadas, para lo cual utilizan principalmente un sistema de enfriamiento directo en el que agua de mar es captada y bombeada a los condensadores, para luego ser emitida a una temperatura 8 a 12 °C por encima de su temperatura de entrada, siendo posteriormente devuelta con esta nueva temperatura al mar. Se estima que las termoeléctricas requieren de aproximadamente 95 litros de agua para producir 1 kWh, (Feeley III *et al*. 2008[235]). En el caso de termoeléctricas costeras, adicionalmente, la captación de agua implica además que grandes cantidades de organismos planctónicos sean sometidos a rápidos incrementos de temperatura y presión, daños mecánicos por abrasión y efecto de biocidas antiincrustantes, provocando impactos negativos sobre su abundancia, composición y sobrevivencia (Bamber & Seaby 2004[236]). Roco (2010[237]) demostró que el efecto combinado de aumento de temperatura en 6 °C y presencia de antiincrustantes disminuye drásticamente las tasas de ingestión de alimento y de crecimiento y la supervivencia de juveniles del gasterópodo *Concholepas concholepas*, además de afectar la producción de proteínas de estrés térmico. En la actualidad las centrales termoeléctricas forman parte del paisaje costero nacional, especialmente en algunas bahías. Así, en Bahía de Mejillones, AES Gener administra las centrales del Complejo Norte, que incluyen Cochrane (548 MW) y Angamos (545 MW), y la Central Nueva Tocopilla (277,3 MW), en Tocopilla. Mientras que en Huasco posee la Central Termoeléctrica Guacolda (760 MW). ENGIE, por su parte, tiene a cargo como parte del Complejo Norte, las centrales a petróleo diésel de Diésel Arica (14,3 MW), Diesel Iquique (43 MW), Diésel Tamaya (103,7 MW) y Termoeléctrica Tocopilla (41 MW); mientras que administra las centrales térmicas a carbón de Termoeléctrica Mejillones (225,9 MW) y

[235] Feeley III, T.J., T.J. Skone, G.J. Stiegel, J.R., A. Mcnemar, M. Nemeth, B. Schimmoller, J.T. Murphy & L. Manfredo. 2008. Water: A critical resource in the thermoelectric power industry. Energy 33: 1-11.

[236] Bamber, R.N. & R.M.H. Seaby. 2004. The effects of power station entrainment passage on three species of marine planktonic crustacean, *Acartia tonsa* (Copepoda), *Crangon crangon* (Decapoda) and *Homarus gammarus* (Decapoda). Marine Environmental Research 57: 281-294.

[237] Roco R. 2010. Efecto del aumento de temperatura y presencia de pintura anti-incrustante sobre la supervivencia, crecimiento, alimentación y estrés en juveniles de loco *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae): Impacto potencial de termoeléctricas costeras. Tesis de Licenciatura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo.

Termoeléctrica Tocopilla (397,32 MW) (http://generadoras.cl/). ENEL, en tanto, administra las centrales a gas natural de Atacama (780,6 MW) y Taltal (244,9 MW) en la Región de Antofagasta y la central a carbón Tarapacá TC (158 MW).

Junto con lo anterior, y teniendo como característica también la toma de agua, han comenzado a aparecer las plantas desalinizadoras, como respuesta a la escasez de agua potable y de agua para usos industriales en el norte de Chile. Una planta desaladora capta agua del mar y la procesa mediante distintos sistemas hasta convertirla en apta para el consumo humano y/o para usos industrial y agrícola. Desde el punto de vista medioambiental el funcionamiento de estas plantas se correlaciona con varios impactos en el medio marino: generación de descarga de salmuera (por lo general, hasta 69 g/L, considerando que el agua de mar en el norte de Chile promedia los 34-35 g/L), que pueden contaminar los acuíferos y dañar los ecosistemas acuáticos, debido al contenido en sales; succión de aguas con contenido de plancton, afectando la productividad primaria y secundaria; y aporte de contaminantes, debido a los pretratamientos químicos y anticorrosivos (cloruro férrico, ácido cítrico, ácido sulfúricos, entre otros compuestos).

Sólo por nombrar algunas, en Chile ya se encuentran funcionando las plantas desalinizadoras de Escondida EWS (2.500 L/s), ADASA La Chimba (1.053 l/S), Spence (Caitán) (1.000 L/s), Aguas Cap (600 L/s), Planta desaladora Cerro Grande (600 L//s), Planta Desalinizadora Minera Candelaria (500 L/s), Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde (120 L/s), Planta Desaladora Michilla (75 L/s), entre otras (**Figura 6.24**). De las plantas desalinizadoras funcionando en Chile, 78 % (6.200 L/s) se destinan a la minería, 19 % a las sanitarias (1.500 L/s) y un 3 % (300 L/s) a otras industrias. A esto se deben adicionar los nuevos proyectos que se encuentran en la actualidad en evaluación en el Sistema de Evaluación Ambiental.

Figura 6.24. Plantas desalinizadoras en el norte de Chile (ACADES 2022[238]).



El uso de agua de mar para propósitos de enfriamiento y de desalinización y su posterior descarga de aguas calientes e hipersalinas hacia el mar, evidentemente provoca efectos mortales inmediatos sobre diversos componentes de la flora y de la fauna, así como efectos indirectos, tales como alteración en la movilidad y comportamiento, crecimiento, tamaño o alteración de la madurez sexual de tales organismos.

Regiones IV a VII

Las Regiones IV a VII (Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y Maule, sin contar la Región Metropolitana), el desarrollo de la zona se basa fundamentalmente en las actividades comercial, silvoagropecuaria e industrial, en esta última destaca la

[238] Asociación Chilena de Desalinización A.G. (ACADES). La desalinización como nueva fuente de agua para Chile. 10 junio 2022. Universidad de Valparaíso.

industrialización de harina de pescado y conservas, así como también la minera, representada por la extracción de oro, plata, cobre y manganeso, ambas presentes en menor escala a la existente en la zona norte.

Por lo anterior, las principales fuentes de contaminación de mar la constituyen la agricultura (fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas principalmente), los que suelen alcanzar el mar desde zonas interiores a través de los ríos. Ejemplo de ello lo representa la cuenca del río Aconcagua en la V Región, que se constituye en el soporte para los principales asentamientos humanos, procesos productivos y de servicios de la Región de Valparaíso. De acuerdo al SISS (2022[239]) el río Aconcagua es el segundo eje de crecimiento de la región donde se llevan a cabo diferentes actividades de minería en la cordillera, como es la División Andina de CODELCO Chile en el río Blanco, y en las cabeceras de algunos tributarios (Estero Catemu, Los Litres). Existen también importantes proyectos hidroeléctricos en la zona (Termoeléctricas San Isidro y Nehuenco), que son alimentados con aguas de la parte alta de la primera sección del río Aconcagua, y una importante y extensa actividad agrícola. Otras actividades como extracción de áridos, industria manufacturera, turismo y servicio de transporte se desarrollan en la cuenca, haciendo de ella una zona de alta demanda y múltiples usos. La acción antrópica sobre el río Aconcagua ha influido en la pérdida evidenciada en la calidad del suelo y de las aguas marinas sobre las cuales descarga el río.

Otra fuente evidente de aporte de contaminantes a las aguas marinas en estas regiones son las descargas domésticas de aguas servidas y residuos industriales líquidos, como consecuencia de la alta actividad industrial y la presencia de los núcleos urbanos más importantes (Santiago, Valparaíso), con alta densidad poblacional. En estas regiones se encuentran 2 de las tres regiones más grandes de Chile: Metropolitana de Santiago (7.112.808 habitantes) y Valparaíso (1.815.902 habitantes) (INE 2017). Lo anterior genera gran cantidad de aguas servidas que, si bien gran parte de ellas reciben un tratamiento antes de ser vertidas al mar, aún persisten aguas que se vierten directamente al mar por múltiples efluentes existentes a lo largo de la línea de costa, generando principalmente contaminación microbiológica por altos contenidos de coliformes fecales. Esto último no sólo repercute en la salud de las personas en forma directa por contagio de enfermedades infecciosas (cólera, hepatitis, etc.), sino que también se puede afectar la salud de la población a través del consumo de

[239] SISS. https://www.siss.gob.cl/586/articles-19738_recurso_Resultado2020.xlsx. Visitado el 26 de diciembre de 2022.

pescados y mariscos contaminados con agentes patógenos causantes de una serie de enfermedades, especialmente del tipo gastrointestinal. Sólo a modo de ejemplo, de acuerdo a la información entregada por Esval S.A. (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral), año 2017, de los 134.749.898 m^3 tratados en el año 2017, un 73,4% corresponde a emisarios submarinos, un 19,6% a lodos activados y solo un 7,0% a lagunas aireadas.

Finalmente, debe destacarse que entre las Regiones IV y VII también se hayan un sistema importante de bahías que albergan muchas actividades industriales, destacando las del tipo portuaria, pesquera, acuícola y energía. Así, el sistema de bahías de la IV Región, constituye un foco importante de actividad portuaria, pesquera y acuícola, que ha generado impacto en las mismas. Destacan las bahías de Coquimbo, Guanaqueros y Tongoy. En este se encuentra el puerto de Coquimbo y el de Tongoy, con sus respectivos aportes de sustancias contaminantes al medio marino. La actividad pesquera también resulta relevante: sólo en la IV Región se localizan 33 caletas pesqueras oficiales (D.S. 240/1998). La actividad acuícola es activa también en la IV Región, la que produjo en el año 2021 (SERNAPESCA 2021[240]), 372 toneladas del alga pelillo, 151 ton de abalón rojo, 3.654 ton de ostión del norte y 37 ton de ostra del pacífico. El cultivo de organismos filtradores como ostiones y ostras, aunque no implica un suministro externo de alimento, también tiene diferentes efectos ambientales y concentran elementos de desecho en las inmediaciones a los centros donde son cultivados. Sin embargo, es necesario indicar que sus efectos son al menos 15 veces menores que el de organismos que requieren un aporte exógeno de alimento como en el caso de los salmones. A pesar de ello, debe indicarse que los filtradores producen un aumento de la biodepositación en el lugar de cultivo junto con una disminución de la sedimentación en un área geográfica mayor, fenómeno que no ocurre en el cultivo de salmones.

Las bahías en la V Región también presentan ocupación portuaria, pesquera, de proyectos energéticos y desalinizadoras, entre otros usos. Así, la bahía de Quintero presenta múltiples usos, todos los cuales generan intervención antrópica. Destacan las Centrales Termoeléctricas Campiche y la Central Termoeléctrica Ventanas (Unidades 1, 2, 3 y 4) de AES Gener con 884 MW instalados (aunque ya han dejado de funcionar las Unidades 1 y 2), y la Central Térmica Quintero (257 MW) de ENEL; el Puerto de Ventanas (aportando carbón y

[240] Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2021. http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/2021_0302_desembarque_total_por_region.xlsx. Visitado el 26 de diciembre de 2022.

cobre al borde costero), 4 terminales marítimos de combustibles, pertenecientes uno a Oxiquim y los otros tres a la Refinería de Petróleos de Concón (ENAP), las caletas pesqueras de El Embarcadero y El Manzano, playas de uso turístico como Loncura y Ventanas, Áreas de Maneo y Explotación de Recursos Bentónicos (Ventanas – Los Lunes y Norweste Península Los Molles), entre otras actividades. Un completo catastro y análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en las aguas marinas de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví se encuentra contenido en el estudio realizado por el CEA (2013[241]).

Desde la VI a la VII Regiones la información sobre contaminación marina es muy escasa. No se registran puertos de importancia, con excepción del puerto privado de Constitución. Se ha identificado que en la Región del Maule casi la totalidad de las localidades descargan indirectamente sus aguas servidas al mar, ríos, esteros o canales, los que tienen como punto común de encuentro el océano.

Regiones VIII a X

Esta es una zona que cuenta con variados recursos naturales, los que constituyen el desarrollo de múltiples actividades, que incluye la agrícola, ganadera, industrial forestal, del papel y la celulosa, minería del carbón y del acero, constituyéndose además como la principal zona productora de harina de pescado y desarrollo de la acuicultura del país. También se constituye como una zona con alta densidad poblacional. De hecho, la VIII del Biobío[242] es la tercera región con mayor cantidad de habitantes (1.556.805 habitantes, INE, 2017). También destaca entre estas regiones el sector silvoagropecuario, cuya producción constituye la materia prima fundamental para el desarrollo de la agroindustria de la zona como, por ejemplo, lecherías, molineras, plantas faenadoras de carnes, entre otras.

La VIII Región se caracteriza por poseer bahías de múltiples usos altamente intervenidas. Ejemplo de ello es la Bahía San Vicente-Talcahuano. En la bahía San Vicente coexisten distintas actividades: un complejo siderúrgico, industrias químicas, industrias pesqueras, astilleros menores, actividades de cabotaje, puerto pesquero artesanal, bancos de mariscos de explotación artesanal y áreas de cultivo marinos. Ya en 1989, Ahumada *et al.*[243] indicaron que en términos

[241] Centro de Ecología Aplicada. 2013. Análisis de Riesgo Ecológico por Sustancias Potencialmente Contaminantes en el Aire, Suelo Y Agua, en las Comunas de Concón, Quintero y Punchuncaví. Informe Final. Ministerio de Medio Ambiente. 380 p.

[242] Desde el 2 de agosto de 2017, la Región del Biobío fue dividida en 2: Región del Biobío y Región de Ñuble, por lo que la Región de Valparaíso pasó a ser la segunda región con mayor cantidad de habitantes.

[243] Ahumada, R., A. Rudolph, S. Madariaga & F. Carrasco. 1989. Descripción de las condiciones oceanográficas de la Bahía San Vicente y antecedentes sobre los efectos de la contaminación. Biología Pesquera (Chile) 18: 37-52.

estéticos, en esta bahía el deterioro ambiental es evidente y se observan incompatibilidades de usos. En la década de los 80´, el crecimiento de la industria pesquera de la Región del Biobío fue notable, instalándose numerosas industrias que poseían tecnologías inadecuadas u obsoletas para evitar la contaminación marina con sus aportes de riles a las bahías de la zona. Las industrias de harina de pescado, ubicadas en Talcahuano y San Vicente, emitieron altos niveles de grasas y aceites al mar, como también significativas concentraciones de desechos nitrogenados, provenientes de la degradación de proteínas musculares del proceso de cocción de peces y de su sangre. En muchos casos, estas aguas fueron vertidas con altas temperaturas y con compuestos químicos. En 1988, los problemas de contaminación marina por riles en Talcahuano y San Vicente alcanzaron sus niveles más críticos, con nueve industrias pesqueras en operación en Canal El Morro o Rocuant y seis en Bahía de San Vicente, vertiendo sus riles al medio marino, a veces directamente sobre las playas. Los efectos más negativos se observaron en Marisma Rocuant transformando rápidamente este ecosistema en un lugar pestilente por los malos olores, con vegetación cubierta de aceites y grasas y eliminado todo rastro de vida acuática que existía en el (EULA, 2014[244]). Hoy en día la situación ha cambiado, pero aun la marisma no se recupera totalmente, pese a que desde el año 1990, existen diversos reglamentos y decretos que obligaron a las industrias pesqueras de la zona a mejorar sus procesos productivos, principalmente sus riles, y, de este modo atenuar la contaminación del medio marino, terrestre y atmosférico. Los problemas de contaminación más serios que produjeron los riles pesqueros sin un adecuado tratamiento en el ambiente marinos costeros fueron: a) disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua debido a la demanda para oxidar la materia orgánica; b) creación de bolsones de aguas sin oxígeno; c) aumentos de la temperatura del agua; y, d) cubrimientos de la superficie del agua y orillas de playas con capas de aceites y grasas insolubles.

Otras áreas costeras que están afectadas por las descargas de riles son Lota, Coronel y Arauco, donde la existencia de industrias pesqueras en las dos primeras, y de celulosa, en la última, sumadas a las descargas directas de aguas servidas crean situaciones de alta contaminación química y orgánica con la consiguiente desafinación en el bentos marino.

[244] EULA. 2014. Proyecto Análisis de Riesgos de Desastres y Zonificación Costera, Región del Biobío. Código BIP 30098326. Expediente Comunal Talcahuano. Gobierno Regional Región del Biobío. 89 pp.

La Bahía de Concepción también ha sido estudiada desde ya hace algunos años. Chuecas (1989[245]) determinó en sedimentos marinos de la bahía que las concentraciones promedios máximas de mercurio (1,32 ppb) corresponderían a valores muy superiores, tanto al estándar EPA (0,10 ppb) como también a la concentración natural promedio (0,05 ppb). No obstante Carrera et al. (1993)[246] consideraron que los niveles de cadmio, cobre, cobalto, níquel, plomo y zinc en la bahía de Concepción eran bajos y similares a los niveles considerados como naturales. También Franco *et al*. (2001[247]) analizaron los contenidos de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en la bahía Concepción, concluyendo que los sedimentos de las estaciones localizadas cercanas a los puertos de Penco y Lirquén y desembocadura del río Andalién (y puerto de Talcahuano presentaron las mayores concentraciones de hidrocarburos alifáticos. Los resultados indicaron también al puerto de Talcahuano, como el área de mayor acumulación de hidrocarburos tanto alifáticos como aromáticos. En tanto, Werlinger & Salamanca (2017[248]) analizaron la presencia de metales pesados en tejidos de organismos provenientes del sector aledaño a Isla Rocuant, Bahía Concepción. Los organismos estudiados fueron los bivalvos bentónicos *Tagelus dombeii* ("navajuela"), *Mulinia edulis* ("taquilla"), las macroalgas *Gracilaria chilensis* ("pelillo") y *Rhodymenia* sp ("rodymenia") y el pez *Stromateus stellatus* ("pampanito"). Los metales analizados en sus tejidos fueron Cd, Fe, Hg, Pb y Zn. En general, los metales encontrados presentaron concentraciones comparables con los valores reportados en la literatura para las mismas especies, pero en otras localidades, por lo que reflejaron una condición natural, indicando además que los niveles de Cd, Hg y Pb en los moluscos bivalvos se hallaron bajo los niveles de aceptación para productos de exportación. Se destacó en este estudio, además, que en el caso del Pb, este se halló bajo los niveles de detección analítica en todos los organismos, al igual que el Cd en el pez *S. stellatus* y el alga *G. chilensis*, mostrando una mejora de las condiciones de esta bahía.

Como se mencionó anteriormente, la alta población de la VIII Región ha generado también problemas en la descarga de aguas servidas al mar. La habilitación de emisarios submarinos para eliminar las aguas servidas se ha incrementado en la

[245] Chuecas, L. 1989. Contaminación marina por metales pesados en el litoral de la región del Biobío, Concepción, Chile: el caso del mercurio y el cadmio. Amb. y Des., 1: 137-145.
[246] Carrera, M., P. Valenta. R. Ahumada & V. Rodríguez. 1993. Determinación voltamétrica de metales traza en la columna de agua y sedimentos en la Bahía de Concepción. Rev. Biol. Mar., 28(1): 151-163.
[247] Franco, C., A. Rudolph, J. Becerra & A. Barros. 2001. Análisis de Hidrocarburos en Sedimentos de Bahía Concepción por Cromatografía en Capa Fina. Libro Resúmenes XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar. página 33.
[248] Werlinger C. & M. Salamanca. Contenido de metales en muestras biológicas de la isla Rocuant, bahía Concepción, Chile. Gayana (Concepción). http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382017000100017.

VIII Región. En la actualidad, existen tres emisarios de este tipo ubicados en los sectores de Penco-Lirquén, Tomé y Coronel Sur, y pronto estarán en funcionamiento los de Coronel Norte, Lota y San Vicente-Talcahuano. Este último será el de mayores proporciones, internándose en el mar 1.800 m en Punta Los Lobos, en el sector norte de la Bahía de San Vicente.

También existe presencia de generadoras eléctrica a carbón en la VIII Región. Aquí ENEL es propietaria de la Central Térmica a carbón Bocamina (478 MW), la cual también capta agua de mar (45.000 m^3 h^{-1}) para el sistema de refrigeración, con las consecuencias ambientales que ya se han mencionado. No obstante, en septiembre de 2022 se concretó el cierre de Bocamina II en Coronel. Todo ello dentro del Plan Nacional de Descarbonización del Estado de Chile firmado en junio de 2019, cuando ENEL Chile y sus filiales comprometieron voluntariamente el cierre anticipado de todas sus plantas a carbón. El 31 de diciembre de 2019 se desconectó la unidad a carbón de Central Tarapacá, mientras que el 31 de diciembre de 2020 cerró Bocamina I.

Finalmente, la costa de la VIII Región es una importante zona de actividad portuaria que atiende la demanda de transporte de diversos tipos de cargas que llegan o salen vía marítima. En el litoral de la región existen muelles para la operación de buques de cargas en Lirquén, Talcahuano, San Vicente, Huachipato y Lota y desembarque de pesca en Tomé, Lirquén, Penco, Talcahuano, San Vicente, Lota, Coronel y Lebu. Como se ha descrito, toda la actividad portuaria tiene potenciales impactos sobre el ambiente marino en su construcción (instalación de pilotes y molos de protección para los muelles), los que una vez funcionando pueden alterar los flujos de corrientes y depositación de sedimentos. Junto con lo anterior se debe destacar la actividad de reparación y/o construcción de buques y naves mayores en diques o astilleros como los de ASMAR, en el suroeste de la Bahía de Concepción y de la empresa MARCO, en el sector norte de la Bahía de San Vicente, dentro del puerto del mismo nombre. Esta actividad genera focos de contaminación por el uso de pinturas tóxicas antiincrustantes a base de compuestos químicos como el estaño, por eliminación de restos de pinturas y arena en el proceso de repintado de los cascos y estructuras de las naves, y en general los residuos de diferentes tipos resultantes de la mantención o carena de las embarcaciones (CONAMA, 2013[249]).

[249] Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2013. De Mar a Cordillera. Octava Región del Biobío. 147 pp.

En la IX Región de La Araucanía la contaminación de los cursos de agua se debe a la presencia de ciudades ubicadas en las riberas de los ríos, como Temuco, Lautaro, Nueva Imperial y Carahue, entre otros. La mayor parte de ellas vierten sus aguas servidas sin tratamientos y a pesar de que actualmente se piensa que los ríos aún son capaces de autodepurar sus aguas, no se ha evaluado científicamente el impacto futuro, al ritmo actual de crecimiento de las ciudades. El litoral marino de la IX Región se extiende por unos 120 km. La costa es en general, rectilínea y por lo mismo abrupta, careciendo de puertos abrigados que permitan una explotación industrial de los recursos marinos, aunque hay un predominio de líneas arenosas y vastos campos de dunas. Los dos ríos más importantes que desembocan en el mar son el Imperial, en Puerto Saavedra, y el río Toltén. El estudio efectuado por CADE-IDEPE (2004)[250] para la Dirección de Aguas de Chile caracterizó la cuenca del río Imperial detallando el conjunto de ríos que aportan a la cuenca y determinando una serie de fuentes de contaminación del tipo difusa desde centros poblados, por y plaguicidas y fertilizantes, que podrían modificar parámetros como pH, metales traza como el cobre, cromo hierro, manganeso y aluminio, entre otros, que llegarían finalmente al mar.

Otro aspecto significativo de la IX Región es la intensa explotación de los recursos marinos, la cual se ha intentado palear con el establecimiento de AMERBs, localizadas en Queule y la barra del Toltén. Una situación similar se aprecia en la XIV Región de Los Ríos. No obstante en ella, el foco de la contaminación se ha centrado en sus ríos, siendo emblemático el caso del denominado “desastre” del Santuario de la Naturaleza del Río Cruces – un área protegida oficialmente desde 1981 por el Estado de Chile y por la Convención RAMSAR –, que comenzó a dar sus primeras señales en mayo de 2004, a cuatro meses de la entrada en operación de la Planta de Celulosa de CELCO, con cambios de conducta de los cisnes de cuello negro, hasta registrar la muerte de más de mil cisnes. Este río pasa en su trayecto por las localidades de San José de la Mariquina, Punucapa y Valdivia, y se une finalmente al río Valdivia que desemboca en el mar. El río Valdivia, por su parte, nace en la ciudad de Valdivia donde confluyen los ríos Calle-Calle y Cau-Cau, en el sureste de la Isla Teja. Luego fluye al sur de la isla y recibe las aguas del río Cruces para terminar en la Bahía de Corral, donde desemboca. La importancia de la cuenca del río Valdivia y su influencia en el estado ambiental de la costa en donde desembocan queda de manifiesto en que, en enero de 2015, mediante DS. 1/2015 MMA, se “Establece normas secundarias de calidad ambiental para la

[250] CADE-IDEPE. 2004. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Imperial. Technical Report. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Elaborado por: Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Imperial.pdf.

protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia", reconociendo la relevancia del estuario del río Valdivia, dada su función biológica irremplazable en la producción y el desarrollo de numerosas especies, a tal punto que son reconocidos como verdaderas "áreas de crianza" y hábitats promotores para el desarrollo de larvas de distintas especies de peces, debido a su alta producción biológica, tanto primaria como secundaria. Asimismo, en la parte terminal del río Cruces se ubica el humedal río Cruces, de tipo costero estuarial, que se formó como consecuencia del hundimiento del terreno por el terremoto de 1960. Éste fue declarado "Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo" (Decreto supremo Nº 2.734 del 3 de junio de 1981 del Ministerio de Educación). Adicionalmente, por ser un sitio de relevancia para las especies, comunidades, ecosistema en general y en particular para aves acuáticas y peces, el 27 de julio del año 1981 fue declarado Humedal de Importancia Internacional en el marco de la Convención de RAMSAR, denominado "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter" (Nº Lista RAMSAR 6CL001). Finalmente, la importancia del río Valdivia y su influencia en el estado del borde costero donde desemboca, se refleja en la alta biodiversidad del mismo, contando con registros de 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos y 20 especies de fauna íctica (70% endémicas y 17 en alguna categoría de conservación).

Cabe mencionar, adicionalmente, que en las riberas de la cuenca del río Valdivia habita una población de aproximadamente 370 mil habitantes (INE, 2017). Asimismo, los usos de suelos colindantes corresponden a bosque nativo (49%), actividad agropecuaria (28%) y plantaciones forestales (15%). Las principales actividades económicas asociadas a la cuenca y al sistema estuarial corresponden a las actividades silvoagropecuarias, agrícolas, ganaderas, industriales, con un gran número de empresas de este rubro (principalmente empresas forestales e industrias de la madera) y, en menor medida, actividades de acuicultura (cultivos de mitílidos y salmónidos). Además, esta cenca es de importancia turística para la región y en ella se realizan actividades de pesca deportiva, destacándose además su uso como fuente de provisión de agua potable. La población urbana de la parte baja de la cuenca se concentra mayoritariamente en la ciudad de Valdivia, la cual en su mayoría posee servicios de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas. No obstante, claramente todas estas actividades ejercen presión sobre la calidad de las aguas de la cuenca del río Valdivia, lo que llevó a la elaboración de la citada norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. Esto será de vital

importancia, pues en las riberas de la cuenca se hallan 12 caletas pesqueras, mientras que en el borde costero de la desembocadura del río se localizan 45 AMERBs (SUBPESCA, 2022[251]).

En tanto, la X Región presenta, como principal fuente contaminante del mar, la fuerte actividad de acuicultura, cuya expansión en cuerpos de agua marinos y lacustres, ha producido beneficios socioeconómicos sustanciales para el país. Sin embargo, en algunos cuerpos de aguas que son utilizados para esta actividad ha acarreado cambios ecológicos indeseables. Los principales impactos asociados a la acuicultura en la X Región (y también en las Regiones XI y XII), de acuerdo a Buschmann (2001[252]), consideran el aumento de alimento no consumido por los peces y aumento de los desechos de los peces, con el concomitante aumento de nutrientes en la columna de agua y en los sedimentos submareales que se encuentran bajo los centros de cultivo, mientras que aumento de materia orgánica puede llevar a la eutroficación de los sedimentos y, cuando esta capacidad de carga es superada y no es posible degradar aeróbicamente esta materia orgánica, comienza a producir procesos de degradación anaeróbica, con la consecuente producción de ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno (H2S) y emisión de gases desde los sedimentos. También se asocia a la salmonicultura, la propagación de enfermedades y disponibilidad de fármacos (antibióticos) en el medio, debido a un aumento de la biomasa de cultivo. Luengo & Díaz (2022[253]), indican, además, que es posible identificar los siguientes impactos de la salmonicultura: i) generación de desechos orgánicos e inorgánicos; ii) polución biológica producto del escape de peces y; iii) uso excesivo de productos químicos como antiparasitarios, antibióticos y antifúngicos.

Independiente de lo anterior, las aguas y fondos marinos de la X Región no se hayan exentas de otros contaminantes, como hidrocarburos. Bonert *et al.* (2010[254]) analizaron la presencia de hidrocarburos en sedimentos superficiales del Seno Reloncaví y el Golfo de Corcovado. Los autores detectaron la presencia de hidrocarburos alifáticos procedentes de plantas terrestres, pero confirmaron en la localidad de Quellón la presencia de muestras asociadas a combustibles derivados

[251] SUBPESCA. 2022. https://mapas.subpesca.cl/ideviewer/. Visitado el 26 de diciembre de 2022.
[252] Buschmann, A. 2001. Impacto Ambiental de la Acuicultura el Estado de la Investigación en Chile y el Mundo. Terram Publicaciones 77 pp.
[253] Luengo S. & F. Díaz. 2022. Proyectos de acuicultura en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.: Hacia una delimitación conceptual y práctica de su evaluación. Revista de derecho (Coquimbo. En línea). 29, (ago. 2022), e4483. DOI:https://doi.org/10.22199/issn.0718-9753-4483.
[254] Bonert, C., L. Pinto & R. Estrada. 2010. Presencia de hidrocarburos en agua y sedimentos entre el Seno Reloncaví y el Golfo Corcovado (X Región) - CIMAR 10 Fiordo. Cienc. Tecnol. Mar, 33 (2): 89-94.

del petróleo. Alarcón (2002[255]), por su parte, determinó la presencia de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimentos de la Bahía de Puerto Montt. En agua de mar Alarcón (2002) halló concentraciones promedio de Cu de 1,80 µg/L, Cd 0,03 µg/L, Ni 0,8 µg/L, Pb 0,59 µg/L, As 0,7 µg/L y para Hg de 0,24 µg/L). En las muestras de sedimento el autor determinó concentraciones promedio de Cu de 29,6 mg/kg, Cd 0,06 mg/kg, Ni 13,19 mg/kg, Pb 2,07 mg/kg, As 2,59 mg/kg y Hg de 0,02 kg/kg. El autor concluye que hay un efecto de las actividades producidas por el hombre en las zonas cercanas a la Bahía de Puerto Montt, debido a las descargas de sus desechos directamente al mar, como las empresas salmoneras, astilleros, los emisarios del alcantarillado, etc. Además, habría evidencias de la contaminación antrópica debida a los vehículos motorizados, humo de las chimeneas, etc., dada la elevada concentración de los metales analizados especialmente en el punto de muestreo de Puerto Montt. Estas conclusiones fueron compartidas por el estudio de Peña (2006[256]), quien concluyó que habría localidades como Chinquihue y Puerto Montt que presentan mayores concentraciones de ciertos metales en sedimentos a diferencia de las otras localidades: Cu 38,92 (µg/g) en Chinquihue, Cd 0,148 (µg/g) en Puerto Montt, Pb 12,97 (µg/g) en Puerto Montt, Hg 0,24 (µg/g) en Puerto Montt y As 11,59 (µg/g) en Chinquihue. Esto evidenciaría impacto de estas localidades por elementos traza.

Regiones XI a XII

Estas regiones basan su desarrollo económico esencialmente en su amplio potencial silvoagropecuario, pesquero y minero. En este último caso, resulta relevante la explotación de hidrocarburos, la que se lleva a cabo tanto en el continente como en la plataforma continental sobre el Estrecho de Magallanes.

En particular, la XII Región presenta actividades de extracción de petróleo desde plataformas marinas, a lo que se suma el elevado tráfico de barcos que navegan la zona de los canales y que cruzan el Estrecho de Magallanes. Dado que esta es una zona de fiordos, estrechos y canales, la convierte en un área de riesgo y daño ambiental potencial por hidrocarburos debido a las dificultades que presentan a la navegación y la cercanía a la costa. Un hecho histórico que avala este riego lo constituye el varamiento del B/T “Metula”, que en agosto de 1974 encalló en el

[255] Alarcón, S. 2002. Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la Bahía de Puerto Montt, año 2002. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico. 88 pp.

[256] Peña, N. 2006. Determinación de elementos traza (Ni, Cu, Pb, Cd, As y Hg) en el Seno de Reloncaví, 2003. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico. 91 pp.

Estrecho de Magallanes, derramando aproximadamente 57 millones de litros de petróleo (Gunnerson & Peter, 1976[257]). Junto a lo anterior, el tráfico marítimo también trae asociado el vertimiento de toda clase de restos de víveres, residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario desarrollado a bordo de un buque.

Por lo anterior, no es de extrañar que Lecaros *et al.* (1997[258]) hallaron hidrocarburos alifáticos en sedimentos marinos del estrecho de Magallanes y Canal Beagle. El 50% de las estaciones muestreadas por esos autores mostraron características propias de una contaminación reciente y el 30% restante indicios claros de contaminación crónica, estas últimas todas localizadas en el estrecho de Magallanes. Años antes, Lecaros & Lorenzo (1994[259]) también informaron de presencia de metales pesados (bario, cobre, cobalto, cromo, manganeso, níquel, vanadio y zinc) en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle.

Otro problema asociado también con la navegación, la cual se hace extensivo tanto a la XI como a la XII Regiones, es el vertimiento de residuos de plásticos al mar. Estos dañan aves, mamíferos y reptiles marinos, que mueren ahogados o ahorcados al enredarse con fibras o restos de plástico, o intoxicados al ingerir partículas de plástico que confunden con alimento. Esto se ha convertido en un problema global para los océanos, como lo ha descrito recientemente Eriksen *et al.* (2014[260]) y Jambeck *et al.* (2015[261]). El problema de los desechos plásticos también se ha comenzado a agravar en las regiones más australes dado el auge de la acuicultura, que aporta con restos de redes, boyas, balsas jaulas plásticas y otros desechos, que también derivan hacia la costa y se acumulan en las playas, contaminando y ensuciándolas; como también pueden terminar por depositarse en los fondos marinos, lo que implica muy escasa probabilidad de degradarse. Esto será tratado de manera particular en el apartado 6.1.4.4.

A pesar de lo anterior, una extensa región de esta zona permanece aún casi virgen. Constituye el sector menos alterado y contaminado de nuestro país, aun cuando existen casos puntuales de contaminación. En este contexto, el Programa

[257] Gunnerson, Ch. & G. Peter. 1976. El derramamiento petrolífero del METULA. NOAA Special Report. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
[258] Lecaros O, R Juan & M Lorenzo. 1997. Hidrocarburos alifáticos en sedimentos de fondo marino en el Estrecho de Magallanes y canal Beagle, Revista de Biología Marina, 32 (2): 203-213.
[259] Lecaros O & M Lorenzo. 1994. Presencia de metales pesados en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle. Revista de Biología Marina, 29 (1): 127-136.
[260] Eriksen, M., Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, *et al*. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLoS ONE 9(12): e111913.
[261] Jambeck, J., R. Geyer, C. Wilcox, T. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan & K. Law. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean, Science 13 (347): 768-771.

CIMAR (Cruceros de Investigación Marina del Comité Oceanográfico Nacional – CONA), se tradujo en un importante centro de recopilación de valiosa información del área de los fiordos y canales australes. Entre octubre de 1995 y marzo de 1999 se llevaron a cabo 4 Programas CIMAR-FIORDO, los que prosiguieron con 6 campañas más entre noviembre de 2001 y noviembre de 2006. Fruto de estos cruceros se generaron decenas de publicaciones científicas, cuya extensión se escapa de esta revisión y que se encuentran recopilados por Silva & Palma (2006[262]) en "Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos". En esta recopilación destaca el trabajo de Ahumada (2006[263]) que analizó muestras de sedimentos para el análisis de Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn, en tres zonas en la región de fiordos y canales australes: Puerto Montt a laguna

San Rafael, golfo Penas a estrecho Magallanes y estrecho Magallanes a cabo Hornos. En este estudio se confirmó que los fiordos australes se han mantenido en condiciones prístinas y que es preciso cautelar esta condición. El único sector que registró un enriquecimiento de los metales Zn y Pb correspondió al área de Puerto Chacabuco en Aysén. Silva (2006) caracterizó físico-químicamente los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes, entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes, en cuanto a contenidos de materia orgánica total (MOT), carbono orgánico (C-org) y nitrógeno orgánico (N-org). Este y los estudios de Silva *et al*., (1998[264], 2001[265]) determinaron que la región de canales y fiordos australes puede ser segregada en áreas con concentraciones mayoritariamente altas de MOT (> 5%), C-org. (> 1,6%) y N-org (> 0,2%) y en áreas con concentraciones mayoritariamente bajas de MOT (< 2%), C-org (< 0,8%) y N-org (< 0,2%). No obstante, el origen de estos compuestos sería más bien natural y no antropogénico. Ahumada *et al.* (2006) también analizaron el contenido de algunos metales pesados (Cd, Cu, Pb, Zn) en muestras de agua entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes, concluyendo que, en general, los valores de

[262] Silva, N. 2006. Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En: Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 69-75.

[263] Ahumada, R. 2006. Metales menores y trazas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En: Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 77-81.

[264] Silva N., J. Maturana, J. I. Sepúlveda & R. Ahumada. 1998. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR-Fiordo 1). Cienc. Tecnol. Mar, 21: 49-74.

[265] Silva, N., V. De Vidts & J. Sepúlveda. 2001. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región central de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR Fiordo 2). Cienc. Tecnol. Mar, 24: 23-40.

concentración de metales en el agua son bajos y se encuentran en el límite de detección del método utilizado.

Interesante resulta ser también el estudio efectuado por Ahumada *et al.* (2015[266]), quienes analizaron el efecto sobre el contenido de zinc en los sedimentos marino del fiordo Aysén luego del terremoto y tsunami del año 2007. Los autores pudieron determinar que los contenidos de Zn no presentaron diferencia respecto a estudios anteriores, detectándose resuspensión y redistribución de los contenidos de Zn total en los sedimentos como un proceso local leve.

Adicionalmente, de acuerdo a SERNAPESCA (2021), en el año 2021, el Registro Nacional de Acuicultura (RNA), registró un total de 3.675 centros, de los cuales 2.277 operaron y 1.375 obtuvieron cosecha. Las mayores representaciones de los centros inscritos por grupo de especie correspondieron a peces con un total de 1.776 centros (2 % inferior al año 2020), seguido por moluscos con 1.417 centros (1 % superior al año 2020) y finalmente por algas, con 768 centros (27 % superior al año 2020); otros tipos de centro de cultivo (51) representaron solo el 1 % del total. De los 2.277 centros inscritos, ya en la actualidad la X Región representa aproximadamente el 13 % nacional (295 centros), y la XII Región, un 3,8 %. Asimismo, considerando el número de centros inscritos en el RNA y el tipo de centro, en la actualidad se ha elevado la cantidad de concesiones de acuicultura localizadas entre la XI y XII Regiones, alcanzado los 881 centros, solo superado por las ubicadas en la X Región (2.129 centros). Producto de ello, se ha producido una fuerte controversia, especialmente con aquellos centros localizados en o colindantes a la Reserva Nacional Kawésqar. La Reserva Nacional Kawésqar es un territorio ubicado en la Región de Magallanes, que alberga una riqueza ecológica y ambiental única en sus ecosistemas costeros y marinos. Corresponde a las aguas marinas del recientemente creado Parque Nacional Kawésqar, zona que es también el territorio ancestral del pueblo canoero Kawésqar. Objetivamente en la actualidad existen 133 concesiones aprobadas en toda la Región de Magallanes y 87 en trámite. De éstas, 68 concesiones aprobadas y 66 en trámite, están en la Reserva Nacional Kawésqar. Por ello es que se hace necesario un análisis acucioso de los posibles efectos ambientales relacionados con la acuicultura (Buschmann, 2001), especialmente de peces, y lo que esté sucediendo en el presente y en el futuro con los centros localizados en la XI y en la XII Regiones.

[266] Ahumada, R., M. Garrido, E. Gonzalez & A. Rudolph. 2015. Distribución y concentración de Zn total en sedimentos del fiordo Aysén, sur de Chile, posterior al terremoto y tsunami de 2007. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 50(1): 53-60.

Finalmente, respecto al Territorio Chileno Antártico hasta hace algunos años, esta zona se encontraba virtualmente sin intervención; no obstante, en la actualidad, las mismas bases científicas se han constituido en verdaderos depósitos de basura, lo que se ha agravado con la explosiva masificación de cruceros hacia aguas antárticas. Dentro de los escasos estudios publicados sobre contenidos de elementos químicos en los sedimentos marinos, destaca el de Alam & Sadiq (1993[267]), quienes determinaron, entre otros elementos, que los contenidos de cadmio oscilarían entre 4,0 – 22,0 mg/kg, el cromo fluctuaría entre 0,0 – 65,9 mg/kg, el cobre entre 3,9 – 105,6 mg/kg, plomo entre 22,5 – 128,0 mg/kg, el níquel entre 5,5 – 92,2 mg/kg y el zinc entre 28,6 – 271,2 mg/kg. Dado el origen de los sedimentos de la región Antártica derivado de la intemperización de rocas locales, la composición de los sedimentos estudiados reflejaría más bien la composición de las mismas rocas. No obstante, los comparativamente altos niveles de Cd, Cr y V hallados en los sedimentos de Isla Horse Shoe y de Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V y Zn desde Marsh Martin, sugerirían que la temprana acción antropogénica habría comenzado a impactar la calidad de los sedimentos. También posibles derrames de hidrocarburos se reflejarían en los niveles de Ni y V en los sedimentos. Aparentemente, los eventos de contaminación marina que afectan a otras localidades nacionales también podrían afectar a las especies antárticas. Un reciente estudio de Álvarez-Varas *et al.* (2018[268]) analizó las concentraciones de mercurio de plumas de pingüinos de barbijo (*Pygoscelis antarcticus*), habitantes del Cabo Shirref, Islas Livingston Island, en las Islas Shetland del Sur (62°28'S; 60°74'W). Los autores concluyeron que los ejemplares analizados mostraron concentraciones elevadas de Hg en comparación con sus congéneres. Ello requiere investigar posibles efectos negativos en sus poblaciones.

Nuevos estudios dan cuentan del impacto de macro y microplásticos en las aguas y sedimentos antárticos. Todos los estudios sobre los desechos marinos en las aguas superficiales, las playas y el fondo marino en la Antártida destacan que este problema aún no se conoce bien y requiere una evaluación adicional para desarrollar estrategias tangibles y eficientes para prevenir y mitigar la contaminación plástica marina en este entorno remoto y sensible. Las fuentes de plásticos en la Antártida pueden ser diversas, incluidas las fuentes directas a través de la eliminación o la gestión inadecuada de los desechos producidos por

[267] Alam I.A. & M. Sadiq. 1993, Metal concentrations in antarctic sediment samples collected during the Trans-Antarctica 1990 Expedition, Mar. Pollut. Bull. 26 (9): 523-527.

[268] Álvarez-Varas, R., D. Morales-Moraga, D. González-Acuña, S. Klarian & J.A. Vianna. 2018. Mercury Exposure in Humboldt (*Spheniscus humboldti*) and Chinstrap (*Pygoscelis antarcticus*) Penguins Throughout the Chilean Coast and Antarctica. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 75(1): 75–86.

barcos y estaciones de investigación, y las fuentes indirectas, como el transporte por corrientes marinas, que pueden transportar plásticos desde áreas distantes ubicadas en latitudes más bajas. La presencia de piezas grandes de basura plástica flotante en aguas antárticas fue informado hace casi una década (Barnes *et al.,* 2010[269]). Estudios más recientes han documentado la presencia de microplásticos en sedimentos de aguas poco profundas y profundas en el mar de Weddell (Van Cauwenberghe *et al.* 2013[270]) y en el mar de Ross (Munari *et al.* 2017[271]), respectivamente. En el caso del Mar de Ross, los sitios muestreados hasta la fecha están ubicados cerca de estaciones de investigación en Terra Nova Bay y en King George Island respectivamente, y se cree que han sido influenciados, por estas fuentes locales (a través de descargas de aguas residuales, escorrentía y deposición de partículas plásticas del aire).

Lacerda *et al.* (2019[272]) determinaron las concentraciones, características y orígenes de los desechos plásticos en las aguas oceánicas superficiales alrededor de la Península Antártica.

Estos autores determinaron una concentración media de desechos de 1.794 unidades por km^{-2} con un peso promedio de 27,8 g km^{-2}. Entre los artículos encontrados se hallaron fragmentos duros y flexibles, esferas y líneas, en nueve colores, compuestos principalmente de poliuretano, poliamida y polietileno. También registraron fragmentos de pintura presentes en todas las estaciones de muestreo, siendo estos aproximadamente 30 veces más abundantes que los plásticos.

Recientemente, Garnett *et al.* (2022[273]) efectuaron estudios de la presencia de ácidos de perfluoroalquilo (PFAA) en núcleos de nieve. Los PFAA son productos químicos sintéticos con una variedad de aplicaciones industriales y de consumo que ahora se distribuyen ampliamente en el medio ambiente mundial. Los autores midieron seis perfluorocarboxilatos (PFCA, C4-C9) en un núcleo de nieve comprimida granular recolectado de un sitio no costero a gran altitud en Dronning

[269] Barnes, D. K. A., Walters, A., & L. Gonçalves. 2010. Macroplastics at sea around Antarctica. Marine Environmental Research, 70(2): 250–252. http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006.

[270] Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & C.R. Janssen. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental Pollution, 182: 495–499. http://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013.

[271] Munari, C., Infantini, V., Scoponi, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C. & M. Mistri. 2017. Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). Marine Pollution Bulletin, 122(1–2): 161–165. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039.

[272] Lacerda, L., LdS. Rodrigues, E. van Sebille, F. Rodrigues, L. Ribeiro, E. Secchi, F. Kessler & M. Proietti. 2019. Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula. Scientific Reports, 9(3977): 1-21.

[273] Garnett J., Halsall C., Winton H., Joerss H., Mulvaney R., Ebinghaus R., Frey M., Jones A., Leeson A. & P. Wynn. 2022. Increasing Accumulation of Perfluorocarboxylate Contaminants Revealed in an Antarctic Firn Core (1958–2017). Environ. Sci. Technol. 2022, 56(16): 11246–11255. https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02592.

Maud Land en la Antártida oriental. La acumulación de nieve del núcleo extraído data de 1958 a 2017, un período que coincide con el advenimiento, el uso y el cambio geográfico en la producción industrial global de sustancias poli/perfluoroalquiladas, incluido el PFAA. Garnett *et al.* (2022) concluyeron que los niveles de perfluorobutanoato (PFBA, C4) aumentaron notablemente desde 2000, con los flujos más altos en las capas superiores de nieve. Estos hallazgos son consistentes con los realizados anteriormente en el Ártico y pueden atribuirse a los reemplazos de clorofluorocarbonos (por ejemplo, hidrofluoroéteres) como consecuencia inadvertida de la regulación global.

Finalmente, cabe mencionar que el área del Tratado Antártico (área al sur de los 60° de latitud sur) incluye la mayor parte del Océano Austral. Tras una iniciativa de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA), la Organización Marítima Internacional (OMI) designó esta zona como "Área Especial" (en la que se requiere la adopción de métodos especiales de prevención de la contaminación marina) bajo el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78). El Anexo IV del Protocolo sobre Protección del Medio Ambiente, que complementa la convención MARPOL, prohíbe la descarga de hidrocarburos o mezclas petrolíferas, sustancias nocivas líquidas, sustancias químicas en cantidades o concentraciones perjudiciales y residuos dentro del área del Tratado Antártico. También contiene reglas para la descarga de aguas residuales, instalaciones de recepción, inmunidad soberana y medidas preventivas de preparación y respuesta ante emergencias.

6.3. INICIATIVAS LEGALES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS ZONAS COSTERAS Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS Y TERRESTRES

El presente capítulo ha sido elaborado, con el propósito de analizar, en forma resumida, las distintas iniciativas de carácter sectorial, institucional y doctrinarias que han sido consideradas en el marco de la gestión ambiental de nuestras zonas costeras y de sus ecosistemas marinos y terrestres, lo que incluye necesariamente una revisión de los aspectos administrativos de gobernanza, normativas destinadas al uso de este recurso y los variados aspectos administrativos y jurídicos que se han elaborado para la protección de este patrimonio nacional.

Para lograr abordar, de manera adecuada, la problemática que representa la gestión ambiental de las zonas costeras y de sus recursos, en primer lugar, se hace necesario precisar sobre qué se debe entender por "zonas costeras", puesto que es común tender asimilar éste término con los de "borde costero", "litoral", o simplemente "costa", los cuales entrañan ciertas diferencias que se hace precio destacar.

En primer lugar, se debe considerar que el término "Borde Costero" fue definido, en el año 1994, por la Política Nacional del Uso del Borde Costero, el cual fue promulgado por el D.S.(M) N°475 de 1994[274], como "*Aquella franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República*", ajustando sus alcances jurisdiccionales a lo que aparece establecido en D.F.L. N°340[275], denominada "Ley de Concesiones Marítimas", delimitando esta zona al espacio comprendido entre el terreno de playa fiscal, en tierra, hasta el límite de las 12 millas náuticas, que establece el mar territorial; en cambio, los términos "Costa" y "Litoral" han sido tratados más doctrinariamente, tal como lo ha expuesto el profesor español Juan Luis Suarez de Vivero (1999)[276], para quien considera que el Litoral es "(…) aquella franja de tierra que bordea el mar o la zona en donde convergen el medio terrestre y marino", puesto que considera que, desde el campo de la ordenación territorial, se debiera enfatizar el carácter de interfase

[274] D.S.(M) N°475, promulgado el 14 de diciembre de 1994, aprobó la Política Nacional del Uso del Borde Costero del Litoral de la República y crea la Comisión Nacional que indica.
[275] Véase, D.F.L. N°340 de 1960, que aprobó la Ley de Concesiones Marítimas.
[276] Juan Luis Suarez de Viveros. 1999. "Delimitación y Definición del Espacio Litoral". En las Actas de las Jornadas sobre el litoral de Almería: caracterización, ordenación y gestión de un espacio geográfico celebradas en Almería, 20 a 24 de mayo de 1997, 1999-01-01, ISBN 84-8108-175-2, págs. 13-23.

del espacio costero o litoral, así como su dimensión zonal que implica una consideración volumétrica resultado de la conjunción en ese ámbito de la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera, por lo que dicha visión del litoral, para Suarez, aunque esquemática, permite apreciar la importancia de los hechos que se deriven tanto de su extensión espacial como de los fenómenos bióticos y abióticos que en él se encuentran.

Lo expuesto por el Profesor Suarez, se encuentra cercano a lo que doctrinariamente se ha conceptualizado como "Zona Costera", en donde Andrade (2001)[277] ha señalado que corresponde a "Una franja de ancho variable, donde interactúan el mar, la tierra y la atmósfera, determinando un ambiente de interfase en el que se establecen condiciones de equilibrio precario y ocurren procesos dinámicos intensos que le confieren características únicas de fragilidad ambiental", lo que ha sido complementado por Castro & Morales (2006)[278], quienes consideran que esta franja es el contacto interactivo entre la naturaleza y las actividades humanas.

Para el Profesor Eduardo Cordero Q.[279], nuestra legislación común no sigue la antes señalada nomenclatura, puesto que clasifica estos bienes conforme a la categoría general de bienes nacionales, ya sean de uso público o fiscales (art. 589 del Código Civil).

Además, el mismo académico agrega que "*los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) regulados por la LGUC no han seguido necesariamente esta terminología o concepto. Algunos de ellos, utilizan la expresión zona costera*[280] *y extiende su alcance más allá de los límites indicados, acercándose a un concepto más cercano a lo que la geografía entiende por litoral, aun cuando tampoco existe consenso sobre su alcance dentro de esta disciplina*[281]".

Sin perjuicio de lo expuesto precedentemente, ya sea que dicha zona territorial sea conceptualizada como "borde costero", "litoral", simplemente "costa", o

[277] Véase, Andrade, B. 2001. Los espacios litorales: definiciones, actores, desafíos, perspectivas. En: ARENAS, F. y CÁCERES, G. (Eds). Ordenamiento del territorio en Chile. Desafíos y urgencias para el tercer milenio. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2001, p. 21-30.
[278] Véase, Castro, C. & Morales, E. 2006. La zona costera. Medio natural y ordenación integrada. Santiago de Chile: Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Serie GEOlibros N° 5
[279] Véase Cordero, E. 2013. "Ordenamiento Territorial, Justicia Ambiental y Zonas Costeras", en el libro "Justicia Ambiental, Derecho e Instrumentos de Gestión del Espacio Marino Costero", Jorge Bermúdez y Dominique Hervé, Editores. Publicado en el marco del proyecto FONDECYT Regular 1090286. Pp. 309-352.
[280] El Profesor Eduardo Costero (2013, véase Op. Cit.6) se refiere al Plan Regulador de la comuna de Puchuncaví, actualizado por el Decreto Alcaldicio Nº1.576, de fecha 28 de agosto de 2009, y publicado en el D.O. de fecha 5 de septiembre del mismo año.
[281] Op Cit. 6.

"zona costera", es indudable que corresponde a uno de los ambientes más dinámicos del planeta, con una fuerte influencia de agentes meteorológicos, geológicos y oceánicos, los cuales interactúan entre sí. Se trata de un sistema natural, altamente complejo, caracterizado por múltiples recursos geográficos, muy relevantes para el ser humano, puesto que, como fue señalado en el Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (Universidad de Chile, 2018)[282], nuestro país es un territorio marítimo, con una gran extensión latitudinal que va desde los 17º 30' hasta 56º 30' Sur, su borde costero continental representa una gran extensión litoral, alcanzando los 4.200 km, el cual aumenta a 83.850 km, si se consideran los bordes de las innumerables islas ubicadas desde Chiloé al Sur (Castro y Alvarado 2009)[283], a lo cual necesariamente debe sumarse la zona costera insular de los Archipiélagos de Juan Fernández y de Isla de Pascua.

En consecuencia, la Zona Costera constituye una franja de ancho variable, que resulta del contacto interactivo entre la naturaleza y las actividades humanas que se desarrollan en ámbitos que comparten la existencia o la influencia del mar, por lo que su conocimiento, gestión y normativa son imprescindibles para establecer su mejor uso, logrando así mejorar la calidad de vida de las respectivas poblaciones. En este sentido, el extraordinario auge que ha tenido el uso de la zona costera ha captado el interés por la formulación de modelos orientados a su ordenación y gestión. De hecho, gran parte del sistema de las Naciones Unidas (FAO[284], UNESCO[285] y UNEP[286]), el Banco Mundial y otras instituciones de la importancia de la OECD[287] y la Unión Europea, dedican notables esfuerzos a su investigación y divulgación. Del mismo modo, organizaciones no gubernamentales (ONG's) contribuyen de forma permanente con esta temática. Sólo por citar algunas, la IUCN[288], la EUCC[289], la CEN[290], se destacan por sus programas e iniciativas vinculadas a las áreas costeras. En consecuencia, se cuenta con el aval de instituciones gubernamentales y ONG's, que proporcionan un marco conceptual, métodos, técnicas, instrumentos y estrategias para la protección de la zona costera. Algunas particularidades de la zona costera se enumeran a continuación:

[282] Véase, Capítulo 6, sobre Ecosistemas Marinos y del Borde Costero del Informe País. Estado del Medio Ambiente año 2018. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. Págs. 319-457

[283] Véase, Castro, C., & Alvarado, C. 2009. La Gestión del Litoral Chileno: un Diagnóstico. Red IBERMAR, U. C. Chile. Instituto de Geografía, pp. 2-11.

[284] Food and Agricultural Organization.

[285] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

[286] United Nations Environment Programme.

[287] Organization for Economic Cooperation and Development.

[288] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.

[289] European Union for Coastal Conservation.

[290] Coastwatch-European Network.

- Desde el punto de vista **físico-natural**, la zona costera es un área que alberga medios de distinta naturaleza (litosfera, hidrosfera salada y atmósfera) que interactúan en forma muy dinámica y compleja generando cambios biológicos, geomorfológicos y químicos en diferentes escalas temporales y espaciales. Ello es particularmente cierto en áreas marinas de alta productividad y gran diversidad biológica, las cuales son muy vulnerables.
- Desde el punto de vista de su **gestión y ordenamiento**, la zona costera es un espacio escaso y por lo mismo muy deseado debido, entre otros, a la existencia de recursos naturales, clima benigno, fertilidad en los suelos, convergencia de usos y actividades, concentración de los asentamientos humanos e infraestructuras y valor paisajístico.
- Desde el punto de vista de los **aspectos jurídicos y administrativos**, es preciso destacar el carácter público de la mayoría de las zonas costeras del mundo, como así mismo la convergencia de numerosos organismos públicos que actúan en ella tanto en lo referido a las escalas nacionales, regionales como sectoriales. De allí la diversidad en las fórmulas para su administración y gestión.

A partir de las referidas consideraciones, se han definido a tres subsistemas bien diferenciados que coexisten en la zona costera: el físico-natural, el de su gestión y ordenamiento y el jurídico-administrativo. Aun cuando cada uno presenta posibilidades analíticas en diferentes niveles, es importante mantener una visión de conjunto. De esta forma, cada segmento o unidad litoral presenta un estado muy definido y diferenciado que deviene de la conjugación de las opciones que los tres subsistemas permiten. Así, el físico-natural puede oscilar entre diversos grados de conservación/degradación, el de gestión y ordenamiento entre unos niveles concretos del desarrollo, y el jurídico-administrativo entre su adecuación/inadecuación a las necesidades del sistema litoral en su conjunto.

Una primera complejidad que aparece al momento de estudiar la zona costera es precisamente, su definición y el establecimiento de sus límites. La bibliografía especializada presenta numerosas definiciones y área geográfica que cubre la zona costera. La mayoría de los autores coinciden, a pesar de esta complejidad, en el hecho de que el litoral es una zona de contacto y de transición entre la hidrosfera salada, la litosfera y la atmósfera en lo que a los fenómenos físico-naturales y actividades humanas se refiere. Aparece entonces de forma nítida el

reconocimiento de un principio básico: la interacción entre medios diferenciados que albergan fenómenos naturales y humanos de distinto alcance. Algunas de las definiciones de **zona costera** más reconocidas son:

- *"Aquella parte de la tierra afectada por su proximidad al mar y aquella parte del océano afectada por su proximidad a la tierra"* (U. S. Commission on Science Engineering and Resources. 1969).
- *"Franja de mar aledaña a la línea de costa y una zona terrestre -no exactamente definida- hasta la cual las acciones e interacciones de ambos medios, el terrestre y el marino, son notables"* (Álvarez y Álvarez, 1984).
- *"Interface entre la tierra y el mar que se extiende hacia la parte continental y marítima dependiendo de los objetivos y necesidades"* (Clark, 1992).
- *"Área geográficamente delimitada. Su carácter distintivo proviene a partir de la suma de las interacciones de los ambientes costeros correspondientes a los sistemas estructurales natural y antrópico"* (Awosika, Boromtharanat y otros, 1993).
- *"Banda relativamente estrecha de agua y tierra a lo largo del borde marino, que queda definida por unidades naturales y actividades humanas"* (Pappas, Post y Lundin. The World Bank, 1994).
- *"Área de intensa actividad de intercambio dentro y entre procesos físicos, biológicos, sociales, culturales y económicos"* (UNEP, 1995).
- *"Zona de interface dinámica que implica el encuentro de la atmósfera, la tierra y el mar"* (Viles y Spencer. 1995).

Algo similar ocurre en lo que a la terminología técnica se refiere. Así, por ejemplo, la expresión **costa**, predomina sobre la expresión **litoral** evidenciando la influencia que ha ejercido y ejerce, el aparato científico de Estados Unidos y Canadá, así como los textos editados en inglés por organismos internacionales. En español, el carácter sinónimo entre costa y litoral, explica que ambos términos se utilicen indistintamente. Cabe, sin embargo, resaltar un matiz interesante que se observa en ciertos estudios. Mientras costa se vincula con preferencia a una franja relativamente estrecha situada a un lado y otro del contacto tierra mar, el término litoral se asocia a superficies más amplias, sobre todo en la dirección continental. En cualquier caso, se puede afirmar, de forma genérica, que zona costera, litoral y área litoral pretenden significar lo mismo en el contexto de la planificación y gestión de ella. Otras definiciones también importantes para la búsqueda de consensos entre especialistas y el público en general son:

- Aguas oceánicas (*ocean waters*): Es la parte marina más amplia y suele estar relacionada con las 200 millas náuticas de la Zona Económica Exclusiva. También son utilizadas referencias batimétricas como la isóbata

200 [m], Se asocia, cuando es posible, a la parte oceánica de la plataforma continental. Es considerada un área de vital importancia para ciertos recursos naturales.

- Aguas litorales (*coastal waters*): Es una zona de enorme trascendencia para determinados ecosistemas marinos y fases vegetativas de algunas especies de valor comercial o crucial en la cadena trófica. También para el control de la calidad de las aguas. Aunque países como la República Popular de China definen su anchura en 3 millas náuticas desde la línea de las más bajas mareas, es usual identificarla con las 12 millas náuticas del Mar Territorial y las Aguas Interiores.
- Espacio intermareal (*lintertidal area*): Es el área de acción de las mareas y comprende las zonas de manglares, marismas y estuarios, donde existen ecosistemas o biotopos de vital importancia. Su amplitud depende de la marea, del viento y de la topografía de la zona, entre otros, y varía entre unos pocos metros y algunos kilómetros. Una característica singular que le suele acompañar es su naturaleza pública.
- Borde litoral (*coastline*): Es el contacto entre la tierra y el mar. Tiene sobre todo un valor georreferencial pues a partir de su definición se determinan diferentes zonas. La línea de pleamar viva equinoccial se utiliza con frecuencia para su delimitación.
- Frente litoral (*ocean front* o *shorelands area*): Es la parte terrestre entre el borde litoral y las tierras litorales que varía usualmente, entre 20 y 200 [m]. Siendo una franja relativamente estrecha, aparece delimitada por la distancia desde la cual se puede ver el mar, la existencia de una vía de comunicación o de determinados ecosistemas o una distancia arbitraria que frecuentemente aparece en las legislaciones nacionales o textos constitucionales. Juega un papel muy destacado para el acceso y propiedad públicos, para la seguridad respecto de amenazas naturales y para la protección de hábitats sensibles. Incluso, cuando no tiene carácter público, las limitaciones de la propiedad privada y sus servidumbres también confieren a dicha zona condiciones muy especiales.
- Tierras litorales (*coastal uplands*): Constituyen, desde un punto de vista cualitativo, la parte terrestre litoral por excelencia. Coincide con la que podría denominarse llanura costera, cuyos límites pueden definirse a partir de sistemas e estructuras falladas, rupturas de pendiente, topografía accidentada, llanuras de piedemonte o de sierras litorales. En

varios países la cifra de los 5 [km] es muy utilizada. Buena parte de las necesidades humanas se satisfacen en dicha zona.

- Tierras continentales (*inland*): Se trata de una superficie relativamente amplia en la que se desarrollan actividades que pueden incidir en el litoral. Así, es posible observar cómo en algunos planes y programas de gestión litoral son incorporadas, de entre ellas, las cuencas hidrográficas y las tierras de agricultura intensiva. La razón estriba en la transferencia de costes ambientales entre dicha área y la propiamente litoral. Los vertidos urbanos o industriales sin depurar, la contaminación difusa provocada por la utilización de fertilizantes, plaguicidas o fungicidas, son claros ejemplos.

6.3.1. Aspectos jurídicos que participan en el ordenamiento territorial de las zonas costeras

Para Herrera (2019)[291], a lo largo de nuestra existencia como Nación, distintas han sido las iniciativas que se han considerado para regular la protección del medio marino y su borde costero, incluyendo su ecosistema, el cual es comprendido como el "complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional"[292].

Tal como fue expuesto en el Informe País sobre el Estado del Medio Ambiente en Chile 2016[293], "el borde costero marino es un sistema natural, altamente complejo, caracterizado por múltiples recursos geográficos, muy relevantes para el ser humano, siendo el punto de congruencia de tres componentes fundamentales de la Biosfera; el mar, la tierra y la atmosfera".

Además, las zonas costeras han sido por mucho tiempo gran fuente de riquezas y atractivos para los países que la poseen. Son espacios geográficos generalmente muy poblados, en los cuales se han efectuado actividades tradicionales desde los inicios de la civilización humana. En la actualidad, con el desarrollo de nuevas actividades industriales y turísticas, los espacios costeros son objeto de una

[291] Véase, Morales, E, P. Winckler & M. Herrera. 2019. "Costas de Chile. Medio Natural, Cambio Climático, Ingeniería Oceánica y Gestión Costera". Libro impreso y publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 185 pp.
[292] Artículo 2° del Convenio sobre la Diversidad Biológica, del cual Chile es Estado parte, conforme al Decreto Supremo N°1.963, publicado en el Diario Oficial de fecha 6 de mayo de 1995.
[293] Véase http://www.uchile.cl/publicaciones/129633/informe-pais-estado-del-medio-ambiente-en-chile

creciente ocupación humana, por lo cual están directamente amenazados si no se toman los resguardos necesarios.

Del mismo modo, el ordenamiento jurídico y la gestión de la zona costera ha sido compleja, debido que, en el manejo de un espacio tan singular, han concurrido un elevado número de administraciones sectoriales, de la pesca, de la defensa, del medio ambiente, de las obras públicas, de la minería, del urbanismo, de la industria, de la agricultura, entre otras. También, han actuado en ella, todas las escalas administrativas competentes, sean estas locales, metropolitana, provincial, regional, nacional y supranacional.

Dada las características particulares de este entorno geográfico, se requiere de algunos principios básicos para su manejo apropiado. El primer principio es que, la zona costera es un sistema único de recursos donde los usos de la tierra y el mar se deben manejar y planificar teniendo como meta la conservación de la propiedad común de ellos. Un segundo principio, es que los programas de manejo de la zona costera deben considerar la prevención de riesgos naturales y la conservación de los recursos naturales, utilizando formas especiales de la evaluación económica, de los beneficios sociales y de participación ciudadana. Por último, se ha requerido una ordenación integrada del sistema costero, el cual ha debido considerar la fragilidad de los ecosistemas presentes, bajo una "visión ecológica".

En consideración a la antes señalada premisa, según Herrera (2019)[294], el resguardo de las zonas costeras ha estado íntimamente unido a los procesos regulatorios que han sido elaborados para el control de la contaminación marina, al alero del Derecho Ambiental Marítimo. En este sentido, la preocupación por la protección y preservación de los ecosistemas marinos ha sido un problema de orden mundial, debido que se reconoce que más de las dos terceras partes del planeta están cubiertas por océanos y que estos constituyen el principal factor que modela el comportamiento de procesos como el cambio climático y la regulación de la temperatura de la Tierra. Además, la preservación del medioambiente, especialmente en el medio marino, desemboca en cuestiones de valores y, por ende, de elección. Por lo que, entraña en último término, un

[294] Véase, Op Cit. 11.

problema cultural, cuya solución debe buscarse en el campo de la educación ambiental (Valenzuela, 1976)[295].

Sin embargo, la historia ha evidenciado que los problemas relacionados con la preservación del medio marino no han logrado ser solucionados en el solo campo de la educación. Al margen de las múltiples cuestiones de orden científico y técnico que encierra el gran número de procesos involucrados en este medio, existe un nivel de solución que debe ser asumido en el campo del Derecho, ya que solo la fuerza coactiva de este puede ser capaz de imponer un orden de conductas que logre coincidir los intereses particulares de personas naturales y jurídicas, con su conservación de este patrimonio ambiental (Valenzuela, 1976)[296].

La historia ha demostrado que la preservación del medio y de sus recursos marinos y costeros ha representado una norma imperativa del Derecho Internacional (lo que, también, es conocida, en su terminología técnica como *jus cogens*). Esto explica que en la actualidad esté incluido como norma obligatoria en los convenios, acuerdos y declaraciones internacionales, así como en las disposiciones constitucionales y en las leyes especiales sobre preservación del medioambiente marino.

Muchos han sido los autores que, si bien es cierto señalan que los orígenes de la problemática ambiental se remontan a la Roma antigua, suelen aceptar que esta solo se reconoce en la década de los setenta (Amaya, 2001)[297]. Sin embargo, la preocupación internacional sobre los aspectos en materia de protección del medio marino ya se venía discutiendo antes de la aparición del llamado "Derecho del Medio Ambiente", o simplemente, "Derecho Ambiental", en los setenta. El elemento precursor, en este sentido, fue la contaminación originada por hidrocarburos, lo cual era admitido antes de la Primera Guerra Mundial como resultado de la expansión del transporte marítimo desde comienzos del siglo XX.

6.3.1.1. Normativa ambiental que protege la zona costera y que establece usos para las zonas costeras

En el marco de la normativa ambiental que ha protegido las zonas costeras, es preciso recordar que nuestro país, desde sus inicios, ha mostrado interés en la protección de la actividad marítima, con objetivos de protección dirigidos al

[295] Véase Valenzuela R. 1976. "Contaminación Marina y Derecho Nacional", Ediciones Universitarias de Valparaíso, 71 pp.
[296] Op. Cit. 15.
[297] Véase, Amaya, Oscar Darío. 2002. "La Constitución Ecológica de Colombia; análisis comparativo con el sistema constitucional latinoamericano", Edit. Universidad Externado de Colombia, edición octubre de 2002. 322 págs.

resguardo de la seguridad y la limpieza en los puertos nacionales, tal como fue consignado, mediante las disposiciones de las Ordenanzas Generales de la Armada de 1793, las que en su artículo 137 disponían que "*Nadie podrá arrojar en el puerto basuras ni escombros, que deberán recogerse en tinas y, si fuere necesario, para estos depósitos abrir fosos o hacer estacadas o paredones*"[298]. La misma norma, fue posteriormente en el siglo XX replicada en el art. 185 del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves[299], el cual amplió la señalada restricción, de manera que "*se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relave de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la autoridad marítima respectiva, quien designará, en todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar algunas de dichas operaciones…*" y Litoral de la República y, luego, en el año 1978, en la disposición del art. 142 de la Ley de Navegación[300], la cual se rige hasta nuestros días[301].

No obstante, no fue hasta el año 1916 cuando se dictó la primera norma legal, establecida para evitar la descarga deliberada o fortuita de agentes contaminantes a los cuerpos los cuerpos de agua. Esta innovativa regulación correspondió a la Ley Nº 1.333, sobre Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales[302], en cuyo Art. 1º se disponía que "*los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan agua o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos de agua, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan substancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado y permanente*". Además, en materia de residuos sólidos, dicha disposición agregaba que "*en ningún caso se podrá arrojar a dichos cauces o depósitos de agua las materias sólidas que puedan provenir de esos establecimientos ni las semillas perjudiciales a la agricultura*".

[298] Véase, Rivera Marfán, Jaime. 1998. "Historia de la Autoridad Marítima", 1era Edición, Armada de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante

[299] Véase, D.S. (M) Nº 1.340 bis, del 14 de junio de 1941, publicado en el D.O. del día 27 de agosto de 1941.

[300] Véase, D.L. Nº 2.222, del 21 de mayo de 1978, publicado en el D.O. del 31 de mayo del mismo año.

[301] Véase, Herrera M. 2009. "Evolución del Derecho Ambiental Marítimo en Chile y Proposición de una actualización del Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática. Tesis de Grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Escuela de Derecho, Universidad de Aconcagua. 84 págs.

[302] Véase, Ley Nº 1.333, sobre Neutralización de los Residuos Líquidos, publicada en el D.O. del 7 de septiembre de 1916.

Estas disposiciones fueron literalmente reproducidas en el Reglamento para la Aplicación de la Ley Nº 3.133, mediante las siguientes normas:

> "Art. 4: De acuerdo con lo establecido en los Arts. 1 y 2 de la Ley Nº 3.133, los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar los residuos provenientes de la explotación que contengan substancias nocivas al riego o a la bebida, en ningún acueducto, cauce natural o artificial que conduzca aguas, sin la autorización del Presidente de la República (…)"

> "Art. 24: Los residuos sólidos provenientes de los establecimientos industriales, no podrán ser vaciados a los cauces naturales o artificiales o a depósitos de agua, según lo establece el Art. 1 de la Ley, y sólo se permitirá almacenarlos en sitios convenientes en que no haya peligro de arrastre hacia las quebradas vecinas que conduzcan agua para la bebida o para el riego, o en quebradas que sólo accidentalmente puedan conducir aguas, siempre que asegure su desviación total por una obra de carácter definitivo".

Para el año 1948, la Ley Nº 9.006[303] facultaba al Presidente de la República a paralizar total o parcialmente actividades artesanales e industriales, en el supuesto que éstas hayan producido el daño al ambiente marino, a decir:

> "Art. 11. El Presidente de la República podrá ordenar la paralización total o parcial de las actividades y empresas artesanales, industriales, fabriles y mineras…que vacíen productos o residuos en las aguas, cuando se comprobare que con ello se perjudica la salud de los habitantes, se alteran las condiciones agrícolas de los suelos o se causa daño a la salud, integridad o desarrollo de los vegetales o animales. Dichas empresas estarán obligadas a tomar medidas necesarias para evitar aquellos males en conformidad a los procedimientos técnicos que señale el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública, según sea el caso…".

Sin embargo, no son menos los investigadores que piensan que el pilar fundamental del derecho ambiental marítimo chileno lo constituye el Reglamento

[303] Véase, Ley Nº 9.006, publicada en el D.O. del 9 de octubre de 1948, modificada por el D.F.L. Nº 15, del 22 de enero de 1968, publicada en el D.O. del 29 de enero del mismo año.

de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República[304], en cuyo art. 185 estableció la prohibición de arrojar al mar aquellas sustancias, materias o energía que constituyan contaminación de las aguas, la cual se mantiene hasta el presente:

> "Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...)".

Más aún, para el destacado Profesor Rafael Valenzuela[305], el referido art. 185 vino a precisar y a reafirmar el contenido del Art. 8 del Decreto Orgánico del Consejo Consultivo de Pesca y Caza[306], que disponía que *"Queda prohibido arrojar al mar…, los residuos o lavados de las industrias agrícolas, fabriles o mineras que puedan ser nocivos a la vida de los peces o mariscos, sin que previamente hayan sido purificados o diluidos. En tal prohibición quedan comprendidos entre otros, el aserrín de la explotación maderera, los residuos fabriles y los relaves de los establecimientos mineros, los que tampoco podrán depositarse en lugares en que puedan ser arrastrados por el mar, ríos o lagos, por el escurrimiento de las aguas".*

Como se ha señalado anteriormente, ha sido la Ley de Navegación del 1978, la que fue promulgada por D.L. N°2.222[307], unos de los instrumentos jurídicos más importantes que se ha elaborado para la protección de las zonas costeras, otorgando el mandato jurídico a la Autoridad Marítima para la preservación de la ecología en el mar y el cumplimiento de todas las normas legales atingentes a sus funcionales, tal como se prescribe en su artículo 5°, al expresa que "Art. 5° La autoridad marítima corresponderá a la Dirección y, como tal, aplicará y fiscalizará el cumplimiento de esta ley, de los convenios internacionales y de las normas legales o reglamentarias relacionadas con sus funciones, con las preservación de la ecología en el mar y con la navegación en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional. La Dirección tendrá la representación oficial del Estado en asuntos o

[304] Véase, Op. Cit. Nº 2.
[305] Véase, Valenzuela Fuenzalida, Rafael. 1976. "Contaminación Marina y Derecho Nacional, el ordenamiento jurídico como expresión de una política nacional para evitar la contaminación del medio marino", Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. 71 pp.
[306] D.F.L. Nº 208, del 21 de julio de 1953, publicado en el D.O. del 3 de agosto del mismo año.
[307] Véase, Op Cit. Nº 3

reuniones internacionales relativos a las materias profesionales y técnicas de que trata esta ley".

Durante la III Reunión Intergubernamental de los Gobiernos participantes en el Plan de Acción para la Protección del Medio Marina y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste (efectuado en 1987, en Bogotá, Colombia), al examinar el desarrollo del Plan de Acción Regional y de los resultados obtenidos en el Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina Regional (CONPACSE), consideró que muchos de los problemas de contaminación marina y deterioro de las zonas costeras obedecían a los múltiples usos dados a las áreas costeras, cuyos residuos y efluentes contaminantes eran descargados sin un tratamiento o con un tratamiento deficiente a las áreas marinas regionales, por lo que se consideró que para una adecuada gestión ambiental era necesario la realización de un Ordenamiento Ambiental de dichas áreas y, en tal, sentido se adoptó las Resoluciones N°9 y N°10[308] para la preparación de un Plan de Ordenamiento Ambiental, el cual se basó en el estudio de los usos diversos de las áreas costeras y marinas regionales y de sus tendencias, con el objeto de fundamentar políticas y gestión adecuadas de tales áreas[309]. Este Plan de Ordenamiento Ambiental de las Zonas Marinas y Costeras para el Pacífico Sudeste, el cual fue aprobado en 1989 por los Gobiernos de Chile, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú, tuvo como objetivo determinar los lineamientos generales, políticas, acciones de ordenamiento ambiental y el desarrollo del conocimiento de los aspectos relativos a las zonas costeras y marinas del Pacífico Sudeste, con el propósito de que los países de la región logren una administración adecuada y armónica de dichas zonas. Una de las primeras tareas para ello, fue el escoger áreas piloto para la ejecución de estudios de ordenamiento ambiental sobre la base de propuestas nacionales, en la que Chile propuso a la bahía de Valparaíso. De esta forma y con el apoyo técnico y financiero del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el año 1992 se inició la ejecución de los estudios piloto sobre ordenamiento ambiental en las áreas mencionadas sobre la base de las orientaciones, procedimientos y metodologías contenidas en el Plan de Ordenamiento acordadas en la reunión de los coordinadores de los cinco Grupos Nacionales, convocados por la Unidad de Coordinación Regional (UCR) del Plan de Acción del Pacífico Sudeste, Guayaquil, Ecuador, en octubre de 1992.

[308] PNUMA (OCA) – CPPS/IG. 71/8
[309] PNUMA-CPPS IG.32/4. Add. 1. Pág. 6 y 7 y Anexo III p. 12

En nuestro país, la gestión de los bienes que están contenidos en los espacios marítimos y costeros se encuentra administrada por una institucionalidad, liderada desde el año 1960 por el Ministerio de Defensa Nacional[310], y secundada por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas[311] y a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, quienes ejercen el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y del mar territorial de la República. Lo anterior, se materializa en la facultad privativa que tiene el antes indicado Ministerio, a través de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas para conceder el uso particular de las playas de mar, de ríos y de lagos (ambos, que sean navegables por embarcaciones con sobre 100 TRG), terrenos de playa fiscales, de las rocas, fondos de mar, ríos y lagos (ambos, que sean navegables por embarcaciones con sobre 100 TRG), porciones de agua dentro y fuera de las bahías, mediante actos administrativos de concesión marítima o permisos y autorizaciones[312], en el caso de que el solicitante sea una persona natural o jurídica de índole privado, o a través de una destinación marítima, en el caso que el requirente sea una institución o repartición de índole público.

De esta forma, es la mediante el otorgamiento de la “concesión marítima”, el principal medio administrativo, a través del cual el Estado ha permitido el uso de algunos de los bienes que conforman su zonas costeras, puesto que, según lo explica Sayagués (2005)[313] es el "*acto de derecho público que confiere a una persona un derecho o un poder que antes no tenía, mediante la transmisión de un derecho o del ejercicio de un poder propio de la Administración, o bien, son actos de concesión los que otorgan a una persona natural o jurídica el derecho de usar y gozar de algo que pertenece a la Administración, o a prestar en nombre de ella un servicio específico*". En este sentido, una concesión marítima es un acto administrativo, mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional o el Director General del Territorio Marítimo, según corresponda, otorga a una persona derechos de uso y goce sobre determinados bienes nacionales de uso público o bienes fiscales cuyo control, fiscalización y supervigilancia corresponde al

[310] Conforme a lo dispuesto en la Ley sobre Concesiones Marítimas, promulgado por el D.F.L. N°340, publicado en el D.O. de fecha 5 de abril de 1960.
[311] Anteriormente denominada “Subsecretaría de Marina”, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley N°20.424, publicada en el D.O. de fecha 2 de febrero de 2010.
[312] Facultad concedida al Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, de conformidad lo previene el Art. 8 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, modificado por D.S. (M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.
[313] Véase, Sayagués Laso, Enrique, Tratado de Derecho administrativo (Montevideo, 1959), I, p. 420. Citado por Jessica Fuentes Olmos (2013), en su “Análisis comparado de los regímenes de las concesiones marítimas y de acuicultura”. En la Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso N°41, Valparaíso dic. 2013.

Ministerio de Defensa Nacional, para el desarrollo de un determinado proyecto o actividad[314].

Para Navarrete (1998)[315], las facultades que posee el Estado para administración nuestro borde costero, se remontan a los principios de nuestra vida Republicana. Así, para el indicado jurista (sic), en 1848 se dictó la ley, a través de la cual se fijó una organización política y administrativa especial para el territorio marítimo nacional, bajo la dependencia del Ministerio de Marina y comprendiendo toda la costa y mar jurisdiccional nacional en un solo departamento, dividido políticamente en área que se denominaron "Gobernaciones Marítimas"; posteriormente, en 1887, la Ley de Reorganización de Ministerios dejó a cargo del Ministerio de Marina "la división del territorio marítimo y la dirección de las oficinas destinadas a su servicios"[316], asignándole funciones idénticas a la actual Subsecretaría para las Fuerzas Armadas[317].

En 1927, se procede a modificar la antes comentada Ley de Ministerios de 1887[318], otorgándose al Ministerio de Marina las competencias sobre "la concesión de varaderos y playas, y el permiso para construir obras e instalaciones de este orden", así como también, "la supervisión de las islas no sujetas a jurisdicción administrativa inmediata". De manera previa, había sido creada la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, mediante la Ley N°1.060 de 1898, cuyas funciones contemplaba la "*tramitación y archivo de los expedientes por establecimiento de chatas, boyas, muelles y demás permisos que se relacionen con las playas del litoral*"[319].

Navarrete (1998), agrega además que, a partir de 1931 el Ministerio de Marina formaliza el control de las playas y terrenos de playa para su arrendamiento, de conformidad a las facultades que recibió del D.F.L. N°210[320]; para ello, se crea el Reglamento General para las Concesiones Marítimas, el cual fue aprobado por D.S. (M) N° 1.500, de fecha 21 de agosto de 1931. Luego, en el año 1935, se promulga el nuevo Reglamento Orgánico de la Dirección General del Territorio

[314] Véase Art. 1, N°12), del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, promulgado por D.S. (M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018
[315] Véase A. Navarrete. 1998. Régimen Jurídico de las Concesiones Marítimas. En Revista Chilena de Derecho, Vol. 25 N°4, pp. 953-991 (1998).
[316] Véase D.S.(M) N°2.160 de 1892, que aprueba el Reglamento Orgánico y Funcional del Ministerio de Marina.
[317] Véase Op. Cit. 36, p. 957
[318] Véase Art. 9°, letra b), del D.L. N°7.912 de 1927.
[319] Véase Art. 328 del D.S.(M) N°1.377 de 1919, el cual es citado por A. Navarrete (1998).
[320] En ese mismo año, la facultad para otorgar en arrendamiento las playas y los terrenos de playa, con que fue facultado el Ministerio de Marina, fue regulado por el Reglamento promulgado por el D.S.(M)N°1.500 de 1931.

Marítimo y de Marina Mercante[321], por medio del cual se incluyó entre las funciones de las Capitanías de Puerto, la competencia sobre "(…) *la atención de las concesiones marítimas*"[322].

Durante el Gobierno de don Gabriel González Videla, se procedió a actualizar el Reglamento General de Concesiones Marítimas, que había sido promulgado el año inmediatamente anterior[323] (1949), mediante el D.S.(M) N°1.293 de 1950, en el que se incluyó un extenso detalle de conceptos aplicados a las concesiones marítimas y se crea una sección de Concesiones Marítimas de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (denominado en esa época "Dirección del Litoral y de Marina Mercante). Particularmente, llama la atención en este Reglamento que, además de la documentación exigible para la solicitud de la concesión marítima, el requirente debía acompañar informes de la Oficina de Impuestos Internos, del Administrador del Puerto respectivo, cuando lo hubiere, si se trata de concesiones ubicadas dentro de la zona portuaria, del Administrador de Aduana o del Jefe de Aduana respectivo, cuando se trate de solicitudes de concesiones para la construcción de muelles, malecones u obras destinadas a la movilización de carga o pasajeros, del Inspector de Pesca de la región, cuando la solicitud tenga por objeto la instalación de viveros o criaderos artificiales de moluscos, o instalaciones de la industria pesquera y sus derivados, del Inspector de Fertilizantes local, en las concesiones solicitadas en las provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama, del Ingeniero de la provincia, cuando se trate de playa o terrenos de playa en sectores susceptibles de interferir con los programas de vialidad de finalidad pública superior, del Alcalde de la I. Municipalidad, cuando se trate de concesiones de playa o terrenos de playa ubicados en sectores susceptibles de interferir con la conveniencia urbanística de la localidad, y, además, de no incurrirse en perjuicio de tercero, pondrá en conocimiento de los propietarios colindantes, por escrito, las características de la concesión que solicitan, dándoles un plazo prudencial para que formulen las objeciones u oposiciones a que crean tener derecho. Transcurrido dicho plazo, se daría por cumplida la diligencia.

En 1953, se aprueba la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante[324], en cuyo artículo 3°, letras m), dispuso la función de "ejercer la fiscalización y control de las playas y de los terrenos fiscales

[321] Véase D.S.(M) N°1.686 de 1935.
[322] Véase Op. Cit N°36, p. 957.
[323] Véase el D.S. (M) N° 12, promulgado con fecha 4 de enero de 1949.
[324] Véase D.F.L. N°292, publicado en el D.O. de fecha 5 de agosto de 1953

de playa colindantes con éstas en el mar, ríos y lagos; de las rocas, fondos de mar y porciones de agua dentro de las bahías, ríos y lagos, y a lo largo de las costas del litoral y de las islas, cuyo control y fiscalización otorgan las leyes al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina"; lo anterior, es sin perjuicio que en el artículo 6° de esta misma norma legal, fijó como jurisdicción de la referida Autoridad Marítima "el mar que baña las costas de la República hasta una distancia de doce millas (cuatro leguas marinas) medidas desde la línea de la más baja marea, o la extensión de mar territorial que se fije en acuerdos internacionales a los que se adhiera el Gobierno de Chile si es superior a la aquí señalada; las aguas interiores de golfos, bahías, estrechos y canales cualquiera que sea la distancia que exista entre sus costas; las playas, los roqueríos hasta donde alcanzan las más altas mareas; los lagos de dominio público, y los ríos navegables hasta donde alcanzan los efectos de las mareas; los diques, varaderos, desembarcaderos, muelles, espigones de atraque y, en general, toda construcción que se interne en las aguas marítimas, fluviales y lacustres, o construidas en ellas (Obras Marítimas); la extensión de ochenta metros de ancho en los bienes nacionales y fiscales, medidos desde la costa u orilla de mar, riberas de lagos o de ríos navegables hacia tierra firme y caletas. En los recintos portuarios de puertos artificiales de la Dirección tendrá jurisdicción sólo en cuanto el mantenimiento del orden, seguridad y disciplina".

En el año 1981, esta misma funcionalidad es renovada, mediante la dictación de la Ley N°18.011, el cual en su artículo 5°, reemplaza el antes indicado artículo 3° de la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de 1953, ratificándole en propiedad, conforme el amparo que le dio la Constitución Política de la República de 1980.

Sin perjuicio de las normas antes enunciadas, fue en 1960 cuando el Estado se puso los "pantalones largos" en lo referente a la administración de las concesiones marítimas, mediante la promulgación del D.F.L. N°340[325], denominada "Ley de Concesiones Marítimas", el cual vino a reemplazar la norma legal que venía utilizándose desde 1931 (D.F.L. N°210 de 1931). En opinión de Navarrete (1998), este nuevo cuerpo legal permitió recoger (cit) la experiencia más que centenaria del Estado respecto de este tipo de concesiones, incluyendo las fluviales y lacustres, a cargo del Ministerio de Defensa Nacional, en su plano político gubernamental, y de la Autoridad Marítima (Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante), quien ejerció el cargo operativo o de

[325] Véase Op. Cit. N°21, referido a la Ley de Concesiones Marítimas.

ejecución y control de ellas. La historia ha demostrado que, hasta hoy en día, la Ley de Concesiones Marítimas, que fue promulgada por el D.F.L. N°340 de 1060, no tenido una modificación necesaria para poder responder a la correcta administración de los bienes nacionales que son otorgados mediante la figura de las "concesiones marítimas". Sin embargo, atendiendo a la importancia del D.F.L. N°340 de 1960, en el año 1968 se readecúa el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas[326], lo que posteriormente no ocurrió sino hasta 1988[327], con el objeto de disponer de un cuerpo regulatorio más actualizado y vigente a los procedimientos administrativos imperantes. Luego de ello, en 1994[328] y en el 2005[329], se vuelve a modificar el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, buscando facilitar el mecanismo de solicitud y otorgamientos de las concesiones marítimas, y reducir el tiempo de tramitación de la misma, mediante la creación de sistemas informáticos integrados, tal como el Sistema Integrado de Administración del Borde Costero (SIABC)[330], que fue desarrollado en el año 2005 por la Subsecretaría de Marina y el Departamento de Tecnologías de la Información de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

Más recientemente, el 17 de marzo de 2018, se publicó en el Diario Oficial el D.S. (M) N°9, a través del cual vino a sustituir el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, que venía corriendo desde el 2005. La justificación de esta nueva modificación del ya indicado Reglamento, conforme lo expresa la propia norma, es el "*cumplir con los principios de eficacia y eficiencia que contempla el artículo 3º de la ley Nº 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado*", además, que "*el desarrollo de proyectos públicos y privados en el borde costero requiere la coordinación de múltiples organismos públicos que tienen competencia sectoriales sobre los intereses que pueden desarrollarse en la precitada franja territorial y que, en definitiva, requieren de un permiso administrativo entregado por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante o del Ministerio de Defensa Nacional*.

[326] Véase D.S. (M) N°223 de 1968, que modifica el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas.
[327] Véase D.S.(M) N°660 de 1988, que modifica el Reglamento sobre Concesiones Marítimas.
[328] Véase D.S.(M) N°476 de 1994.
[329] Véase D.S.(M) N°2 de 20015
[330] El Sistema Integrado de Administración del Borde Costero tiene por objetivo proporcionar una estructura sistémica e integrada en línea que otorgue soporte a la gestión de planificación y desarrollo, operativa, de fiscalización y control, con el fin de optimizar la administración del Borde Costero, en el marco de la aplicación de la Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC), entregando a la comunidad un sistema de información de acceso universal, que permita conocer todo lo concerniente al trámite de una concesión marítima y/o de acuicultura, como también lo relativo a las concesiones vigentes, en pro de los lineamiento del Estado, relacionado con el Gobierno Electrónico

Al respecto, Flores (2018)[331], este cuerpo reglamentario *viene a armonizar por una parte y de manera meramente formal, algunas disposiciones esenciales ya contenidas en la Ley 19.880 y, por otro lado, modifica varios puntos sustanciales o de fondo, en lo que concierne al procedimiento especial de concesión marítima*.

Entre los aspectos que Flores (2018) destaca que el nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas ha modificado, términos del procedimiento de tramitación de las concesiones marítimas, son los siguientes:

a. En cuanto a la solicitud de renovación, plazos y antecedentes planimétricos. Actualmente, las solicitudes de renovación de una concesión no pueden presentarse sino hasta dentro de los últimos seis meses de vigencia de la misma. En opinión de Flores (2018), esto produce como efecto que, en prácticamente la totalidad de los casos, la renovación se otorga cuando ya terminó el período primitivo de vigencia. Para evitar estas situaciones, se permite que las renovaciones de concesiones mayores puedan ser presentadas entre seis meses y dos años antes de su vencimiento, mientras que las de concesiones menores y destinaciones marítimas, entre seis meses y un año. Quizás en un punto actual crítico y atendido a que está pendiente un pronunciamiento jurídico por parte de la Contraloría General de la República a requerimiento de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, se debió regular expresamente la solución para aquellos casos de sobreposición entre concesiones marítimas en proceso de renovación (presentadas antes de su vencimiento y por ende, vigentes) y solicitudes de Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO), destacando que en la actualidad la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas suspende las solicitudes de renovación a todo evento. Desde el punto de vista técnico y con la finalidad de contribuir a la modernización cartográfica del borde costero, se propone que en las respectivas renovaciones de concesiones se presente un plano actualizado (art. 51).

b. Esta nueva norma introduce en la nueva reglamentación el concepto de terreno de playa artificial (relleno de sector de playa). En atención a la proliferación de estas intervenciones costeras, el legislador ha introducido el concepto de línea de relleno (art. 1, N°30), distinguiendo la línea de terreno de playa (art. 1, N°29) y creando el concepto de terreno de playa

[331] Véase Patricio Flores Brito. 2018. Nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas: Principales modificaciones. En http://www.aqua.cl/columnas/nuevo-reglamento-concesiones-maritimas-principales-modificaciones/

artificial (art. 1 N°53). Para Flores (2018), con la citada distinción la administración obliga a declarar estas nuevas líneas y terrenos al solicitante (art. 49, b, y 50, b).

c. En consideración a que, previo a la modificación del Reglamento sobre Concesiones Marítimas formalidad de publicidad de los decretos supremos que otorgaban, renovaban, transferían o concedían cualquier otro trámite respecto de una concesión, consistía en su reducción a escritura pública, la inexistencia de un registro único a nivel notarial impedía el acceso y/o conocimiento eficaz de las personas con respecto a estos decretos. Por consiguiente, en los términos de publicidad de los decretos de concesión marítima, el nuevo cuerpo reglamentario solucionó el comentado inconveniente, eliminando la citada reducción y estableciendo el requisito de la publicación en el Diario Oficial de un extracto del acto administrativo, lo que facilitaría su búsqueda y aumentaría su publicidad, cuyo contenido se regla en los artículos 72 y 73 del nuevo D.S.(M) N°9/2018. Para Flores (2018), esta norma equipara las concesiones marítimas a las concesiones de acuicultura en lo referido al tópico de publicidad.

d. En términos del fortalecimiento de la regulación en materia de sobreposiciones, el reglamento actual (art. 18), junto con adicionarse directrices de índole ambiental a los factores de prelación existentes para el caso de sobreposición de requerimientos, se establece expresamente qué organismos del Estado deben ser consultados para efectos de determinar el mejor aprovechamiento o uso del borde costero del litoral. Ello, puesto que, en el caso de que exista sobreposición de solicitudes y estos sean equivalentes, de acuerdo con los criterios considerados por el Reglamento, lo podrá decidir el Ministro de Defensa Nacional o el Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según corresponda, quienes podrán considerar la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental o de una Declaración de Impacto Ambiental, relativo a lo solicitado en la concesión, o la existencia de un anteproyecto de edificación aprobado por la Dirección de Obras Municipales correspondiente, como criterio de preferencia[332].

e. En cuanto a la clasificación de las solicitudes de modificación de concesión marítima, el nuevo reglamento distingue entre una solicitud de

[332] Ver Art. 18 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

modificación sustancial y una no sustancial[333], estableciendo que las modificaciones sustanciales son aquellas que pretenden incluir obras que requieran permiso de acuerdo a la Ley General de Urbanismo y Construcción o amplíen la superficie de la concesión; este tipo de solicitudes se equiparan a las de otorgamiento.

f. En relación con los actos de publicidad para los requerimientos de concesión y oposición a las mismos, Flores (2018), destaca que el nuevo Reglamento dispone que se deberá proceder a la publicación de un extracto de la solicitud en una página web de la Subsecretaría y, en el caso de los requerimientos relativos a concesiones marítimas mayores, la obligación del interesado corresponderá a publicar el extracto en un diario o periódico de circulación regional o local o, en caso de no existir, en un diario o periódico de circulación nacional, dentro de los 45 días contados desde que se declara admisible a trámite la solicitud. Por otro lado, el plazo para presentar oposiciones será de 30 días desde la respectiva publicación[334].

Por otro lado, es menester considerar que según Riestra (2013)[335], al igual que para el resto del territorio nacional, "el borde costero se encuentra sometido a la clasificación del suelo, correspondiente a las categorías de urbano y rural, delimitación obtenida producto de la implementación del instrumento de planificación denominado "límite urbano", de conformidad lo establece el Art.52 de la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC)[336].

En lo que respecta al uso del suelo en áreas urbanas, éste se rige *por lo dispuesto en los Planes Reguladores y las construcciones que se levanten en esos terrenos serán concordantes en dicho propósito*, de conformidad lo dispone el art. 57 de la LGUC. Para Riestra (2013) la disposición de la LGUC se refiere expresamente a los bienes públicos situados en el borde costero, tal como lo señala el art. 64 de la misma norma legal, el cual prescribe que "*en las áreas urbanas, los bienes nacionales de uso público que correspondan a terrenos de playa o riberas de mar, de río y de lagos navegables, se usarán en concordancia con los dispuesto en el Plan Regulador y su Ordenanza local, Las concesiones que la Dirección del Litoral*

[333] Véase Art. 16 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.
[334] Véase Art. 65 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.
[335] Véase, Riestra, S. 2013. Justicia Ambiental y Planificación Territorial. En el Libro: Justicia Ambiental, Derecho e Instrumento de Gestión del Espacio Marino Costero, de J. Bermúdez & Hervé D. (Ed.). p. 139.
[336] Véase, D.F.L. N°458, publicado en el D.O. de fecha 13 de abril de 1976, con sus actuales modificaciones.

otorgue sobre aquellos requerirán del informe previo favorable de la Dirección de Obras Municipales respectiva".

En este sentido, Riestra (2013) agrega que, estos terrenos están sometidos al instrumento de planificación territorial respectivo, estableciéndose como requisito el informe previo favorable de la Dirección de Obras Municipales en caso de que la Subsecretaría para las Fuerzas Aradas otorgue usos privativos de dicha zona, por la vía de la concesión, con el objeto de que se verifique si existe concordancia entre el acto administrativo y el instrumento de planificación.

En un sentido más general, Andrade *et.al*. (2008)[337] considera un nutrido listado de cuerpos jurídicos que participan en el uso de las zonas costeras, entre los que expresa, los siguientes:

- La Ley de Concesiones Marítimas (D.F.L. 340, de 1969, del Ministerio de Hacienda) y su Reglamento (D.S.(M) 2/2005, el cual fue modificado por el D.S.(M) Nº9/2018);
- El Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática (D.S.(M) Nº 1/1992);
- La Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley Nº18.892);
- El Código Civil (D.F.L. 1, de 2000 del Ministerio de Justicia), que contiene las primeras normas en que se definen los conceptos de playa de mar y de mar territorial, entre otros;
- El Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República (antiguo Reglamento General de Policía Marítima, Fluvial y Lacustre; promulgado por el D.S. (M) Nº1.340 bis, de 1941);
- El Reglamento de Deportes Náuticos (D.S. (M) Nº 87/1997);
- La Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (promulgado por el D.S.(MINVU) Nº 47/1992);
- El Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura (promulgado por el D.S.(MINECON) Nº 290/1993);
- La Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República (promulgado por el D.S. (M) Nº 475/1994); y
- La ley que regulariza situación de ocupaciones irregulares en borde costero de sectores que indica, promulgada por la Ley Nº20.062.

[337] Véase, Op. Cit N°15

Agregando que los organismos de la administración del Estado que serían competentes en la regulación y gestión del borde costero, son:

- La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), y la autoridad marítima dependiente de ella y también de la Armada de Chile;
- La Armada de Chile;
- Carabineros de Chile;
- La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, dependiente del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo;
- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura;
- La Dirección de Obras Portuarias, dependiente del Ministerio de Obras Públicas;
- El Ministerio de Bienes Nacionales;
- Las Municipalidades;
- La Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, dependiente del Ministerio de Defensa Nacional; y
- La Comisión Nacional de Uso del Borde Costero.

Sin perjuicio de lo anterior, para este mismo autor, la institución básica que está encargada de la planificación y gestión del borde costero es la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero (CNUBC), la que fue creada a partir de la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República[338], compuesta a su vez por representantes de diferentes organismos públicos relevantes, entre los cuales se consideran no solamente aquellos relativos al ámbito marítimo, como fue expuesto precedentemente, sino que también ciertas autoridades sectoriales, como los representantes de los Ministerios de Planificación, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, el Servicio Nacional de Turismo o del Ministerio de Medio Ambiente[339].

Según Patillo Barrientos (1997)[340], a través de esta Política, el Estado asumió "*la obligación ineludible de estudiar y diseñar una planificación global, conjunta y armónica de su territorio, terrestre y marítimo, creando los mecanismos idóneos que permitan un desarrollo integral y coordinado de ellos, mediante el uso y*

[338] Véase, Política Nacional del Uso del Borde Costero, promulgada por el D.S.(M) N°475 del Ministerio de Defensa Nacional, publicada en el D.O. de fecha 11 de enero de 1975.
[339] Originalmente, la Política Nacional del Uso del Borde Costero consideraba un representante de la ex Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
[340] Véase J. Patillo. 1997. "Política Nacional del Uso del Borde Costero de la República. Oportunidades y riesgos". En Revista Marina. Vol. 114/837. Valparaíso, 1997, pp. 3-4.

explotación más eficiente y adecuado de sus recursos y potencialidades presentes y futuras".

Para Flores (2016)[341], (sic) la manifestación más clara de la materialización del objetivo para el cual se creó la Política Nacional del Uso del Borde Costero, lo constituye el proceso Zonificación del mismo. Este proceso, actualmente, no cuenta con ninguna normativa legal ni reglamentaria que trate efectivamente las etapas o pasos para efectuarla, por lo que se otorga amplia discreción a los organismos administrativos intervinientes. El instrumento más relevante que regula algunos aspectos procedimentales de la zonificación, corresponde al llamado "Reglamento Interno de Funcionamiento de las CRUBC", disposición que, al igual que la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero, carece de rango suficiente para tratar la materia, pues consideramos que tanto los procedimientos en los cuales tienen injerencia estas comisiones, como aquellos procesos de zonificación que ellas proponen, resultan irrelevantes si no se traducen en la implementación de instrumentos de planificación territorial, que necesariamente requieren su reconocimiento a través de normas de rango legal, para así ordenar y posibilitar la imposición de limitaciones al desarrollo de actividades en el borde costero.

Como objetivos generales de esta Política[342], está el propender a una adecuada consideración de la realidad geográfica de cada uno de los sectores o áreas del litoral, que en algunos casos condicionan en forma determinante usos específicos, como es el caso de las bahías naturales, proximidad a centros poblados, condiciones meteorológicas locales, accesos, entre otros; así como, también, el propender a una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se realizan o pueden realizarse en el borde costero: posibilitar y orientar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades, desde una perspectiva nacional, acorde a los intereses regionales, locales y sectoriales; y contribuir a la identificación de las perspectivas y proyecciones futuras de cada una de las actividades que precisen ser ejecutadas en los espacios territoriales que conforman el borde costero, para evitar su uso inadecuado o inconveniente, tomando en consideración que éste constituye un recurso limitado.

[341] Véase P. Flores. 2016. La Comisión Regional del Uso del Borde Costero: Régimen jurídico en el procedimiento administrativo de otorgamiento de concesiones marítimas. Informe jurídico para optar al grado de Magíster en Derecho con mención en Derecho Público. Escuela de Graduados, Facultad de Derecho, Universidad de Chile, p.13.
[342] Véase Art. 1°, párrafo III, del D.S.(M) N°475 de 1994.

En concordancia con los objetivos generales, en el párrafo IV de esta Política, se establecen los diferentes objetivos y propósitos específicos posibles para las diversas áreas del litoral, a saber: Identificar los planes y proyectos de los distintos organismos del Estado, que afecten al Borde Costero; Procurar la compatibilización de todos los usos posibles del Borde Costero, en las distintas áreas y zonas, promoviendo su desarrollo armónico, integral y equilibrado, maximizando su racional utilización, precaviendo posibles requerimientos futuros y tomando en cuenta la realidad actual del uso del mismo; Posibilitar la realización de inversiones, el desarrollo de proyectos públicos y privados, bajo reglas predeterminadas, que permitan su concreción; Proponer los usos preferentes del Borde Costero.

Con respecto a este último objetivo, Flores (2016) indica que "*los usos preferentes específicos, se determinarán teniendo en consideración factores geográficos, naturales, recursos existentes, planes de desarrollo, centros poblados próximos o aledaños, definiciones de usos ya establecidos por organismos competentes*".

En esta misma línea, para Andrade *et. al.* (2008)[343] estas atribuciones (asociadas a la aprobación de propuestas de zonificación del borde costero), podría considerarse una forma importante de planificación territorial costera; sin embargo, solo se trata de propuestas de zonificación a las cuales los organismos gestores del borde costero resuelven facultativamente acogerse, sin tener un efecto vinculante directo para todos los usuarios del borde costero. En consecuencia, corresponden a propuestas de planificación sectorial, que eventualmente pueden ser aplicadas por los organismos encargados de regular y controlar las actividades productivas de pesca y acuicultura, de turismo y de asentamientos urbanos en el litoral mismo, pero que no se insertan en un contexto general de ordenamiento de los espacios terrestres y marítimos.

En consecuencia, el esfuerzo de ordenamiento que pudiese haber efectuado la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero (CNUBC) solamente tendría un alcance limitado para efectos de la regulación de todas las actividades que tienen impacto en la zona costera, dado su nulo efecto vinculante y su escasa extensión territorial, al referirse exclusivamente al borde costero, alcanza solamente a una parte de la zona costera. Lo anterior, concuerda con la opinión que ha manifestado Andrade *et. al.* (2008), para quien "*el establecimiento de una Política Nacional de Uso del Borde Costero por medio de decreto supremo, si bien*

[343] Véase Op. Cit. N°15

importante como primera iniciativa para regular el espacio costero, es limitado desde el punto de vista de su estabilidad legal, ya que puede quedar sometido a vaivenes políticos del gobierno de turno más que a la voluntad política expresada a través del Poder Legislativo".

6.3.1.2. Nuevas iniciativas legales que se han propuesto para la protección de la zona costera y sus ecosistemas marinos

Con respecto a las nuevas iniciativas legales que han venido a otorgar tutela a las zonas costeras de Chile y a sus ecosistemas marinos, es importante considerar a la Ley Nº19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la cual fue modificada por la Ley Nº20.417[344], cuyo artículo 4º estableció el mandato soberano de propender la conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo el marino, al establecer que "*los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas, de conformidad a lo señalado en la ley y en los convenios internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes*"[345]. Además, que, en su artículo 8º, en relación con la evaluación de aquellos proyectos o actividades que son sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), con respecto al uso del borde costero, agregó el deber de que se reciba informe de parte del Gobierno Regional, del Municipio respectivo y de la Autoridad Marítima competente, cuando corresponda, sobre la compatibilidad territorial del proyecto presentado.

De igual forma, es importante destacar, también, que en el Mensaje Presidencial de la Ley N°20.417, se establecieron tres ámbitos referidos a la protección de las zonas costeras:

a) Un ámbito asociado a políticas y regulaciones ambientales generales, que incluye las vinculadas a cuentas ambientales, biodiversidad y áreas protegidas.

b) Un segundo ámbito relacionado con políticas y regulaciones para la sustentabilidad, lo cual implica que la institucionalidad debiera alcanzar acuerdos necesarios con los sectores a cargo del fomento productivo, así como la

[344] Véase, Ley Nº20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, promulgada con fecha el 12 de enero de 2010, publicada en el D.O. de fecha 26 de enero de 2010.
[345] Véase Art. 4º, inciso 2º, Ley Nº19.300, modificada por la Ley Nº 20.417

promoción de convenios de colaboración con Gobiernos Regionales y Municipalidades, y,

c) Un tercer ámbito, referido a políticas y regulaciones en materia de riesgo y medio ambiente, promoviendo que el Ministerio del Medio Ambiente tenga que crear una Subsecretaría, que aborde en sus divisiones al menos las siguientes materias: Regulación Ambiental; Información y Economía Ambiental; Educación, Participación y Gestión Local; Recursos Naturales y Biodiversidad; Cambio Climático y Cumplimiento de Convenios Internacionales, y Planificación y Gestión.

Estos mandatos, permitieron que la institucionalidad ambiental propusiera una Estrategia y Plan de Acción Nacional para la Diversidad Biológica al 2030, como también, el aporte del país en la aplicación y cumplimiento de las metas internacionales de biodiversidad establecidas en el Convenio de Diversidad Biológica.

De esta forma, desde la modificación de la Ley Nº19.300, nuestro país ha logrado avanzar en la protección del patrimonio natural, a través de la aprobación por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad de la nueva Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030; el incremento sustancial en la superficie de áreas marinas protegidas en forma oficial (pasando de 15.084.695 hectáreas el año 2014 a 146.938.671 hectáreas a fines del año 2018)[346]; la creación de nuevas áreas protegidas priorizadas a partir del Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022; la consolidación de los Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies, un instrumento de conservación que contribuye a la mitigación del riesgo de extinción de las especies; y la creación del Comité de Restauración, junto con la decisión de contar con un Plan Nacional de Restauración de Paisajes , todo lo cual contribuirá a detener la pérdida de biodiversidad y a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Por otro lado, en relación a la protección de los ecosistemas marinos, debido a la acción de la basura o desechos, es importante destacar una iniciativa legal que dictada para ciertos lugares sujetos a la protección ambiental, entre los que se incluyó la playa de mar. Esta protección vino constituida por la Ley Nº21.123, que permitió incorporar el numeral 3º al artículo 494 del Código Penal, tipificando como faltas penales a la siguiente infracción:

[346] Véase, Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile, en https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/6NR_FINAL_ALTA-web.pdf

> "*El que ensuciare, arrojare o abandonare basura, materiales o desechos de cualquier índole en playas, riberas de ríos o de lagos, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales o en otras áreas de conservación de la biodiversidad declaradas bajo protección oficial*".

De esta forma, es considerado como "falta penal" el hecho de ensuciar, arrojar o abandonar basura, materiales o desechos de cualquier índole en playas, riberas de ríos o de lagos, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales o en otras áreas de conservación de la biodiversidad declaradas bajo protección oficial, de manera de evitar la propagación de basuras y residuos en los referidos lugares.

Otras de las iniciativas jurídicas que han sido elaborado recientemente, con el propósito de proteger los ecosistemas marinos, los constituye el primer anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas marinas y sedimentos que ha sido desarrollada para Chile y que representa un verdadero hito ambiental para el resguardo de la calidad de un cuerpo de agua marino. Esta nueva propuesta de norma, denominado "*Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Anteproyecto de NSCA) para la Protección de las Aguas Marinas y Sedimentos de la Bahía de Quintero – Puchuncaví*" fue aprobado por el Ministerio del Medio Ambiente, mediante su Resolución Exenta N°1059, de fecha 23 de septiembre de 2021, la que fue publicada en el Diario Oficial Nº 43.066, del 30 de septiembre de 2021, y sometido a un plazo de 60 días hábiles para que la ciudadanía pudiera señalar sus opiniones fundadas, período que concluyó el 29 de diciembre del 2021, con solo 8 observantes que indicaron sus opiniones fundadas.

En el inciso 1º del artículo 13 de la citada Resolución que aprueba este anteproyecto, se estableció que la entrada en vigencia del decreto sería el 30 de septiembre del 2021; sin embargo, esta misma disposición, en su inciso 2º y siguientes, dejó establecido que previamente el anteproyecto de norma debía contar con la opinión del Consejo Consultivo Regional del Medio Ambiente de la Región de Valparaíso y del Consejo Consultivo Nacional del Ministerio del Medio Ambiente (literal a) del numeral 2º del artículo 13), así como también, con la opinión de cualquier persona natural o jurídica (literal b) del numeral 2º del artículo 13), en un plazo de 60 días hábiles, contados desde la publicación del extracto de la Resolución Exenta N°1059, de fecha 23 de septiembre de 2021, del

Ministerio del Medio Ambiente, en un diario o periódico de circulación nacional, puedan entregar sus observaciones fundadas al ya indicado documento. De esta forma, el plazo para la entrega de las observaciones fundadas a la NSCA, comenzó a contar del 4 de octubre del 2021 y expiró el 29 de diciembre del 2021, sin que hasta el momento se haya aprobado su versión definitiva.

Al respecto, es necesario recordar que nuestro ordenamiento ambiental considera a las normas de calidad ambiental como un papel fundamental en la concretización de la garantía consagrada en el artículo 19 N° 8 de nuestra Constitución Política. En efecto, es a través de las normas secundarias de calidad, como el Estado establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (art. 2º de la Ley Nº19.300), por lo que su significancia es ineludible para lograr establecer usos adecuados de los distintos componentes ambientales, incluyendo en ello el agua de mar y los sedimentos marinos, puesto que son estas normas las que permiten establecer estándares máximos de contaminación permisibles en un determinado espacio o cuerpo receptor, o dicho en otras palabras, estas normas "definen los objetivos de calidad ambiental que la sociedad desea" (Mondragón 2018[347]).

Sin perjuicio de la importancia que representa contar con este tipo de norma en el ordenamiento ambiental, de manera de permitir contar con herramientas que permitan definir usos de los cuerpos de aguas marinos, el referido anteproyecto manifiesta presentó diversas observaciones, entre los que se contempla, lo referente a los objetivos que son pretendidos en este anteproyecto, el que incluye la necesidad de que se presten los denominados "Servicios Ecosistémicos", lo cual la misma norma los define como la *contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano*, siendo que estos corresponden a objetivos pretendidos por una norma de calidad primaria y no la de una norma de calidad secundaria, cuyo objeto de protección es a conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza, infringiendo con ello lo dispuesto en el Reglamento promulgado por el D.S.(MMA) N°38/2013[348]. Además, el texto propuesto para

[347] Mondragón, B. 2018. "Las Normas de Calidad Ambiental a la luz de los fallos de los Tribunales Ambientales". Revista Justicia Ambiental: http://www.revistajusticiaambiental.cl/wp-content/uploads/2018/05/5-JUSTICIA-AMBIENTAL-N-9-153-179.pdf

[348] Véase, D.S.(MMA) Nº38, que aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, promulgado con fecha 30 de octubre de 2012, publicado en el D.O. de fecha 1 de agosto de 2013.

dicha norma, no incluye la componente oceanográfica (hidrodinámica), como variable que debe ser medida en las 6 áreas de vigilancia ambiental que dicho anteproyecto propone. Lo anterior, impide la posibilidad de poder verificar que "*la calidad actual de la bahía es reflejo de las condiciones que impone el sistema natural --clima, geomorfología e hidrodinámica (…)*", tal como se pretende el Considerando 14 del referido instrumento.

En cuanto a iniciativas legales que se han estado desarrollado en beneficio de la modificación del actual ordenamiento jurídico respecto al uso de las zonas costeras, la plataforma científica "Observatorio de la Costa", que es coordinada por el Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha planteado la necesidad de formular una Ley de Costas para Chile, cuyo enfoque está dirigido a enfrentar los desafíos de gobernanza que plantea el siglo XXI, en especial para el desarrollo sostenible y los procesos adaptativos del cambio climático, resolviendo los inconvenientes que presenta la actual regulación que ordena el uso de las zonas costeras, mediante la Política Nacional del Uso del Borde Costero (PNUBC), solucionando la imprecisión que representa el concepto de "Borde Costero" que está definida en la PNUBC y que, según lo señala Martínez *et. al* (2019)[349], "*La PNUBC ha instrumentalizado el concepto científico de Costa, la cual se encuentra definida de manera robusta en la literatura. Esta interpretación errónea ha conducido a graves problemas de conservación de la costa chilena y explica hoy en día, su alta exposición a desastres naturales y a degradación de sus ecosistemas*".

De esta forma, para la antes comentada iniciativa legal, la zona costera debiera definirse en su extensión, a través de evidencia científica, con el fin de establecer, no la línea de playa (máxima extensión del oleaje en condiciones de mareas de sicigias), sino la máxima extensión del nivel del mar holocénico, lo cual conlleva a utilizar el concepto de línea de costa, es decir, el punto en el cual el mar estuvo posicionado como respuesta al último cambio climático global. La repercusión de este enfoque, para CIGIDEN, es la extensión de la zona costera más allá de la playa y la inclusión dentro del territorio costero, de todos los ecosistemas costeros frágiles que, actualmente, no cuentan con formas de protección legal.

[349] Véase, Martínez, C, F. Arenas, K. Bergamini & J. Urrea. 2019. "Hacia una ley de costas en Chile: criterios y desafíos en un contexto de cambio climático". Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), Serie Policy Papers CIGIDEN. Primera edición, septiembre 2019. 24 págs.

Figura 6.25. Diferencias en la aplicación de los conceptos de Borde Costero y Zona Costera, de acuerdo con la propuesta de Ley de Costa promovida por la plataforma Observatorio de la Costa,



tomando como ejemplo San Pedro de la Paz y Coronel, en Región del Biobío.

Fuente: Martínez *et al.* (2019), CIGIDEN.

Una mención especial que se debe efectuar, en cuanto a iniciativas legales que han sido propuestas para la protección de la zona costera, en cuanto a usos y costumbres de los pueblos originarios, lo representa la Ley Nº20.249, la cual destina al espacio costero marino para los pueblos originarios (ECMPO), la cual es conocida como "Ley Lafkenche", cuyo objetivo es preservar el uso consuetudinario de las comunidades indígenas en el borde costero, puesto que la anterior normativa no resultaba eficiente para poder reconocer el derecho efectivo de las comunidades indígenas sobre dichos espacios.

De esta forma, la Ley Nº20.249, junto con su Reglamento, establece un área delimitada de la zona marina costera, la cual es cedida a las comunidades de forma gratuita, a través de una destinación que el Ministerio de Defensa Nacional entrega a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA); esta última, mediante un convenio de uso, designa la administración a la comunidad solicitante. En consecuencia, uno de sus principales efectos de esta norma legal, es la incorporación de las comunidades indígenas, como nuevo sujeto de derecho dentro de la toma de decisiones, planificación y gestión del litoral[350]. De esta forma, el otorgamiento de un ECMPO contempla la implementación de un plan de administración, el cual debe incluir un plan de manejo en el caso de desarrollar

[350] Véase, Nahuelpan, H. 2016. Micropolíticas mapuches contra el despojo en el Chile neoliberal. La disputa por el lafkenmapu (territorio costero) en Mehuín. *Izquierdas,* 30, pp. 89-123, citado por C. Sandoval. 2020. "Modelo Conceptual Ecosistémico para la Implementación de un Plan de Manejo de Espacios Costeros Marinos para los Pueblos Originarios de la Bahía de Yaldad, Chiloé, Sur de Chile. Seminario de Título para optar al Título de Biólogo Ambiental, Universidad de Chile. 160 págs.

actividades asociadas a la explotación de recursos marinos por parte de la comunidad o usuarios integrados al plan de administración. Este plan de manejo, corresponde a un conjunto de medidas y acciones que son adoptadas con el propósito de prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos o efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad en una zona determinada[351]. Así, la elaboración del plan de administración es responsabilidad de la comunidad y debe ser presentado ante la SUBPESCA dentro del plazo de un año, luego de otorgada la destinación marítima.

6.3.2. Marco normativo relativo a la protección de los recursos y la contaminación del medio marino

6.3.2.1. La actual institucionalidad ambiental

En acuerdo con lo señalado en los capítulos anteriores y teniendo en consideración los principales actores que intervienen en la gestión de la zona costera, según Herrera (2019)[352], las principales institucionales que participan con un papel fundamental en la protección de las zonas costeras de Chile y de sus diversos recursos, son los siguientes.

Ministerio de Medio Ambiente

El Ministerio de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) fueron creados a partir de la Ley N°20.417, publicada en el D.O. de fecha 20 de enero de 2010, la cual modificó la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Además, la normativa ha permitido incorporar en el inciso segundo del artículo 4º de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley Nº19.300), el deber de la institucionalidad de propender la conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo el marino, al establecer que:

> "*los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas, de conformidad a lo señalado en la ley y en los convenios internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes*".

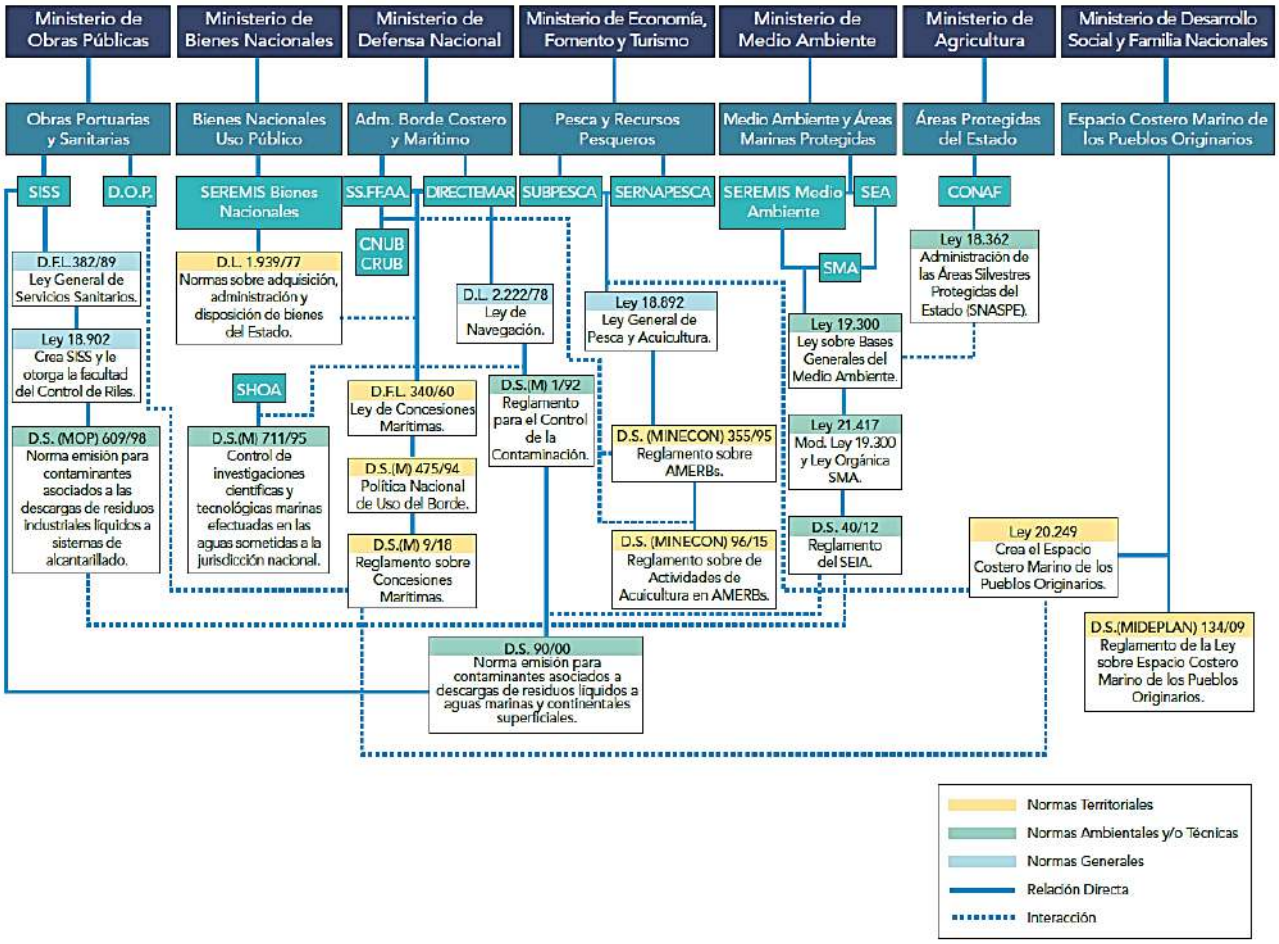
[351] Véase, C. Sandoval. 2020. "Modelo Conceptual Ecosistémico para la Implementación de un Plan de Manejo de Espacios Costeros Marinos para los Pueblos Originarios de la Bahía de Yaldad, Chiloé, Sur de Chile. Seminario de Título para optar al Título de Biólogo Ambiental, Universidad de Chile. 160 págs.
[352] Véase Op. Cit. 18.

En este sentido, las competencias del Misterio del Medio Ambiente se pueden dividir en tres ámbitos:

- Políticas y regulaciones ambientales generales, incluyendo aquellas vinculadas a cuentas ambientales, biodiversidad y áreas protegidas.
- Políticas y regulaciones para la sustentabilidad.
- Políticas y regulaciones en materia de riesgo y medio ambiente.

El Ministerio aborda materias centrales para la gestión ambiental como la regulación ambiental, la información y economía ambiental, la educación, participación y gestión local, los recursos naturales y biodiversidad el cambio climático, el cumplimiento de convenios internacionales y, finalmente, la planificación y gestión.

Figura 6.26. Estructura del marco institucional que regula y gestiona el uso de la zona costera en Chile.



Fuente: Morales, E., P. Winckler & M. Herrera. 2019. "Costas de Chile. Medio Natural, Cambio Climático, Ingeniería Oceánica y Gestión Costera". SHOA

El Servicio de Evaluación Ambiental, quien administra el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

Como principal instrumento de gestión ambiental, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) es quien administra e interpreta el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), cuya misión es la evaluación de los proyectos o actividades que pudieran desarrollarse en la zona costera, de conformidad lo establece la Ley Nº19.300, modificada por la ley Nº20.417, incorpora la necesidad de contar con la solicitud de la opinión del Gobierno Regional, el Municipio respectivo y la Autoridad Marítima competente, sobre la compatibilidad territorial del proyecto.

Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)

A la SMA, le corresponde de forma exclusiva ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCAs) de los proyectos que se han aprobado ambientalmente, incluyendo aquellos que operan en el medio marino o en su borde costero. Además, le compete ejecutar, organizar y coordinar las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la Ley. Para desarrollar estas labores, la SMA puede utilizar tres modalidades de fiscalización:

- A través de una modalidad directa, es decir, mediante sus propios funcionarios.
- A través de las facultades que poseen los distintos órganos de la administración del Estado con competencia ambiental.
- Mediante la acción de terceros, que están debidamente acreditados y autorizados por la SMA, tales como, entidades técnicas de fiscalización y entidades técnicas de certificación.

Asimismo, la SMA posee la rectoría técnica de la actividad de fiscalización ambiental, por cuanto debe establecer los criterios de fiscalización que deberán adoptar todos los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental para efectos de llevar a cabo sus labores.

Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR)

Posee competencias en la gestión de los ecosistemas marinos, incluyendo el borde costero, es la DIRECTEMAR. Este organismo, perteneciente a la Armada de Chile, encuentra sus fundamentos jurídicos para proteger los ecosistemas marinos y el borde costero a partir de lo dispuesto en el artículo 5° de la Ley de Navegación, cuyo tenor expresa lo siguiente:

> *"la autoridad marítima corresponderá a la Dirección y, como tal, aplicará y fiscalizará el cumplimiento de esta ley, de los convenios internacionales y de las normas legales o reglamentarias relacionadas con sus funciones, con la preservación de la ecología en el mar y con la navegación en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional. La Dirección tendrá la representación oficial del Estado en asuntos o reuniones internacionales relativos a las materias profesionales y técnicas de que trata esta ley".*

Esta misma Ley establece un principio general en materia de contaminación acuática, cuya disposición ya era norma exigida desde el año 1941, conforme se consagró en el artículo 185º del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina de las Naves y Litoral de la República, y cuyo texto señalaba:

> *"Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...)".*

A dicha disposición, la Ley de Navegación, en cambio, quiso replantear de una manera más profunda el enfoque tradicional, agregándole el carácter absoluto a la citada prohibición. Además, permitió especificar las actividades que serían sometidas a ella y los cuerpos de agua sujetos a su tutela, señalando en su artículo 142º:

> "*Artículo 142.- Se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie,*

que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos (...)".

Cabe hacer presente, que este mismo principio general es reproducido fidedignamente en el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática. Además, como cuerpo normativo de la Ley de Navegación, el Reglamento incorpora otras prohibiciones que se inspiraron en aquel dispuesto en el artículo 142, como i) la prohibición de transporte marítimo de sustancias nocivas o peligrosas que puedan ocasionar daños o perjuicios a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, ii) la prohibición de efectuar descargas de aguas sucias a toda nave o artefacto naval, y iii) la prohibición de introducir o descargar directa o indirectamente a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional de cualquier materia, energía o sustancias nocivas o peligrosas desde fuentes terrestres. Este último representa uno permisos ambientales sectoriales que otorga la Autoridad Marítima a las actividades o proyectos sometidos al SEIA.

Autoridades Marítimas dependientes de DIRECTEMAR

Orgánicamente, la Autoridad Marítima ejerce sus competencias ambientales a través de sus órganos operativos, los cuales son las Gobernaciones Marítimas y las Capitanías de Puerto, las cuales se encuentran distribuidas desde Arica hasta el territorio antártico.

Desde el punto de vista operativo, la Autoridad Marítima Nacional supervisa las actividades que se encuentran bajo su jurisdicción, mediante su Dirección de Intereses Marítimos (DIRINMAR), en donde se administran y se evalúan aquellos proyectos u operaciones que pueden afectar la calidad del medio acuático, incluyendo sus ecosistemas marinos y dulceacuícolas continentales, así como también, las concesiones marítimas otorgadas por el Ministerio de Defensa Nacional y las autorizaciones transitorias de ocupación del borde costero. DIRECTEMAR posee jurisdicción sobre aquellos ríos y lagos que son navegables por embarcaciones que posean sobre 100 toneladas de registro grueso.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), posee amplias atribuciones jurídicas destinadas a regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura nacional, a través de políticas, normas y medidas de administración, de acuerdo a

un enfoque precautorio y ecosistémico que promueva la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos para el desarrollo productivo nacional. La SUBPESCA, que se encuentra bajo la supervisión del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, posee una amplia función reguladora de las actividades que inciden en los recursos hidrobiológicos, incluyendo, entre otras, las actividades pesqueras extractivas y de transformación, la acuicultura y cualquier proyecto que pueda afectar el ecosistema en donde se encuentren las especies y recursos hidrobiológicos.

Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)

El Servicio Nacional de Pesca **(**SERNAPESCA), es la institución dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, cuya misión es fiscalizar el cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura, proveer servicios para facilitar su correcta ejecución y realizar una gestión sanitaria eficaz, a fin de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente. De esta forma, SERNAPESCA es el órgano fiscalizador de las normas pesqueras y de protección de los recursos hidrobiológicos. SERNAPESCA y SUBPESCA fueron creadas por D.L. Nº 2.442, del 29 de diciembre de 1978, la cual modificó radicalmente la institucionalidad pública pesquera que existía hasta antes de esa fecha.

Posteriormente, como respuesta a las modificaciones de la Ley General de Pesca y Acuicultura, SERNAPESCA debió reestructurar su organización, con el objeto de hacer frente a los nuevos desafíos ambientales y las exigencias de un comercio internacional dinámico y globalizado. Actualmente, contribuye a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente, a través de una fiscalización integral y gestión sanitaria que influye en el comportamiento sectorial promoviendo el cumplimiento de las normas. De esta forma, SERNAPESCA fiscaliza la pesca extractiva (artesanal e industrial), la pesca recreativa, la acuicultura, el comercio exterior de recursos hidrobiológicos, efectúa difusión de las normas pesqueras y de acuicultura, efectúa la vigilancia epidemiológica de manera oficial, efectúa vigilancia ambiental cuando se vean afectados los recursos hidrobiológicos y apoya a la SUBPESCA en la gestión normativa.

Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

La SISS es otro organismo de la administración del Estado que tiene competencias en la gestión ambiental del borde costero y de los ecosistemas marinos. Esta institución, la cual es funcionalmente descentralizada, con personalidad jurídica y patrimonio propio, está sujeta a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio de Obras Públicas. Sus funciones sustantivas, se enfocan al control de las empresas concesionarias sanitarias y, por consiguiente, en la gestión de los Residuos Industriales Líquidos (RILes).

La SISS posee competencias para proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de las descargas de los residuos industriales líquidos y velar por el cumplimiento por parte de los entes fiscalizadores. Asimismo, vela por el cumplimiento de disposiciones legales y reglamentarias, normas técnicas, instrucciones, órdenes y resoluciones que dicte relativas a la prestación de servicios sanitarios y descargas de los referidos residuos líquidos, entre otros, a los cuerpos de agua marinos.

Entre los cuerpos normativos, por cuyo cumplimiento la SISS se le encomienda velar, destaca especialmente la *Ley Nº 3.133 de 1916*, sobre neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales y sus Reglamentos. Al respecto, es jurídicamente correcto afirmar que la citada la Ley Nº 3.133, constituye el cuerpo normativo más antiguo en Chile (Herrera, 2002), que regula este tipo materia y que se mantuvo en ejercicio durante casi un siglo (hasta 1982), en cuyo artículo 1° dispone que:

> "*Los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan substancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado*".

6.3.2.2. Brechas que existen para el desarrollo sostenible y ambiental en Chile

Conforme lo manifiestan Andersen & Balbontín (2021)[353], siendo el agua el recurso y servicio ecosistémico base de los asentamientos humanos, sus bordes

[353] Véase, Andersen, K & C. Balbontín. 2021. La planificación del borde costero chileno. Una normativa deficiente. Revista de Geografía Norte Grande, 80: 227-247 (2021).

presentan una fuerte demanda de ocupación, puesto que en el caso de Chile, el recurso como los territorios de acceso a este, presentan las últimas décadas una creciente demanda de parte de las industrias de exportación, especialmente la agricultura y minería. Sin embargo, la relación de las comunidades con los bordes de agua implica mucho más que el solo aprovechamiento del recurso. Además, estos mismos autores, señalan que existe una difícil regulación y control del uso del borde costero, el cual radica, en parte, por "*la dispersión de las competencias de la autoridad portuaria, que hoy se comparte entre muchos servicios públicos y ministerios que están relacionados a la infraestructura y movimiento de carga portuaria en Chile*".

En este sentido, para los citados investigadores, la dictación del D.S. (M) N° 475/1994, que aprobó la Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC), constituyó un avance; sin embargo, subsisten las dificultades entre esta normativa y con lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley (D.F.L.) de 1960, sobre concesiones marítimas; así como también, con lo efectiva aplicación de lo dispuesto en el actual Reglamento sobre Concesiones Marítimas, promulgado por el D.S.(M) Nº9/2018 y con lo establecido en la Ley Nº 20.249 (Ley Lafkenche), destinada a proteger los asentamientos indígenas en el borde costero, así como con los instrumentos de planificación territorial de suelo urbano.

Más aún, la crítica que Andersen & Balbontín (2021) hacia la PNUBC, incluye su papel como instrumento de gestión sostenible de los recursos costeros, al considerar que este instrumento permite la declaración de área costera reservada, de conformidad lo previene el art. 2º del D.S.(M) Nº475/1994, el cual tiene entonces por finalidad programática, según los citados autores, focalizar la acción de los organismos del Estado, mediante una coordinación forzada de los órganos de la administración del Estado que, en ciertos casos buscan estimular la inversión. Lo anterior, siempre con el objetivo de lograr un desarrollo armónico del territorio y optimizar el uso de los bienes nacionales de uso público que conforman el borde costero, como materialización del imperativo constitucional establecido en el artículo 115° de la Carta Fundamental (Cordero, 2011)[354]. Más aun, el problema, según los citados investigadores, se origina en que la actual zonificación se materializa mediante un decreto supremo, con lo cual ella podría adolecer de un vicio de inconstitucionalidad, al implicar una limitación por vía de acto administrativo de ciertos derechos constitucionales (Andersen & Balbontín

[354] Véase, Cordero, E. 2011. Ordenamiento Territorial, justicia ambiental y zonas costeras. Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2011, Vol. XXXVI, p. 209-249. Citado por Andersen & Balbontín (2021).

2021). En efecto, la zonificación fija prohibiciones de ciertos usos de suelo al establecer usos preferentes y, en otros casos, posibilita usos alternativos a las zonas preferenciales definidas; más aún, en ciertas situaciones, ésta pretende definir prohibiciones y causales de caducidad a concesiones, por ejemplo, en el caso de las concesiones acuícolas. Incluso las zonas preferenciales de preservación ambiental, que puede imponer la Zonificación del Borde Costero, supone restricciones a proyectos portuarios o actividades económicas en la medida que no deben generar impactos negativos sobre el ecosistema natural, lo que se debe garantizar a través de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental. En particular, la Constitución garantiza a todas las personas: "El derecho a desarrollar cualquier actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen" (Constitución Política de la República de Chile de 1980, 2020, artículo 19 N°21). A su vez, garantiza a todas las personas el derecho de propiedad sobre todas clases de bienes corporales incorporales, señalando que "sólo la ley puede establecer […] las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social" (Constitución Política de la República de Chile de 1980, 2020, artículo 19 N°24). Incluso señala que la "ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente" (Constitución Política de la República de Chile de 1980, 2020, artículo 19 N°8). Esta reserva legal para limitar los derechos constitucionales precitados está fundada sobre todo en un principio de seguridad jurídica, como expresión de un Estado de Derecho (Andersen & Balbontín 2021).

En otro sentido, debemos recordar la brecha que fue expuesta al inicio de este texto, la cual se origina de lo señalado por Andrade *et. al.* (2008)[355], quien observó que las atribuciones asociadas a la aprobación de propuestas de zonificación del borde costero, según lo dispuesto en la PNUBC, pueden considerarse como una forma importante de planificación territorial costera; pero que solo se trata de propuestas de zonificación a las cuales los organismos que administran el borde costero resuelven de forma facultativa, sin tener un efecto vinculante directo para todos los usuarios del borde costero. En consecuencia, para este autor la propuesta de planificación sectorial, que eventualmente pudiera aplicarse por los organismos encargados de regular y controlar las actividades productivas en esta área, no necesariamente son insertas en un contexto general del ordenamiento de los espacios terrestres y marítimos, demostrando que el esfuerzo que demuestra la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero (CNUBC), en el

[355] Véase Op. Cit. N°15

ordenamiento costero, tiene un alcance limitado para efectos de la regulación de todas las actividades que tienen impacto en la zona costera, dado su nulo efecto vinculante y su escasa extensión territorial, al referirse exclusivamente al borde costero (Andrade *et. al.* 2008).

En un sentido similar a lo expuesto precedentemente, se encuentra Martínez *et al*.(2019)[356], los que señalan que una de las mayores dificultades que presenta el actual ordenamiento y planificación territorial de las zonas costeras, se relaciona con las responsabilidades institucionales en la materia y con los instrumentos asociados, ya los instrumentos de planificación territorial (IPT) y aquellos de carácter sectorial, pero con incidencias importantes en el territorio, deben articularse en torno de definiciones estratégicas mayores. Además, para estos citados autores de la propuesta de Ley de Costas, las limitaciones que posee el PNUBC y su dificultad para ser articulada, a través de normativas a la Planificación Territorial, obligan a reflexionar sobre la necesidad de contar en el país con una Ley de Costas efectiva, para enfrentar los desafíos de gobernanza que plantea el siglo XXI, en especial para enfocar el desarrollo sostenible y los procesos adaptativos del cambio climático, entre los que citan, a los siguientes:

a. La falta de precisión del concepto de borde costero, ya que borde costero no es sinónimo de zona costera. Lo anterior, en atención que la zona costera debe definirse en su extensión, a través de evidencia científica, con el fin de establecer, no la línea de playa (máxima extensión del oleaje en condiciones de mareas de sicigias), sino la máxima extensión del nivel del mar holocénico, lo cual conlleva a utilizar el concepto de línea de costa, es decir el punto en el cual el mar estuvo posicionado como respuesta al último cambio climático global. La repercusión de este enfoque es la extensión de la zona costera más allá de la playa y la inclusión dentro del territorio costero, de todos los ecosistemas costeros frágiles que actualmente no cuentan con formas de protección legal (Martínez *et al*. (2019).

b. La falta de metodologías de zonificación, puesto que no existe una metodología específica para el proceso de zonificación, por lo que la mayoría de las regiones que ya han desarrollado sus propuestas de usos han buscado el apoyo internacional, a través de convenios de cooperación específicos (Martínez *et al*. (2019), y,

[356] Véase Op. Cit Nº76

c. La falta de articulación de la zonificación costera con los instrumentos de planificación territorial, en atención que la regulación del territorio está entregada a la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), la cual define básicamente dos instrumentos para regular el uso del suelo: el Plan Regulador Intercomunal y el Plan Regulador Comunal, los cuales no contienen criterios especiales para las zonas costeras, como territorio singular, ni tampoco obligan a incluir las zonificaciones costeras, debido al escaso territorio. Así también, las concesiones marítimas son autorizadas por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, la que puede o no considerar las condiciones de edificación y usos de suelo establecidos por el plan regulador respectivo (Martínez *et al*. (2019).

Otro asunto, no menos importante, que representa una brecha para el desarrollo sostenible y ambiental de las zonas costeras en Chile, lo representa la falta de normas de calidad secundaria para aguas marinas y sedimentos marinos, lo cual impide materializar, de manera efectiva, la garantía constitucional de vivir en un medio ambiente libre de contaminación, debido que estas normas son una manifestación del principio de desarrollo sustentable, según lo expresa Mondragón (2018)[357], puesto que, conforme se ha definido, el desarrollo sustentable es como aquel desarrollo que permite "*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades*"[358]. En este sentido, el referido concepto o principio que inspira el derecho ambiental sostiene que deben compatibilizarse el desarrollo económico y social con la protección del medio ambiente, lo que nuestra regulación ambiental ha reconocido expresamente, mediante lo expuesto en el Mensaje Presidencial de la Ley Nº19.300, en el que se indica que "*Un desarrollo sustentable debe conservar la tierra y el agua, los recursos genéticos, no degradar el medio ambiente, ser técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable. Pero a la vez, la conservación del medio ambiente no se puede plantear en un sentido restrictivo. Nuestro país requiere satisfacer necesidades crecientes de vivienda, salud, educación, energía, etc. Ello implica poner en producción los recursos con los que cuenta* (…) *Cuando hablamos de desarrollo sustentable, estamos pensando en crecimiento económico*

[357] Véase, Op. Cit Nº74

[358] Véase, Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2017.Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común. [en línea] https://es.scribd.com/doc/105305734/ONU-InformeBrundtland-Ago-1987-Informe-de-la-Comision-Mundial-sobre-Medio-Ambiente-y-Desarrollo [fecha última consulta: 3 de octubre de 2017, citado por Mondragón (2018).

con equidad social y con preservación y cuidado de los recursos naturales" (citado por Mondragón 2018).

El mismo autor, además, precisa que este concepto o principio, forma parte del listado de definiciones establecido en el literal g), del artículo 2°, de la Ley 19.300, lo que incluye en una serie de instrumentos de gestión ambiental, entre ellos, las mismas normas de calidad ambiental (Mondragón 2018), por lo que la inexistencia de estas normas, hace deficitario la aplicabilidad del desarrollo sostenible o sustentable en nuestra normativa ambiental.

Por lo demás, la solución de las brechas antes señaladas, permitiría ampliar adecuadamente, la red de Áreas Protegidas y Áreas Marinas Protegidas, y mejorar su gestión, tal como lo señala Marquet *et al*. (2022)[359], para quienes han señalado que, considerando que existen aún muchas especies y ecosistemas que no están protegidos, es importante movilizar recursos y generar instrumento de política que permitan su protección adecuada, entre los que se ejemplifican los humedales y ecosistemas costeros.

6.3.3. Conclusiones

En virtud de lo expuesto precedentemente, se pueden arribar a las siguientes conclusiones con respecto a los factores e iniciativas jurídicas que se han descrito en este capítulo y que inciden en la gestión ambiental de los ecosistemas terrestres y marinos del borde costero:

a. De la misma forma que se ha venido sosteniendo en los distintos Informe País, nuestro país ha demostrado contar con una experimentada institucionalidad que ha administrado la zona costera y sus recursos, mediante el otorgamiento de concesiones marítimas, fluviales y lacustres; los que han evolucionado en una Política Nacional del Uso del Borde Costero, el que ha seguido tendencias internacionales para un apropiado manejo de estos bienes nacionales y fiscales; sin embargo, esta institucionalidad ha demostrado poseer ciertas brechas, que han sido objeto de críticas por parte de investigadores y estudiosos, lo que ha valido la propuesta de una nueva Ley de Costas para Chile.

[359] Véase, Marquet, P. A., A. Gaxiola, M. Isidora Ávila-Thieme, A. Pica-Téllez, S. Vicuña, A. Alaniz, G. Etcheberry, D. González, V. Jara y L. Menares. 2022. Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/35), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022. 109 págs.

b. Por otra parte, también, se ha destacado la inexistencia de normas de calidad secundaria para aguas y sedimentos marinos, lo que hace deficitaria la aplicabilidad del desarrollo sostenible en nuestra normativa ambiental, lo que de contar con ellas permitiría ampliar adecuadamente, la red de Áreas Protegidas y Áreas Marinas Protegidas, y mejorar su gestión.

c. Nuestra actual institucionalidad ambiental, creada a mitad de la década de los noventas, sumado a las iniciativas regulatorias que hasta ese momento se encontraban amparadas en los sectores muy puntuales de la administración del Estado, permitieron consolidar un sistema de gestión ambiental que ha producido una efectiva protección ambiental de las zonas costeras y sus ecosistemas; sin embargo, aun cuando nuestro país ha demostrado iniciativas normativas destinadas a la protección y ordenamiento de las zonas costeras, ésta no ha evolucionado de la misma forma que experimentó la regulación ambiental. Así, la institucionalidad para el uso de la zona costera no ha obedecido una política que permita su regulación permanente e integral, ya que por ahora parece obedecer más a una finalidad sectorial, en donde yace restringida, lo cual ha restringido una necesaria planificación del borde costero, que esté adaptada a los requerimientos ambientales y de conservación de los ecosistemas marinos.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: MINERÍA E HIDROCARBUROS



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

MINERÍA E HIDROCARBUROS

Autor:
José Leal Rodríguez (1)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 7. MINERÍA E HIDROCARBUROS
José Leal, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

7. MINERIA E HIDROCARBUROS **9**

7.1. RESUMEN *9*

7.2. INTRODUCCIÓN *11*

7.3. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA GRAN MINERÍA *19*

7.4. CONSUMO DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE *21*

7.5. PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA MINERA PYMES) *25*

7.6. CIERRE DE FAENAS MINERAS *27*

7.7. MINERÍA Y PUEBLOS INDÍGENAS *29*

7.8. MINERÍA, PARQUES NACIONALES Y ECOLOGÍA *32*

7.9. LITIO *35*

7.9.1. Fuentes de Litio 36

7.9.2. Proyección del Litio en Chile 37

7.9.3. Litio y conflictos socioambientales 37

7.9.4. Marco internacional 39

7.9.5. Institucionalidad del Litio 42

7.10. CARBÓN *45*

7.10.1. Proceso de Descarbonización en Chile 48

7.10.2. Marco internacional global 49

7.10.3. Carbono negro 50

7.10.4. Impactos ambientales del carbón 51

7.11. GAS NATURAL *52*

7.11.1. Impactos ambientales 52

7.11.2. Reservas 54

7.11.3. Contexto internacional 55

7.12. HACIA UNA POLÍTICA AMBIENTAL INTEGRAL PARA EL SECTOR MINERO *56*

7.12.1. El frente global 60

7.12.2. El frente local 61

7.13. Bibliografía *62*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

A **Gustavo Lagos** (por su dirección en 7 Informes), David Peter, Marcelo Andia, José I. Guzmán, Macarena Yazigi, José J. Jara.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

7. MINERÍA E HIDROCARBUROS

Autor: José Leal[1].

7.1. RESUMEN

En este capítulo del **Informe País 2019-2021**, se revisa la situación del medio ambiente nacional producto de las actividades de extracción y procesamiento en los sectores de minería e hidrocarburos, en la medida que se dispone de información actualizada para cada componente de tales sectores.

Se señalan primeramente los **impactos principales de la gran minería**: emisiones a la atmósfera (con sus efectos locales y globales); consumo de agua y energía: generación de efluentes líquidos y traques de relaves; degradación de los suelos; pérdida de biodiversidad; afectación de hábitats humanos y ecológicos. Todo ello está regido por la legislación vigente a partir de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (1994). Es un tema que requiere coordinación con la política nacional en materia de energía, buscando avances hacia una matriz más diversificada y menos contaminante.

A continuación, se apunta a **la problemática de la pequeña y mediana empresa minera**, que comparte algunos de los impactos señalado arriba, pero con particularidades en términos de su participación en la producción del país y en el deterioro ambiental: sus dificultades para cumplir con las reglamentaciones ambientales; su extendida informalización (sobre todo el pirquén, la microempresa minera); la necesidad de la acción del estado con instrumentos de desarrollo productivo para su modernización en una línea sustentable.

En tercer lugar, el capítulo se ocupa del tema conflictivo del **cierre de faenas mineras**, que son la causa del enorme pasivo ambiental que la actividad extractiva ha dejado en el país por centurias. Al respecto existe una legislación y procedimientos, la Ley N° 20.551 sobre Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras (2012). Se plantea la necesidad de una aplicación consecuente de la legislación, establecimiento de políticas y sus reglamentos e instrumentos, la acción del Servicio de Evaluación Ambiental (proyectos), la Superintendencia del Medio

[1] Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

Ambiente (fiscalización y control), y de los Tribunales Ambientales (conflictos), que constituirían instancias para evitar futuros pasivos ambientales mineros.

Enseguida se hacen algunos planteamientos respecto de un problema también bastante dejado de lado de manera integral: **la relación entre la actividad minera y la ecología**. Según el Código de Minería se pueden realizar labores mineras en áreas protegidas, si se cuenta con autorización oficial; sin embargo, se reportan abusos por interpretaciones torcidas de la legislación, para lo cual se requiere un apoyo del estado que debe ser reforzado de manera significativa, con el uso de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, más algún precepto constitucional.

El quinto elemento de este capítulo es el tópico de la **relación de pueblos originarios con la naturaleza y sus conflictos con la actividad extractiva minera**. Esto se da en ecosistemas frágiles, como zonas desérticas, cordillera y precordillera, donde hay mayor actividad minera. Se reportan casos de conflictos con comunidades aymara, quechua, diaguita y atacameña. Se señala la urgencia de establecer una política pública que apoye el proceso y la conveniencia de involucrar al sector privado en esta compleja dimensión de la gestión ambiental en la minería.
A continuación, se analiza **el estado de situación del litio, el carbón y el gas natural**, con el foco puesto en sus efectos ambientales y en la evolución, todavía inestable y cambiante, del futuro de estos elementos debido al contexto internacional.

La última parte anota vías para avanzar en una **política ambiental integral para el sector minero** que considere los aspectos antes señalados. PYMES mineras, litio, carbón e hidrocarburos, deberían ser materia de políticas sectoriales robustas, en el marco de las respectivas políticas regionales. La política ambiental minera no puede estar disociada de la política exterior, que debe estar en permanente monitoreo de las regulaciones internacionales y los vaivenes del mercado. En la medida que hay un sector privado activo (gran empresa, PYMES y pirquineros), debe buscarse un ambiente favorable a su desarrollo en el marco de la protección ambiental y territorial. El proyecto de nueva constitución contiene elementos importantes para lidiar en estos temas, siempre que: se apliquen efectivamente los reglamentos y procedimientos vigentes; se creen nuevos cuerpos legales e instrumentales, aprovechando los avances tecnológicos que apoyen ese proceso.

7.2. INTRODUCCIÓN

Esta versión del Informe País del Estado del Medio Ambiente busca superar el enfoque básicamente economicista al analizar la situación del territorio y el entorno de la actividad, afectados por la actividad minera, sin duda importante para el país y por lo tanto sujeta, implícitamente, a una suerte de tratamiento especial. Esto marca lo que ha sido una característica de la política oficial respecto al medio ambiente: cierta sumisión frente a las prioridades económicas del proceso de desarrollo. No obstante, tanto el marco constitucional como las nuevas regulaciones han permitido al sector minero avanzar hacia una mayor sustentabilidad de sus formas de producir; contribuyendo por ende al desarrollo sustentable como política global nacional.

Es por ello que se ha buscado presentar una visión fundamentalmente ambiental al tratar el tema, no limitándose a las ramas de mayor peso, como la gran minería, sino al conjunto de elementos que dan cuenta de la complejidad de la temática minero-ambiental y la necesidad de abarcarla con políticas específicas que no solo den cuenta del problema sino también de las diferentes capas de la población afectada. Un análisis de la génesis, gestación y generación del proyecto abortado de nueva constitución mostró hasta qué punto hay temas sensibles en la relación entes la población, territorialmente localizada, y el mundo productivo.

Se toman en cuenta por tanto los siguientes elementos: Impactos ambientales de la gran minería, PYME minera, cierre de faenas mineras, minería, parques nacionales y ecología, minería y pueblos indígenas, litio, carbón y gas natural. Todo ellos conducente a avanzar hacia una política ambiental integral para el sector minero.

La relación entre la minería y el medio ambiente en Chile ha tenido variaciones en el último cuarto de siglo, sobre todo en cuanto acciones, tanto de parte del estado como de los privados, así como en el establecimiento de regulaciones de política pública. Sin embargo, los problemas que atañen al medio ambiente local y nacional, así como la dimensión internacional en el rubro cambio climático y calentamiento global, han adquirido rasgos complejos que se remontan a la historia de este sector en el desarrollo socioeconómico chileno.

Algunos datos duros. La participación del sector minero en el producto interno bruto (PIB) en Chile fue de 14,56% en 2021, frente a un 11,79% del año anterior

(Statista, 2022). Ver **Cuadro 7.1** donde se ve la tendencia creciente del peso del sector en la economía nacional.

Cuadro 7.1. Evolución del PIB sector minería 2018-22 (US$ y % país).

Porcentaje sobre el PIB Minería				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**
% PIB Minería	8,88	8,24	11,79	14,56
PIB Minería (miles de millones de pesos)	16.825,44	16.129,69	23.627,73	35.030,02

Fuente: Banco Central de Chile, 2022.

En el Informe País 2018, el análisis se focalizó en la industria del cobre justamente por su peso en el desarrollo del país. Puesto en forma sintética, y con las actualizaciones correspondientes se puede poner así (Casas y Estuardo, 2021):

- El cobre lideró el auge de las exportaciones chilenas en 2021, con envíos que alcanzaron la cifra récord de US$ 53.424 millones, con un alza del 41% frente a 2020;
- El cobre representa el 56% de las exportaciones de Chile;
- El cobre genera en torno al 11,5% del PIB y el 13,1% de los ingresos fiscales (**Ver Cuadro 7.2**).

Cuadro 7.2. Evolución del PIB minería del cobre 2018-22 (US$).

Producto interno bruto minería, a precios corrientes, series empalmadas (miles de millones de pesos)				
	2018	**2019**	**2020**	**2021**
Minería	16.825,44	16.129,69	23.627,73	35.030,02
Minería del cobre	14.971,53	14.341,00	21.304,82	31.947,84
Otras actividades mineras	1.853,91	1.788,69	2.322,92	3.082,18

Fuente: Banco Central de Chile, 2022.

Aparte de lo anterior, el sector crea una importante cantidad de empleos directos e indirectos (con alguna variación al aumento), ha mostrado un precio con sostenida tendencia al alza, de modo que ha sido fundamental para apoyar a la economía nacional en la crisis económica y social asociada a la pandemia de los años recientes (**Ver Cuadro 7.3**).

Cuadro 7.3. Generación de empleo sector minero 2017-22 (miles de personas).

Año	Explotación de minas y canteras
2017	206
2018	216
2019	234
2020	203
2021	222

Fuente: INE, 2022.

Precisamente en ese marco, y por causa de la guerra europea (Rusia-Ucrania) y la correspondiente recesión a nivel global, el cobre ha tenido retrocesos en su precio, causa de un proceso inflacionario en Chile y de le devaluación de su moneda.

No obstante, sus impactos ambientales han sido importantes. Algunos de dichos impactos ambientales radican, también resumidamente, en:

- Consumo importante de energía y de agua;
- Generación de desechos sólidos;
- Disposición de efluentes líquidos en tranques de relaves;
- Emisión de gases con efecto invernadero en particular CO_2;
- Emisión de anhídrido sulfuroso y sulfúrico;
- Otras emisiones;

Todo ello con efectos en la salud de las personas, los equilibrios ecológicos del territorio, la degradación del suelo, y la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas del recurso agua.

Es en algunas ciudades y poblados en los que la minería es crucial para el desarrollo regional y local, donde se han originado algunas de las llamadas “zonas de sacrificio”, una triste denominación que manifiesta la incapacidad de la política pública para hacerse cargo de su mandato constitucional respecto a la calidad ambiental. El Informe País 2018 abundaba en detalles al respecto. Existen debilidades de la institucionalidad para hacer cumplir una legislación que, en el papel, y en sus herramientas, permitiría abordar estos problemas sin menoscabar los derechos de las personas. En el caso de Ventanas, un esfuerzo conjunto con CODELCO para hacer las inversiones necesarias de modernización de la fundición, por ejemplo.

En 1997, junto al comienzo de la crisis asiática, comenzaba la aplicación de la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente dictada en 1994 al fin del gobierno de Patricio Aylwin, y que tuvo la filosofía de realizar revisar la estrategia de desarrollo

para proteger el medio ambiente en forma gradual y en la medida de lo posible. Una visión moderada desde sus inicios. La ley apuntaba al sector minero en especial, dada su importancia en la economía nacional. Por ello se buscó un esquema que no significara leyes difíciles de cumplir, sino crear planes y normas viables. A esto se llamó "gradualidad" una de las palabras que permitió, no obstante, esconder omisiones en la aplicación de la política.

Cabe señalar que la minería venía realizando estudios y evaluaciones de impacto ambiental desde 1994 en forma voluntaria y si bien algunos de dichos estudios fueron testimoniales, sirvieron de base para la aplicación formal de la Ley 19.300 posteriormente. La minería fue pionera entre las industrias chilenas en la aplicación de las nuevas normativas ambientales a principios de los 90. Implementó planes de descontaminación que fueron fundamentales para reducir sus efectos ambientales (con la salud de las personas como prioridad) y para mejorar la inserción de los productos chilenos en los mercados internacionales (sin lo cual nuestros productos perdían su competitividad).

Señala el Informe País 2018 que en este periodo se produjeron dos ciclos económicos y el comienzo de un tercero. Primero la crisis asiática que comenzó a fines de 1997 con secuelas hasta 2003. Segundo el superciclo de los *commodities*, que comenzó en 2004 y llegó a su máximo rendimiento en 2007, siendo interrumpido durante un año por la crisis financiera global de 2008. Se alcanzó el máximo precio de los *commodities* en 2011, y a partir de dicho año comenzó a declinar. En 2015 el superciclo parecía haber terminado, pero se extendió a la siguiente década, ya que generó una tendencia alcista que está presente hasta el día de hoy. Estamos pues en presencia de un nuevo superciclo.

En el Informe País 2018 se señalaba que la producción de cobre creció más lentamente que el progreso económico que detonó la minería del cobre durante el superciclo, elevando la inversión y las exportaciones, generando aumento del gasto público y privado, y reduciendo el desempleo. Por otra parte, Chile fortaleció su posición en reservas de cobre. Ello revela que el análisis de las reservas, que representan la riqueza mineral del país, es dinámico ya que responde a nuevos descubrimientos, mejores tecnologías y precios cambiantes. Este contexto es importante para entender lo que sigue.

Porque al mismo tiempo los principales impactos ambientales de la minería del cobre, uso de energía, emisión de gases de efecto invernadero, generación de

relaves, aumentaron también más rápidamente que la producción debido a la caída de las leyes de cobre en los yacimientos, a la mayor profundidad de los rajos y a la mayor dureza de la roca que debe tratarse. La causa del crecimiento de dichos impactos fue principalmente asignable a causas naturales que están relacionadas con el envejecimiento de los yacimientos.

La innovación tecnológica que ocurrió en la minería en este período fue insuficiente para mitigar algunos de esos impactos ambientales. Ello se debió no sólo a la caída de las leyes de cobre, sino qué a mayores distancias de transporte de materiales, y al endurecimiento de la roca. Estos efectos ocurrieron como consecuencia de la mayor profundidad que adquirieron los rajos de explotación.

Al 2019 la industria minera del cobre tuvo un consumo total de energía de 175.134 TJ, lo que representa alrededor del 14% del consumo agregado del país. De este total, 89.769 TJ son de la energía eléctrica y 85.365 TJ por consumo de combustibles. De acuerdo a la información de COCHILCO, durante el año 2019 se registraron emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por un total de 16.366 mil toneladas de CO2 equivalentes distribuidas en 6.252 mil por GEI directos (38,2% del total de emisiones de la minería del cobre) y 10.114 mil por GEI indirectos (61,8% del total).[2] La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de la minería del cobre chileno ocurre principalmente debido a la combustión de materiales fósiles, el carbón y otros materiales en plantas termoeléctricas, y el diésel y la gasolina, en motores de vehículos de transporte.

Según COCHILCO, al 2020 la industria minera del cobre tuvo un consumo total de energía de 180.249 TJ, lo que representa alrededor del **14%** del consumo agregado del país. De este total, 95.949 TJ son de la energía eléctrica y 84.300 TJ por consumo de combustibles.

Visto en relación a la producción de cobre, la información disponible permite visualizar una suerte de **desacople entre la producción y las emisiones**, producto seguramente de políticas para enfrentar los compromisos del cambio climático (**Ver Cuadro 7.4 y Figura 7.1**).

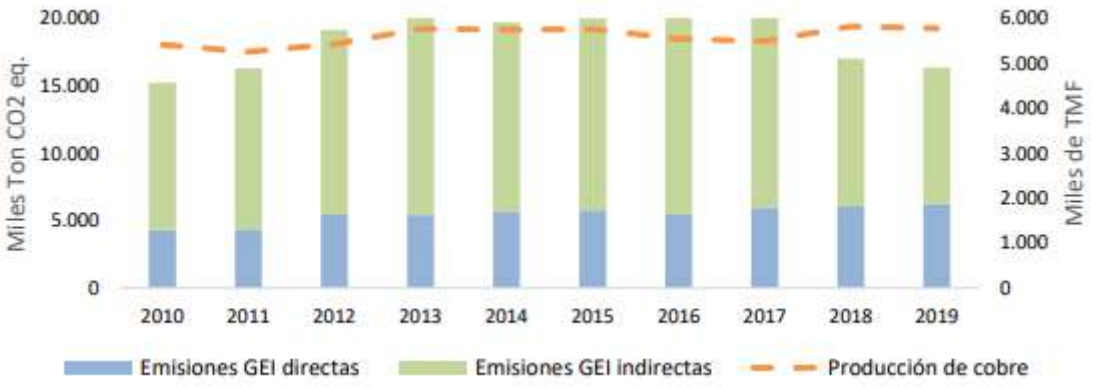
[2] COCHILCO, 2020.

Cuadro 7.4. Emisiones de GEI 2001-2019.

Emisiones GEI Minería del Cobre				
Miles de toneladas	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
CO2 equivalente	20.505,5	17.045,2	16.366,00	-

Fuente: Cochilco, 2020.

Figura 7.1. Emisiones de GEI y producción de la minería del cobre en Chile, periodo 2001-2019.



Fuente: Cochilco, 2020.

Por otra parte, la matriz de producción de energía en el sector se carbonizó en forma relevante debido al bajo aporte de nuevas centrales hidroeléctricas y de energías renovables no convencionales (ERNC), todavía incipientes, lo que explica el aumento de la emisión de GEI. Una parte importante de esto es atribuible al sector minero, en particular al cobre.

Las empresas han tomado medidas para aumentar la eficiencia energética, mejorar la matriz eléctrica, reducir sus costos e invertir en ERNC. Al mismo tiempo se comenzó a usar agua de mar en las faenas mineras lo que ha permitido aliviar la presión sobre los acuíferos por parte de la minería en algunas regiones del norte. En este plano, comenzó a reemplazarse agua fresca por agua de mar, siendo esta última un 2% en 2009 y un 15% en 2015. Al 2018 este porcentaje subió al 23% y en 2020, el 73% del agua utilizada por las minas de cobre fue agua reutilizada (70% agua continental; 30% agua de mar o desalada). Un notable aumento (BNamericas, 2022a). Se abunda sobre este tema en el capítulo dedicado al agua.

Cabe señalar que no se han evaluado adecuadamente los impactos ambientales y ecológicos asociados a la desalinización, lo cual deja una tarea pendiente que es necesario abordar en el futuro Informe País. Según un informe preparado para la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2017), la gran mayoría de los estudios sobre el impacto ambiental de las plantas de desalinización se han enfocado en

dos aspectos: la influencia de la salmuera sobre los atributos físico-químicos de los ecosistemas receptores, y la temperatura de la descarga de salmuera. En ambos casos hay impactos ambientales sobre la calidad del suelo y las especies que habitan el medio marino circundante.

La generación de relaves de cobre aumentó 86% entre 2000 y 2015 en Chile, mientras que la producción de cobre contenido en estos materiales aumentó 25% en el mismo periodo. De acuerdo al "Catastro Nacional de Depósitos de Relaves" realizado el año 2015 por el Servicio Nacional De Geología y Minería (Sernageomin) existían en Chile 603 relaves, de los cuales 216 se registraban como activos, 244 no activos y 143 sin información. El impacto generado se hizo entonces relevante en el período, señala el Informe País 2018. Sin embargo, hay un aumento significativo de tranques de relaves a la fecha.

SERNAGEOMIN mantiene actualizado el Catastro Nacional de Depósitos de Relaves, señalando **la existencia al 2020 de 757 Depósitos de Relaves catastrados**.[3] En las regiones de Atacama y Coquimbo se concentra 557 depósitos, casi tres cuartos del total nacional. La mayor parte están inactivos o abandonados. Constituyen el grueso de lo que se llama el "pasivo ambiental" de la minería. 80% de ellos corresponden a la categoría de "tranques de relave" (SERNAGEOMIN, 2022a).

Para efectos de comparación anual, sigue **Cuadro 7.5**.

Cuadro 7.5. Generación de relaves minería del cobre 2018-2020.

Emisiones RILES minería	Toneladas
2020	262.420,09
2019	100.559,43
2018*	102.722,16

Fuente: RETC, 2022.
*Para 2018, la categoría se denominaba "Extracción de minerales" y no "minería", como para 2019 y 2020.

En materia administrativa, el número de recursos de protección y causas administrativas que terminaron siendo resueltas negativamente en la Corte Suprema y en el Consejo de Ministros de Medio Ambiente creado por la Ley 20.417, fue fuerte desde 2012 en adelante (SERNAGEOMIN, 2020). Por otra parte, la Superintendencia Ambiental comenzó a fiscalizar la aplicación de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA). El resultado fue la identificación de incumplimientos por parte de las empresas mineras, que habían firmado los RCA

[3] Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2020). Anuario de la Minería de Chile. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_de_%20la%20Mineria_de_Chile_2020_290621.pdf

cuando casi no había fiscalización. Cabe señalar que dichas RCA anteriores a la dictación de la Ley 20.417 son a veces de mala calidad, con profusas medidas de cumplimiento que carecerían de efectividad en términos de mitigar impactos ambientales.

La gran minería del cobre ha hecho aportes significativos en materia de compensaciones, al desarrollar proyectos de energías alternativas, sobre todo renovables, protección de la biodiversidad, disponibilidad de agua potable e infraestructura. Queda sin embargo un déficit en el ámbito impositivo. La discusión sobre royalties, en particular su aporte a los procesos de descentralización, es pues necesario al margen de las reservas que muestran ciertos sectores empresariales y políticos.

Nada de esto es desdeñable al momento de establecer políticas públicas para un sector que no dejará de ser clave en el futuro del país. Por último, cabe señalar los efectos de la minería en materia de empleo (como se señaló antes), directo e indirecto, de factor dinamizante de las economías locales, en particular PYMES de servicios y soluciones habitacionales, lo cual está naturalmente ligado al ciclo de altos precios del cobre que estamos experimentando.

Esto ha significado también un pequeño auge coyuntural en PYMES mineras dedicadas a la explotación de pequeños yacimientos. ENAMI en este sentido ha apoyado las inversiones y reforzado sus poderes de compra, un elemento importante por cuanto la industria manufacturera, la actividad de servicios y el comercio han sido duramente afectadas por la pandemia. De allí que ciertos temas sean claves para establecer políticas públicas, sobre todo a nivel municipal, como mínimo:

- Estimular la generación de empleo en la PYME en el ámbito de la gestión ambiental;
- Apoyar los esfuerzos de un desarrollo más sustentable en materia de uso del agua;
- Disposición de residuos;
- Protección de los ecosistemas.

Un marco constitucional que refuerce las dimensiones sociales, ecológicas y territoriales del sector minero, en todas sus dimensiones, no puede quedar al margen de la discusión para no olvidar el rol fundamental del sector en nuestro proceso de desarrollo. Las discusiones constitucionales lo han puesto de manifiesto. Esto teniendo en cuenta su realidad compleja como proceso

productivo que debe ser enfocado sin ingenuidades, ignorancias o superficialidades inducidas por la política contingente.

El trabajo que resta para el presente Informe País será principalmente actualizar el avance y proyección de la sustentabilidad ambiental en los sectores minerales e hidrocarburos, incluyendo mención a los temas de la energía y el agua, claves para impulsar este sector tan importante para el desarrollo nacional, ambos tratados en capítulos separados.

Por añadidura, problemas ambientales poco considerados tradicionalmente por privilegiar la temática del cobre y sus emisiones, conforman un panorama poco resuelto y deben reforzarse, ya que se trata de tópicos de relevancia sobre todo social/ambiental:

- Avance de la desertificación;
- Ecología en el área de influencia de las zonas mineras;
- Grupos étnicos itinerantes;
- Bofedales (humedales);
- Abandono de faenas mineras;
- Toxicología de desechos;
- Valores religiosos y/o culturales
- Apoyo al turismo (desierto florido, arqueología).

7.3. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA GRAN MINERÍA

La gran minería chilena ha contribuido al desarrollo económico nacional, mediante la explotación de cobre, hierro y litio, emplazando sus labores particularmente en la zona norte del país, aunque históricamente también en otras zonas. La participación del cobre en la economía nacional, en US$, alcanzó a un 50% en 2020, superando a los dos años anteriores (SERNAGEOMIN, 2020). A pesar de que dicho desarrollo ha permitido indiscutiblemente el progreso en diversas áreas de la sociedad y generación de empleos, ciertos problemas ambientales persisten en el territorio, deteriorando a su paso los recursos naturales.

Desde la exploración hasta la clausura y el cierre, y en especial en el proceso de fundición y refinación, los impactos negativos en el medio son significativos, según la tecnología de producción y la escala en que se explota el mineral. Como se ha señalado antes, y entrando a más detalle, entre los impactos asociados a la minería se encuentran:

- Contaminación atmosférica debido a la emisión de gases sulfurosos y material particulado;
- Contaminación hídrica por arrastre de sedimentos y descarga de riles en cuerpos de agua y napas freáticas;
- Emisión de efluentes líquidos con contenido de metales disueltos, reactivos y ácidos;
- Pérdida de uso de suelo por destrucción de cubierta vegetal;
- Peligro de derrumbe generado por las condiciones de los tranques de relaves activos y abandonados, entre otros.

Algunos datos: Al 2019, la extracción y procesamiento de cobre es el mayor contribuyente de las emisiones de ciertos contaminantes en cuerpos de agua: 73% de las emisiones de sulfatos y sulfuros tanto en aguas superficiales como subterráneas; 36,2% y 37,1% de las emisiones de metales pesados en aguas subterráneas y en aguas superficiales respectivamente (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).

Hay incluso textos de divulgación, producidos por diversas instituciones que escriben los impactos más recurrentes.[4] [5] En estos temas, profusamente estudiados, no hay necesidad de inventar procedimientos ya que están todos regulados por normas y reglamentos, de manera que es un trabajo de la institucionalidad ambiental a niveles regional y local para abordarlos en conjunto con la autoridad ambiental central.

Sin embargo, también hay ciertos impactos ambientales que son menos visibles o cuantificables en el entorno, debido a su naturaleza dispersa al ser contaminantes emergentes sobre los cuales hay poca investigación. Tal es el caso de las “aguas de contacto”, las que son definidas como “el resultado de la mezcla del agua natural con aguas residuales mineras (RILES mineros legales o ilegales) depositadas en tranques de relaves creados, mantenidos y custodiados por las empresas que los utilizan”. Su importancia radica en que no hay posibilidad de anticipar los efectos nocivos de este tipo de contaminación, sino una vez que dichos efectos se expresan en los seres vivos a su alrededor. Actualmente, este problema no tiene ningún marco jurídico regulatorio, siendo una preocupación a nivel nacional y afectando a zonas próximas a lugares de depósito, donde sus

[4] Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. (1997). *Impactos ambientales de la minería metálica en chile (cobre y oro)*. Santiago, Chile.
[5] Sánchez, J.M., y Enríquez, S.M. (1996). *Impacto ambiental de la pequeña y mediana minería en Chile.* Recuperado de http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/recursos/archivos/pequenamineria/chile/impacto-ambiental.pdf

efectos tóxicos en el agua hacen imposible poder recuperarlas en su totalidad (Peña y Araya, 2021).

En cualquier caso, hay un camino a seguir que se plantea con cierto bombo: el "cobre verde". Esto es sin duda loable, siempre que se respete lo mínimo, que es la legislación ambiental vigente y se impulsen acciones en esta línea (Munita, 2022)**.** De este modo, el tal "cobre verde" (por ahora no más que un slogan publicitario, que apunta a conmover a los mercados internacionales) puede concentrarse en dos elementos de política y gestión, y con eso los avances serían importantes para una minería del cobre más sustentable:

- Mejor gestión ambiental en lo que se refiere a contaminación del aire, agua y suelos, y los efectos que esto tiene en el territorio que la minería ocupa;
- Un perfil energético que quite espacio a las energías fósiles más contaminantes y privilegie las más limpias y las energías renovables, convencionales y no- convencionales (tema a desarrollar en el capítulo sobre energía);

7.4. CONSUMO DE AGUA EN LA MINERÍA DEL COBRE

El agua es un elemento vital para el desarrollo de la vida y la subsistencia de las sociedades. Sin embargo, cuando dicha existencia genera actividades que demandan el recurso hídrico para su funcionamiento, el sistema en su conjunto entra en estado de alerta y como sociedad, se tiene la misión de determinar y/o priorizar usos por sobre otros. Es por esto que, en el caso de la minería del cobre, actividad que requiere enormes cantidades de agua, tanto en sus procesos químicos como de transporte de concentrados, se pone en riesgo la sustentabilidad de las operaciones y del recurso hídrico en el futuro.

Sumado a lo anterior, la gran minería no solo demanda agua, sino que también genera un potencial riesgo de contaminación, tanto por los químicos utilizados como por el drenaje ácido mediante infiltración a través de la roca triturada, además de la proximidad de cursos de agua a las instalaciones de explotación minera.[6]

Bajo el contexto de sequía y escasez hídrica que se vive en el país, hay consenso en que urgen medidas de gestión sostenible del agua. A pesar de que la industria

[6] *La politización del agua en los conflictos por la megaminería: Discursos y resistencias en Chile y Argentina,* Lorena Bottaro, Alex Latta y Marian Sola, CEDLA, Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe, N° 97 octubre 2014.

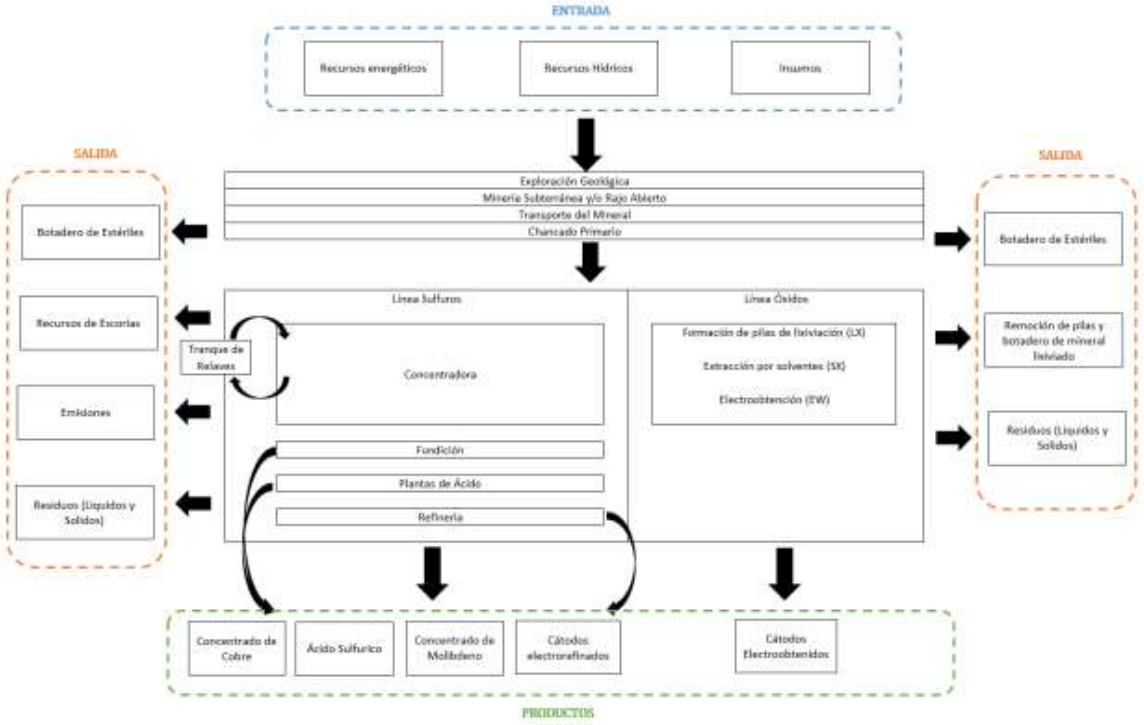
minera representa solamente el 3% del suministro de agua de Chile, el rubro minero se concentra particularmente en la zona norte del país, siendo una de las regiones más secas, con cursos superficiales escasos, una demanda industrial importante y donde el agua es un factor limitante para el desarrollo de la sociedad. [7]

El consumo de la minería chilena fue de 13,56 m^3/seg el 2019 y 12,7 m^3/seg el 2020, de agua continental, la cual incluye agua de origen superficial, subterránea y de terceros. La gran minería del cobre, que acumula un 93,6%6 de la producción de cobre de Chile, representa también la mayor parte del consumo de agua de toda la industria minera nacional, llegando a consumir un 82,5% en 2019 y un 84% en 2020. La minería de otros metales y no metálica consumió 1,2 m^3/seg tanto el 2019 como el 2020, según la información de la SONAMI.[8]

A continuación, y a título ilustrativo, se muestra un esquema del proceso de consumo de agua en la industria cuprífera. De acuerdo con la **Figura 7.2**, se describen los procesos involucrados en la producción de cobre. Al respecto, cada uno de dichos elementos es un factor demandante de agua, a distintas intensidades, pero que en definitiva requiere del recurso hídrico para efectuar su labor.

[7] *Atlas Calidad del Agua Chile 2020*, Dirección General de Aguas DGA
[8] SONAMI. Informe consumo de agua en minería 2019 – 2020.

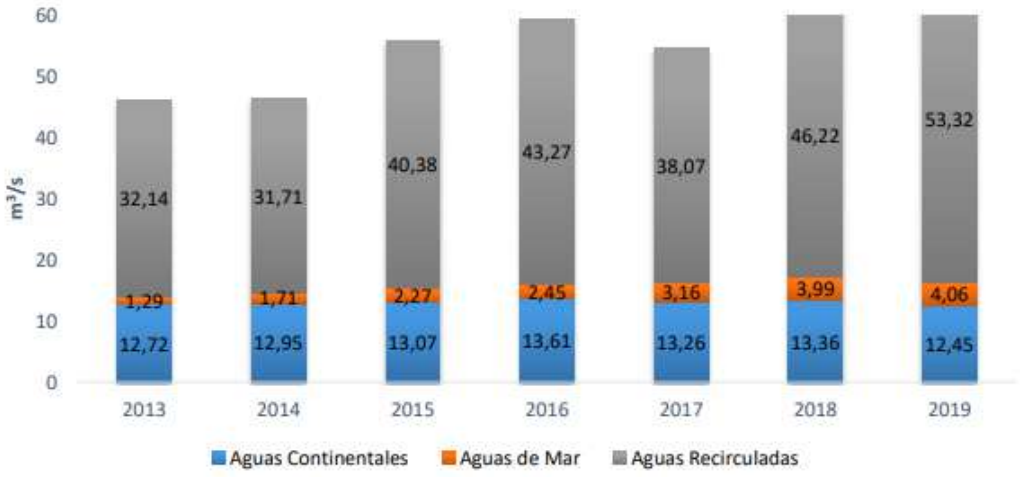
Figura 7.2. Descripción de etapas de procesos productivos mineros.



Fuente: Consumo de agua en la minería del cobre al 2019, Comisión Chilena del Cobre, Vania Ramírez Jiménez y Jorge Cantallopts Araya, octubre 2020.

Una información relevante respecto de la evolución del consumo en la minería cuprífera, se presenta graficada en la **Figura 7.3**, donde se nuestra que hay una tendencia a la reutilización como una forma de aliviar la demanda. También se ve la presencia creciente de agua de mar, sin embargo, esto es todavía bastante menor a lo que se suele proclamar. Notable es la participación de aguas recicladas en los procesos, una tendencia que vale la pena seguir.

Figura 7.3. Distribución del consumo de agua en la industria minera del cobre 2013-2019 (%).



Fuente: Consumo de agua en la minería del cobre al 2019, Comisión Chilena del Cobre, Vania Ramírez Jiménez y Jorge Cantallopts Araya, octubre 2020.

El consumo de aguas continentales en el 2020 fue de 11,5 m^3/seg, la cual incluye agua de origen superficial, subterránea y de terceros según SONAMI.

COCHILCO ha hecho una proyección para el periodo 2020 al 2031. Para el 2031 se espera que el consumo de agua total a nivel nacional sea de 23,3 m^3/seg, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2,2%. En términos desagregados, la estimación de consumo de agua de origen continental esperada al 2031 alcanza los 12,4 m^3/seg, lo que representa una disminución de un 4% respecto al consumo esperado para el 2020 (COCHILCO, 2020a).

En el caso del agua de mar la situación es diferente al del agua continental, en la medida que el consumo de agua continental mantiene una tasa de decrecimiento anual promedio cercana a un -0,3%, el agua de mar observa un crecimiento con una tasa promedio del 6% anual, alcanzando los 10,9 m^3/s al 2031.

Por otro lado, respecto del consumo de agua en la minería, hay una tendencia al aumento de tecnologías de desalación comparado desde el 2013 al 2019. Aunque sigue siendo relativamente marginal en relación a otras fuentes de abastecimiento. Además, el consumo de aguas continentales se ha mantenido en equilibrio durante el mismo periodo, mientras que las aguas recirculadas han fluctuado porque hasta el 2018 no había una contabilización y gestión precisa de las empresas mineras en el manejo de dichas aguas (COCHILCO, 2020b). COCHILCO ha desarrollado una proyección del consumo de agua 2020-2031.

La precedente **Figura 7.3** muestra tendencias, pero está lejos de testimoniar aun cambios importantes en la composición del consumo de agua en la industria cuprífera, manteniéndose en cualquier caso un crecimiento sostenido del consumo. Sin embargo, **estas tendencias, digamos la reutilización del agua y la desalinización, constituyen caminos para una minería del cobre más sustentable en el mediano plazo y no deben desdeñarse como ítems de una política de incentivo a los esfuerzos tecnológicos y financieros en esa dirección.**

Cabe señalar que, en este caso, como en muchos otros que atañen a sectores productivos, no hay grandes posibilidades de influir en la disponibilidad de agua, salvo compitiendo con otros sectores, ya que el tema del recurso hídrico está sujetos a condiciones climáticas que escapan al control humano, más no sea poniendo en curso acciones de justicia y eficiencia en su uso que significan un aporte más bien marginal.

7.5. PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA MINERA PYMES)

En primer lugar, según la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) se definen como pequeña empresa aquella que vende mensualmente hasta 10 mil toneladas de minerales. Mientras que la mediana minería cuando venden mensualmente entre 10 mil y 250 mil toneladas de minerales.

De acuerdo con cifras del SII, al año 2018 se contabilizaron un total de 1.316 pequeñas y medianas empresas del rubro de “Explotación de Minas y Canteras”, frente a un total de 197 grandes empresas. A pesar de lo anterior, las últimas generaron 2688,5 UF en ventas, muy por encima de los 20,9 millones de UF de las Pymes. Esto se explica por la menor capacidad económica de las Pymes, lo que se refleja en menores niveles de producción (Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama, 2020). A pesar de lo anterior, la Pyme minera genera el orden de 35.000 empleos a nivel de empleo directo, mientras que las grandes empresas mineras alcanzan un total de 67.000 empleos directos en el año 2019, para toda la minería chilena (Meller y Meller, 2021).

Un estudio de la CEPAL señala que “dado el grado de atomización y heterogeneidad de la minería pequeña y artesanal, se estima que las consideraciones ambientales están prácticamente ausentes. La principal prioridad de estos pequeños productores mineros es su supervivencia económica, mientras que la preocupación por el medio ambiente implica un costo adicional. La

percepción común es que la minería pequeña y artesanal es muy contaminante." Pero también se plantea que "hay varios casos que muestran que es factible que la producción en pequeña escala sea económicamente y ambientalmente viable." (Dini y Stumpo, 2020).

De todos modos, hay la percepción generalizada de que, por sus reducidos niveles de producción y dispersión geográfica, la PYME minera no constituye un factor importante de contaminación global en el caso chileno, aun cuando efectos locales pueden ser significativos en sectores de población y la ecología en los lugares de explotación. En particular porque el mayor número de depósitos de relaves (menos de 1 millón de metros cúbicos) se genera en la pequeña minería (84%), aun cuando en volumen de material representan el 0,4 %.[9] Sin embargo, hay un tema de eficiencia en el uso de un recurso escaso como el agua, por ejemplo, que pudiera ser materia de estudio con apoyo estatal para aprovechar experiencias internacionales exitosas en materia de gestión de relaves o procesos de concentración del mineral. Sin embargo, hay un tema de eficiencia en el uso de un recurso escaso como el agua, por ejemplo, que pudiera ser materia de estudio con apoyo estatal para aprovechar experiencias internacionales exitosas en materia de gestión de relaves o procesos de concentración del mineral.

Recuadro: Las Pymes y ENAMI

Aquí nos encontramos con un caso en que la actividad productiva no puede simplemente ser borrada de un plumazo, lo que queda demostrado con un caso: el intento de cierre de la refinería de Ventanas, que recibe cobre de parte de las PYMES mineras. Esta instalación es responsable de una de las paradigmáticas "zonas de sacrificio" en el país, concertadamente reprobadas por las comunidades residentes y la nación en general. Ese cierre puede significar una catástrofe para un sector importante de la población chilena. Por lo tanto, los lineamientos de política no pueden quedar en una nebulosa sino orientarse claramente (y en forma simultánea) por los siguientes carriles:

- La inversión en modernización de la refinería/fundición en el corto plazo;
- El traslado de la refinería y demás instalaciones en el mediano plazo;
- Del impulso a una producción de cobre refinado, abastecido por las PYMES, territorialmente sostenible en el largo plazo.

[9] Según catastro SERNAGEOMIN 2016, indicados en "SMALL TAILINGS DEPOSITS IN CHILE: NATIONAL IMPACT OF PUBLICLY AVAILABLE DATA" de María Francisca FALCON-HERNANDEZ y Leandro HERRERA-ZEPPELIN publicado en el libro de proceedings del 26th Congress of the International Commission on Large Dams, Julio de 2018, Viena, Austria. Disponible en https://www.sernageomin.cl/publicaciones-depositos-de-relaves/

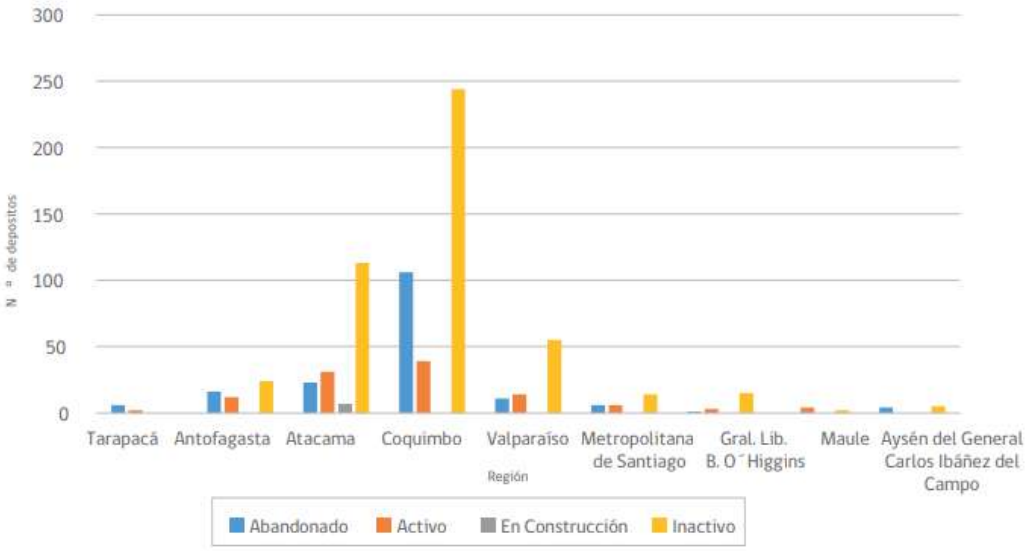
7.6. CIERRE DE FAENAS MINERAS

Con la entrada en vigor de la Ley 20.551 sobre Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras (2012), se tiene un marco jurídico para regular aspectos ambientales negativos de la minería extractiva, obligando a las empresas a hacerse cargo de las externalidades e impidiendo la generación de faenas abandonadas desregularizadas. A través de esta normativa, **los proyectos mineros que entren al SEIA tienen la obligación de presentar medidas y acciones destinadas a mitigar los potenciales daños ambientales del cierre de la explotación**, previo al inicio de sus operaciones, en conformidad con la normativa ambiental vigente (SERNAGEOMIN, 2022b).

Se trata de un cuerpo legal, perfectamente vigente, que busca antes que nada impedir el aumento del pasivo ambiental dejado por la minería, históricamente, en particular los depósitos de relaves que dejan un territorio contaminado, erosionado y estéril, habiendo en muchos casos, iniciado sus actividades en condiciones ecológicamente más favorables. Por cierto, que esto implica un costo adicional para las empresas. Sin embargo, una revisión del citado marco legal señala que esto puede ser manejado desde el inicio de la actividad minera, a través de su propia contabilidad, al hacer recaudos para financiar un cierre conforme a lo que establecen los reglamentos de esta ley.

La siguiente, es una figura con la distribución territorial de depósitos de relaves (SERNAGEOMIN, 2021):

Figura 7.4: Distribución regional del estado de depósitos de relaves del país, año 2021.



Fuente: SERNAGEOMIN.

En el año 2021, ingresaron al SERNAGEOMIN los antecedentes de 1.074 planes de cierre de faenas mineras para evaluación. De ellos, 1.008 correspondieron a planes sometidos al procedimiento simplificado (extracción y/o beneficio de mineral inferior o igual a 10.000 tpm), de los cuales se resolvieron 837, y 66 a planes sometidos al procedimiento de aplicación general (extracción y/o beneficio de mineral superior a 10.000 tpm).

A comienzos de la década de los dos mil, la Agencia de Cooperación Ambiental de Japón financió un proyecto para que el Sernageomin registrara a nivel nacional la estructura y condición de las faenas mineras abandonadas, dando como resultado el "Catastro de Faenas Mineras Abandonadas o Paralizadas y Análisis Preliminar de Riesgos" hecho en 2007 (SERNAGEOMIN, 2022c). Se identificó un total de 213 faenas mineras paralizadas, concluyéndose que en ocho de las nueve regiones visitadas dichas faenas representaban “riesgos graves para la salud de las personas, para el medio ambiente y la infraestructura”. Al 2014 se contabilizaban 492 faenas paralizadas o abandonadas (Pérez de Arce, 2019).

Cabe señalar que dicho catastro ha sido actualizado al 2019 y SERNAGEOMIN ofrece en su sitio un listado de faenas abandonadas, que da una cifra de 5423 faenas, más de mil veces las de cinco años atrás (SERNAGEOMIN, 2022c).

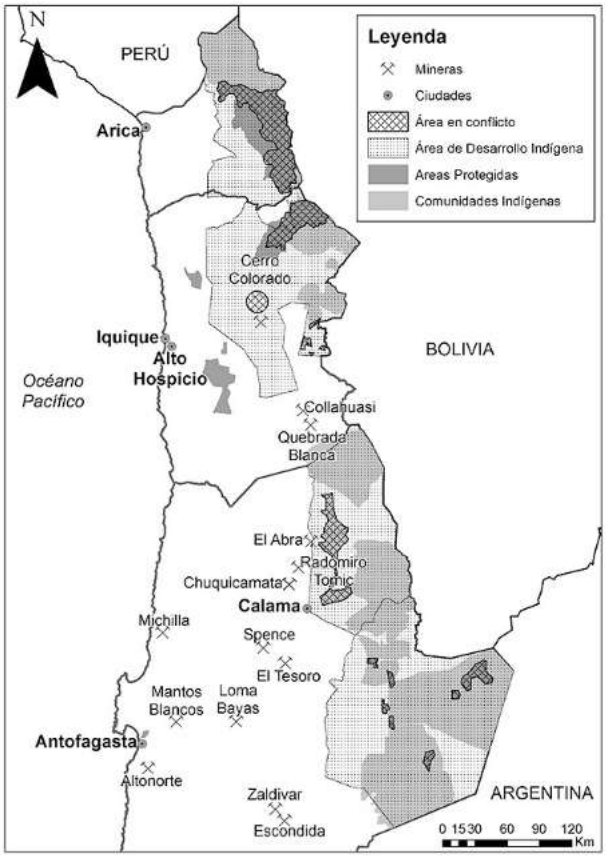
Respecto de los peligros que constituye los pasivos ambientales mineros, se encuentra la contaminación de agua y suelo por infiltración a napas subterráneas o arrastre por el viento de sustancias tóxicas almacenadas, como cianuro y arsénico, relaves en mal estado que generan riesgo de derrumbe, piques abiertos, entre otros (Ramos, 2010). Es decir, el abandono de faenas mineras podría señalarse como uno de los efectos ambientales deletéreos más importantes que afectan al sector, que es responsable de pasivos ambientales seculares que han dejado el territorio nacional dañado en forma irreversible (SERNAGEOMIN, 2022b).

Aplicación consecuente de la legislación, establecimiento de políticas y sus respectivos reglamentos e instrumentos, la acción del Servicio de Evaluación Ambiental (proyectos), la Superintendencia del Medio Ambiente (fiscalización y control), y de los Tribunales Ambientales (conflictos), constituirían una malla de acciones mínimas para evitar en el futuro continuar con los pasivos ambientales mineros que constituyen una lacra territorial de la cual los sectores público y privado deben hacerse cargo.

7.7. MINERÍA Y PUEBLOS INDÍGENAS

Bajo la dictadura cívico-militar y aun con la vuelta a la democracia en los años noventa en Chile, los gobiernos realizaron esfuerzos por integrar la economía nacional dentro de los mercados globales, bajo la instauración de un modelo económico neoliberal, asentado en la privatización, extracción y explotación de los recursos naturales (Yañez y Molina, 2008). Como consecuencia de esto, entre las regiones de Arica y Parinacota, y Atacama se dio marcha a la implementación de grandes proyectos de inversión, con énfasis en la extracción de cobre (**Ver Figura 7.5**).

Figura 7.5. Emplazamiento de yacimientos mineros, áreas de conservación, comunidades y áreas de desarrollo indígena en el norte de Chile.



Fuente: Yáñez y Molina, 2008.

Sin embargo, parte importante de dichos proyectos fueron ejecutados en territorios constituidos principalmente por población indígena, generando conflictos socioambientales con comunidades aymara, quechua, diaguita y atacameña, cuyas prácticas son ancestrales e históricamente han habitado la precordillera y la cuenca altiplánica, que es de donde se extrae el recurso hídrico para los procesos mineros (Romero-Toledo, 2019). Para entender mejor el contexto en el que se desenvuelve la minería en el norte grande, según se ilustra en la **Figura 7.5**, se produce un fuerte choque territorial entre las los proyectos mineros y las comunidades indígenas, donde además hay áreas de protección de la naturaleza, como el Salar del Huasco.

Dichos conflictos tienen relación con la producción intensiva, uso de recursos naturales y emplazamientos de yacimientos mineros desde los noventa en la región de Tarapacá, tales como, Cerro Colorado, Quebrada Blanca y Doña Inés de Collahuasi. Debido a ello, la presión por el uso del agua fue progresivamente mayor conforme sucedían los años y la demanda por el mineral se acrecentaba, constituyendo la concentración del agua para los procesos mineros del cobre

como un hecho determinante en la generación de las controversias. A raíz de esto, el informe de la comisión de Verdad Histórica y Nuevo Trato con los Pueblos Indígenas (2009) señaló explícitamente que las comunidades indígenas fueron severamente afectadas por el Código de Aguas de 1981, lo que permitió la privatización y ocupación de las aguas reorientadas hacia el mercado con el fin de maximizar los beneficios monetarios e industriales (Romero-Toledo et al., 2017). Un caso emblemático se muestra en el Recuadro (Escalona, 2020).

Actualmente, de acuerdo con la encuesta Casen (2017), la población indígena más grande en el norte es la Aymara con un total de 112.253 personas, quienes corresponden al 61,1% de la población indígena de la región de Tarapacá (INE, 2017; Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2017).

Cabe señalar que el Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021, "de acuerdo con la información del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), en el periodo 2008-2020 se registraron 57 proyectos con consulta indígena. Energía es el rubro con mayor cantidad de proyectos con consulta indígena durante dicho periodo, con un 52,6% (30 proyectos), seguido de minería con un 29,8% (17 proyectos) e infraestructura con un 10,5% (6 proyectos). Durante 2020, se encontraban 2 proyectos en proceso con consulta indígena (1 en infraestructura portuaria y 1 en minería)" (MMA, 2021).

De estos ejemplos y casos quedan al menos **tres elementos fundamentales para enfrentar este tema en la discusión sobre el medio ambiente y la minería** en Chile:

- La urgencia de incorporar el tema en un marco constitucional de modo de proteger los intereses de los grupos indígenas;
- La necesidad de establecer una política pública específica que apoye el proceso, más allá de la política minera tradicional;
- La conveniencia de involucrar al sector privado en esta compleja dimensión de la gestión ambiental en la minería

Recuadro: Caso emblemático

Un caso ocurrió entre la comunidad Aymara de Cancosa y la minera BHP-Billiton en el humedal Lagunillas, localizado a 120 km de Iquique y a 2.600 msnm, en la región de Tarapacá. El conflicto se inició por el desecamiento de bofedales situados en la Pampa Lagunillas, dentro del fundo Huantija, el que es parte de los territorios comunitarios aymara. Desde el año 1991 la laguna abasteció de agua a las actividades mineras del proyecto Cerro Colorado. Los comuneros tras signos de desecación de la laguna, tomaron acciones legales contra la compañía, iniciando un proceso judicial que concluyó con un acuerdo extrajudicial. Entre los puntos de negociación se incluyó un plan de seguimiento para la recuperación de Lagunillas al 2030, el financiamiento de un programa de fomento productivo y un plan de educación.[1] Además, Se reconoció el daño ambiental por parte de la DGA y se llegó a un plan de mitigación y compensaciones con la comunidad indígena de Cancosa.

7.8. MINERÍA, PARQUES NACIONALES Y ECOLOGÍA

De acuerdo con el Código de Minería en su artículo 17, se pueden realizar labores mineras en lugares declarados como parques nacionales, siempre que se cuente con la autorización del intendente (ahora delegado presidencial) respectivo, pero únicamente cuando dicha declaración sea específica y expresa "para efectos mineros" (Ley N° 18.248, 1983). Sin embargo, aún quedan dudas respecto de los alcances de la definición de "labor minera", puesto que aún no se llega a un acuerdo en cuanto a los límites de las "facultades de catar y cavar y otras actividades similares, cuando estas se llevan a cabo en territorios ajenos a los del titular de una concesión minera" (Vergara-Blanco, 1992).

A raíz de esto, surge la problemática cuando dichas actividades quieren llevarse a cabo en un parque nacional, pues hay diversas actividades que están al límite de la definición; por lo que podría no aplicarse la exigencia de la previa autorización, lo que reviste un potencial peligro para la conservación de los ecosistemas y los recursos naturales en áreas silvestres protegidas. Tal es el caso de los parques nacionales en el norte de Chile, ya que no hay una herramienta legal que impida que se lleven a cabo "tareas de prospección, o incluso de demarcación de puntos medios o puntos de interés usando monolitos en dichas áreas (…) al no ser propiamente actividades de cavar o excavar ni estar definidas así en nuestra legislación. Las consecuencias de ello, en sitios que son valiosos por su belleza escénica o inalterabilidad de sus ecosistemas, pueden llegar a ser irreparables"

(Retamal, 2015). Un caso real y reciente se muestra en el Recuadro (CONAF, 2021).

Recuadro: Minería en parque nacional

Un ejemplo de esto, aunque fuera de la ley, ocurrió en el mes de agosto del 2021, en el parque nacional Llanos de Challe, en el que se detectó actividad minera por un grupo de personas, quienes instalaron un campamento minero asociado a la extracción de oro en una zona de uso intangible del área protegida. Esta situación generó impactos por remoción del sustrato que tienen relación con la "pérdida de suelo, activación de procesos erosivos o erosión de suelo, compactación del suelo y deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (…) lo que afectó a la especie *Eulychnia acida* (copao)".

Queda en duda pues si en casos como este el cuerpo legislativo vigente es suficiente para cubrir la protección que se requiere en las áreas protegidas del territorio nacional y las iniciativas de explotación minera. **Una coordinación entre los ministerios de minería y medio ambiente, al menos, es clave para impulsar una política pública más eficaz en la materia.**

El tema pudiera ser apoyado si se acogen algunos de los preceptos constitucionales contenidos en el borrador en discusión, sin embargo, un reestudio a fondo de la actual legislación vigente podría ayudar a crear claridad en el tema. En cualquier caso, debe haber transacciones que den una flecha en favor del desarrollo sustentable del territorio involucrado, ya sea actuando sobre el carácter de ambientalmente protegida de la zona, o la renuncia a la faena minera en cuestión.

Para entender el contexto en que se desenvuelve la minería en un entorno biodiverso, es necesario plantear la definición de biodiversidad como la variabilidad de los organismos presentes en un sitio y los complejos ecológicos en los cuales estos organismos viven.

Alguna de las iniciativas atingentes a la minería a nivel nacional que directa o indirectamente afectan al rubro, son la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENDB), la cual tiene por objetivo establecer un marco orientador para la elaboración de un Plan de Acción Nacional con acciones específicas relativas a la conservación del patrimonio natural. A pesar de que en esta estrategia no se establecen criterios específicos en cuanto a la minería, se determina como

principio fundamental el desarrollo de una minería sustentable, lo que implica la adopción de medidas tendientes a lograr una mayor contribución y respeto a la conservación de la biodiversidad (Vives y Pimentel, 2004).

En todo caso, no es solo la ENDB el contexto procedimental en que debe desarrollarse la minería en Chile, sino que hay cuerpos legales vigentes que pueden ser tomados en cuenta al momento de emprender actividades, de las cuales no se duda de su legitimidad. Estas tienen que ver con al menos dos instancias, una nacional y otra internacional, que se indican a continuación.

El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), creado mediante la Ley Nº 18.362 de 1984, corresponde a aquellos ambientes naturales, terrestres o acuáticos que el Estado protege y maneja para lograr su conservación. Estas áreas protegidas son administradas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Dicha iniciativa le otorga cierta categoría de manejo a distintos espacios naturales, impidiendo que se logren llevar a cabo una actividad como le minera dentro de sus límites. Cabe señalar que muchas zonas cubiertas por el SNASPE no tienen necesariamente un valor ecológico relevante, por lo tanto, hay allí espacio para negociación.

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar) firmada por Chile en 1981, es un tratado intergubernamental que tiene por objetivo la conservación y uso racional de los humedales. Estos son definidos como “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial”, y son considerados como ecosistemas que cumplen funciones ecológicas fundamentales para la flora y fauna característica, además de ser un recurso de gran valor, cuya pérdida sería irreparable (Secretaría de la Convención Ramsar, 2013). Desde su entrada en vigor, Chile le ha otorgado calidad de protección a 16 humedales, de los cuales 7 presentan ambiente de humedal del tipo altiplánico (Ramsar, 2022).

Más aún, con la creación del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) a través de una modificación de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, se logró enmarcar bajo la institucionalidad y normativas las actividades y/o proyectos que fueran susceptibles de causar algún impacto significativo al medio ambiente. Estas deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) para obtener un permiso ambiental y poder ejecutar sus labores (Cochilco, 2017). Esta situación logró unificar criterios para evaluar proyectos de desarrollo

minero y darle cierto respaldo objetivo a la protección de la biodiversidad y la ecología del territorio ante el progreso económico, hasta ese entonces, sin límites normativos.

Dado el peso del sector minero tanto en materia económica y laboral como ambiental por sus impactos, **una revisión de la institucionalidad para crear o reforzar un área dedicada exclusivamente a los proyectos mineros, sería conveniente para reforzar la política pública.** Si se ve el tema a la luz del Informe País 2018, está claro que no se ven avances en el tema.

7.9. LITIO

El litio es un metal con propiedades especiales al tener una elevada conductividad eléctrica, conducción de calor y electricidad, y bajo coeficiente de expansión térmica. Este mineral se encuentra en pegmatitas, salmueras tanto naturales como asociadas a pozos petrolíferos, rocas sedimentarias e incluso en el mar. Sin embargo, los procesos más eficientes para su extracción son mediante salmuera y minerales (COCHILCO, 2009). Territorialmente hablando, estamos hablando de los salares.

Algunos de sus usos se asocian con la industria del aluminio, del vidrio y cerámicas, en fabricación de grasas lubricantes multipropósitos, baterías de litio, obtención de cauchos empleados en la manufactura de neumáticos duraderos, en sistemas industriales de acondicionamiento y deshumidificación de aire, en medicina para tratar trastornos mentales, entre otros usos menos conocidos por la gente común (Cámara de Diputados, 2016).

Otro de los usos potenciales del litio tiene relación con el desarrollo de la energía nuclear. Al respecto, se espera que en el futuro los reactores nucleares obtengan mediante irradiación de litio 6 con neutrones, el combustible tritio, para llevar a cabo la fisión. En ese sentido, para su utilización en estado líquido hay ciertas complicaciones, ya que puede volverse corrosivo y, en determinadas condiciones, puede reaccionar en contacto con agua o aire.

Debido a esto, su uso está restringido en la medida que no se conozcan los mecanismos de corrosión involucrados en la interacción litio-materiales estructurales.

Durante el año 2050, se estima que debiese entrar en operación el primer reactor comercial de fusión (PROTO) de 1500 MW de potencia. Según los pronósticos de uso y consumo de litio para los reactores de fusión, sería necesario entre 6 y 9 toneladas anuales de litio para generar 1,5 GW durante un año aproximadamente. Por lo tanto, podría sumarse una nueva oportunidad de crecimiento económico mediante la explotación de este mineral en el país (COCHILCO, 2020).

A fines del año 2021 se informó de un proyecto de un parque solar con sistema de almacenamiento en base a baterías de litio, ubicado en la región de Antofagasta y que tiene 65% de avance. Su aporte sería de 180 MW y estaría destinado sobre todo a proveer a miles de hogares, previsiblemente hacia inicios del 2022 (Aravena, 2021). **Es un proyecto privado**. Este parque sería el más grande en su tipo en América Latina y es desarrollado por Fluence, un joint venture entre Siemens y AES Corporation.

7.9.1. Fuentes de Litio

Los principales reservorios de litio se encuentran con origen en salmuera, las que están concentradas en Chile, Bolivia y Argentina. A nivel nacional, nuestro país tiene el 51% de las reservas de litio a nivel mundial de acuerdo con la clasificación del Servicio Geológico de los EE. UU (USGS). Según COCHILCO (2018), “Chile tiene ventajas significativas para la explotación de litio, destacando que posee el 48% de las reservas mundiales y cuenta con el salar de Atacama, una las zonas con mayor potencial y competitividad a nivel global para su extracción.”. La cifra de reservas varía, pero sería acerca de la mitad de la disponibilidad a nivel global.

Sin embargo, en cuanto a recursos utilizables para el mercado, Chile posee solamente el 16%, el cual es extraído de las aguas del Salar de Atacama en la región de Antofagasta y explotado por las empresas Soquimich (SQM) y Albemarle. A pesar de esto, hay que considerar que existen países que tienen abundantes recursos de litio, no obstante, estos no son rentables de explotar ni económicamente factibles de procesar, debido a que concentran altos niveles de impurezas, como el magnesio (Minería Chilena, 2021).

7.9.2. Proyección del Litio en Chile

Durante el año 2018, el Ministerio de Minería anunció una convocatoria nacional e internacional para licitar y adjudicar Contratos Especiales de Operación (CEOL) por un plazo de siete años, para que se lleven a cabo proyectos de exploración y explotación de yacimientos de litio en el país (COCHILCO, 2018). Al respecto, se busca impulsar la producción, aumentando hasta 450.000 toneladas de carbonato de litio anuales al 2030, buscando recuperar el liderazgo a nivel mundial. También, se espera una estrategia de innovación tecnológica hacia energías limpias y el combate contra el calentamiento global. Cabe destacar que quienes subscriban dichos contratos, deberán cumplir con la institucionalidad ambiental vigente, cumplir con todos los requisitos regulatorios del rubro, definir tecnologías y propiciar un buen relacionamiento con las comunidades aledañas (Gónzalez, 2021; Osses, 2021).

Información reciente señala que el valor de las exportaciones nacionales de litio se ha multiplicado por nueve durante el último trimestre de 2022. Esto para los rubros carbonato de litio, yodo y sal. Responsable es fundamentalmente la empresa SQM, concesionaria de este mineral no metálico (Nogales, 2022).

7.9.3. Litio y conflictos socioambientales

En primer lugar, para extraer el litio de los salares se debe bombear la salmuera a la superficie y, posteriormente, esta se expone al sol con el fin de que se evapore el 95% del agua. Luego, el litio se separa del residuo mediante un proceso químico hasta ser transformada en la materia prima. Sin embargo, para llevar a cabo este desarrollo industrial, se utiliza agua dulce para limpiar tanto maquinarías como tuberías, así como también para producir un producto residual de la salmuera, la potasa, la cual es utilizada como fertilizante.

El litio se produce mediante concesiones otorgadas a principios de la década de 1980, principalmente a empresas estatales. La CORFO posee concesiones que corresponden al 55% del salar de Atacama (el más importante de los yacimientos de litio), mientras que CODELCO controla la totalidad del salar de Pedernales y el 18% del salar de Maricunga (BNamericas, 2022b). Actualmente hay un conflicto jurídico-político respecto de Maricunga, que la prensa ha señalado. CODELCO ha solicitado por tercera vez la renovación de un contrato suscrito en 2018 (CEOL),

esta vez con exclusividad. Hay señales de que esto prosperaría dejando a CODELCO como la única firma que explotaría el salar.[10]

De acuerdo con información proporcionada por las dos compañías mineras que explotan el mineral actualmente, se extrae cada año más de 63 mil millones de litros de agua salada de las napas subterráneas. Sin embargo, son pocos los estudios científicos independientes sobre la cantidad de agua consumida durante el proceso de evaporación o sobre los efectos de la extracción de salmuera en el ecosistema.

Debido a este significativo uso del agua, algunos pueblos indígenas del norte, tales como, miembros de la comunidad likan-antai de Colla Pai-Ote, Peine y Camar, afirman que la extracción de litio en Atacama está utilizando toda el agua dulce de los acuíferos de la región, afectando actividades como la agricultura y ganadería local; también, evidencian que cada vez se avistan menos flamencos y que de seguir así, el proceso migratorio es inminente. Por otro lado, también aseguran que se está violando el convenio 169 de la OIT sobre consulta indígena, debido a la falta de participación de dichas comunidades en las zonas de minería de litio. Este convenio obliga a los gobiernos a consultar a los pueblos indígenas cuando los proyectos más grandes afectan a su medio ambiente (Livingstone, 2019; Boddenberg, 2020).

Específicamente la comunidad Colla se ha mantenido en su postura crítica ante los posibles desarrollos futuros, y han llevado el tema a la Convención de Cambio Climático. Su preocupación es sobre todo territorial y de derechos humanos, en otras palabras, la sustentabilidad de los salares andinos.

La relación empresa-comunidades es bastante compleja porque en la cuenca del salar habitan numerosas comunidades atacameñas, donde las más directamente afectadas son Toconao, Peine, Socaire, Camar entre otras, las cuales junto al resto de las 18 comunidades originarias del municipio de San Pedro de Atacama forman parte del Consejo de Pueblos Atacameños. Esta organización, por un lado, ha firmado convenios con la empresa Albemarle para obtener un 3% de las ventas de litio y la realización de monitoreos comunitarios, pero también han levantado acciones legales en varias ocasiones contra la empresa SQM principalmente por la sobrexplotación indiscriminada de las aguas de la cuenca transgrediendo

[10] El Mercurio, 30 de octubre de 2022.

permanentemente la ley, ante lo cual también las propias comunidades por su parte se han querellado contra la empresa, como Camar.

En San Pedro de Atacama por su parte también han surgido acciones opositoras por parte de la organización Defensa del Salar de Atacama que conforman pobladores del pueblo, actores sociales del sector turístico, académico y de algunas comunidades atacameñas que desde el año pasado vienen denunciando el agotamiento del salar de Atacama y de su biodiversidad que se ha ido generando desde hace años atrás por las empresas de litio, y otras mineras que se encuentran cerca del territorio. En la actualidad existe una fuerte oposición al nuevo convenio firmado entre CORFO y SQM en enero de 2018 para aumentar las extracciones de litio, lo que generó movilizaciones en San Pedro de Atacama y en Santiago (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, 2022).

7.9.4. Marco internacional

El tema de la explotación del litio ha pasado a ser un tópico recurrente desde que este mineral, asociado a la presencia de salares en el territorio, ocupa un lugar de privilegio por su potencial para la elaboración de baterías de alta potencia que reemplazarían a fuentes energéticas fósiles, y por lo tanto responsables del calentamiento global. En el caso de Chile, esto interesa por la ventura de "añadir valor agregado" a la extracción del mineral.

El litio entusiasma a otros países, que quieren entrar en este club que promete rendimientos económicos aparentemente seguros e incluso dividendos políticos. Así lo señala La Nación de Buenos Aires, por ejemplo, a propósito de los recientes acuerdos del ALBA (Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América), de la cual forma parte Bolivia, país poseedor de yacimientos de litio (Lozano, 2021).

Al respecto, la revista Newsweek ha recogido la postura boliviana, señalando que "En agosto de 2022, el gobierno de Bolivia certificó sus reservas de litio en cerca de 21 millones de toneladas, principalmente en el Salar de Uyuni, la mayor planicie del mundo… con las más altas reservas de litio del planeta. Ubicado en el departamento de Potosí, es un desierto salino tan amplio que cubre una superficie de 12,000 kilómetros".

Una nueva iniciativa, reciente, surgida desde la subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales, habla de un acuerdo tripartito Argentina-Bolivia-

Chile para explotar el litio, que ha entrado a formar parte de la discusión, aunque hasta ahora no parece haber reacciones de los países vecinos.[11]

Cabe señalar el hecho que Chile hasta 2012 era el primer productor mundial de litio. Fue superado por Australia y se prevé que, a fines de esta década, China desplace a nuestro país al tercer lugar. El litio es considerado un mineral clave para la transición energética del mundo y Chile posee las mayores reservas de este mineral con un total de 9,2 millones de toneladas, según el último reporte del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) (González, 2021).

El pasado 13 de octubre de 2021, el Ministerio de Minería sorprendió con el llamado a licitación de 400 mil toneladas de litio metálico, que se resolverá en enero del 2022. Se trata de Contratos Especiales de Operación con empresas privadas nacionales o extranjeras hasta el año 2050 para vender el litio como materia prima, en forma de carbonato de litio o hidróxido de litio. El objetivo sería "incrementar el desarrollo de la industria de litio en Chile, con el objeto de reforzar la participación estratégica de nuestro país en los mercados internacionales atendida una creciente demanda proyectada por esta sustancia mineral". La licitación fue anulada por el actual gobierno, tras algunos escarceos judiciales, invocando falta de transparencia y, sobre todo, porque perturba las intenciones respecto al manejo del litio como recurso de interés nacional.

En Chile este mineral tiene un estatus jurídico similar a los hidrocarburos: por su importancia estratégica es una sustancia no-concesible. Actualmente, es explotado en el Salar de Atacama -donde está la mayor concentración de litio- por Albemarle y SQM. Estas dos empresas renovaron sus contratos con CORFO un par de años atrás, acordándose un pago de royalty de hasta el 40% de las ventas, aportes para la investigación y desarrollo por aproximadamente 12 millones de dólares al año, retribución económica a las comunidades locales, así como unas medidas precisas de fiscalización y monitoreo del salar. Sin embargo, aun así, hay graves incumplimientos ambientales (sobre todo respeto del uso del agua y la fauna circundante), y se sigue vendiendo como materia prima, sin agregar gran valor. La publicidad que la empresa contrata en la prensa, dice lo contrario.

Como lo estableció la Comisión Nacional del Litio el año 2015, al reafirmar el carácter estratégico de este elemento, el litio adquiere valor para Chile cuando es considerado como un material estratégico para la transición energética. Venderlo

[11] El Mercurio, 19 de octubre de 2022.

como materia prima no es conveniente, pues lo que se obtiene es poco: las exportaciones de 2019 representan unos 900 millones de dólares, la mitad de la exportación de vinos, 1.800 millones de dólares, y 35 veces menos que el cobre. La única forma en que el litio es económica y socialmente rentable para el país es tratarlo como un energético y subir en la cadena de valor: hacer elementos de baterías, cátodos, ánodos, pastas y baterías. Es un emprendimiento que puede y debe desarrollar el Estado chileno en alianza estratégica con empresas interesadas en electromovilidad, tales como Tesla, General Motors, Nissan, BMW, entre otras. Estas empresas requieren un proveedor seguro, de largo plazo de litio, y podrían establecerse en nuestra región, no como un enclave, sino abiertas, como parte del ecosistema científico tecnológico del país. Eso potenciaría a emprendedores, Pymes, y aumentaría la complejidad de los productos del país, abriendo paso a un desarrollo soberano.

El llamado a licitación del gobierno sin embargo plantea dudas importantes en el medio académico (Gutiérrez, 2021). No hay una consideración adecuada de la temática ambiental implícita. Podría significar la destrucción de los salares, su biodiversidad y sus comunidades. El Salar de Atacama, cuyas cuotas de extracción contemplan más de 700 mil toneladas hasta el 2042, tal vez no resista nuevos proyectos, como lo plantea el profesor Gonzalo Gutiérrez, académico de la Facultad de Ciencias y coordinador de la "Red Litio y Salares: Ciencia y Futuro" de la U. de Chile. Seguramente la licitación serán los restantes 60 salares, para los cuales, por la baja concentración de litio que poseen, 400 mil toneladas es una cifra alta. Los salares son ecosistemas frágiles. Este llamado a licitación, más que “incrementar la industria del litio”, pareciera que su objetivo es dejar amarrados todos los salares con contratos de operación por 30 años más.

Se han señalado, entrando al campo puramente económico, una serie de riesgos asociados a la instalación nacional en los mercados del litio, tal como la ha hecho a saber la COCHILCO, lo cual se resume en la tabla siguiente. Cabe señalar que estos riesgos económicos comportan riesgos ambientales de diferente carácter, como el efecto paradójico de reforzar los mercados de petróleo, el riesgo de la disposición de baterías y las eventuales disputas entre empresas o países productores.

Cuadro 7.6. Riesgos asociados al crecimiento del consumo de litio**.**

Temporalidad	**Riesgo**
Corto Plazo	• Crisis económicas mundiales (pandemia COVID-19 durante 2020)
Mediano Plazo	• Variaciones en los subsidios a autos eléctricos • Menores impuestos a autos de combustión interna • Mejoras tecnológicas que supongan costos mayores en autos eléctricos
Largo Plazo	• Menor precio de petróleo (aminora costos de producción, pero a largo plazo puede abaratar costos de uso de autos de combustión interna) • Sustituto: baterías de potasio-ion, hidrógeno verde, entre otros

Fuente: COCHILCO.

Varios de estos fenómenos se están produciendo en la actualidad, con una rapidez que muchas veces confunde a los encargados de las decisiones de política. Por ejemplo, el fenómeno de colusión entre los fabricantes de baterías de litio, que se unen para evitar los aumentos de precios, dada la incertidumbre en algunos países proveedores del mineral (Chile en la actualidad), como por la competencia por la producción de vehículos eléctricos para abastecer a un mercado emergente. Se señala que El litio ha subido más de un 400% en China durante el último año (Bloomberg, 2022a).

Al respeto, se señala en la fuente que “el dominio de China en el sector de los metales para baterías también está obligando a Estados Unidos y Europa a responder, ya que los problemas de la cadena de suministro durante la pandemia demostraron la importancia de contar con materiales fácilmente disponibles a nivel local”. Desde Estados Unidos, magnates de los vehículos eléctricos como Elio Musk y Joe Lowry señalan que se requieren acciones en la escasez de oferta, para que ellos puedan cumplir sus planes de aumentar la producción de esos vehículos y acceder en forma ventajosa a los mercados (Bloomberg, 2022b).

Cabe señalar finalmente una iniciativa privada en torno a un cierto “litio geotérmico” que plantea un uso combinado de la energía geotérmica y extracción de litio para desarrollar iniciativas conjuntas en un emplazamiento específico, donde sea posible aprovechar el calor de la tierra. Puede ser todavía anecdótico, pero hay empresas que están haciendo estudios pilotos en el tema en Europa (Agenda País, 2022).

7.9.5. Institucionalidad del Litio

En junio de 2014, a tres meses de iniciado el segundo mandato de Michelle Bachelet, se creó la Comisión Asesora Ministerial denominada Comisión Nacional del Litio (CNL), integrada inicialmente por dieciocho expertos de alto nivel del sector público y privado, presidida por la Ministra de Minería, con el encargo de

evaluar la forma en que el país aprovecharía este recurso en el interés general y asesorar en la generación de una política nacional del litio que incorpore el desarrollo sustentable de esta industria. Su creación se encontraba motivada por la creciente demanda mundial de litio, un "recurso estratégico" que otorgaba a Chile una oportunidad para diversificar su producción con su explotación y su posicionamiento estratégico en el mercado, sin perder la oportunidad de generar valor agregado, desarrollando encadenamientos productivos, considerando las externalidades y tensiones que genera la minería con otros recursos naturales y las comunidades, buscando su desarrollo sostenible (Poveda, 2020; Pérez-Cueto, 2014).

Aunque entusiasta, no cabe duda de que este planteamiento manifiesta un abanico de temas que no se resuelven simplemente por los vaivenes del mercado, ni por las intenciones de los actores empresariales y sociales.

En forma sintética, he aquí el marco legal y las instituciones reguladoras que se ocupan del tema del litio a la fecha:

- Comisión Chilena de Energía Nuclear (CChEN): El litio es declarado sustancia de "interés nuclear" el año 1975, y su extracción desde dicho año depende de la autorización de la CChEN, la cual queda a cargo de emitir cuotas de extracción y comercialización del litio
- Ministerio de Minería: A partir de la constitución de 1980, este ministerio cuenta con la facultad de emitir contratos especiales de operaciones del litio (CEOL) a través de decretos. A pesar de existir esta posibilidad, no se ha usado hasta el año 2012, cuando Codelco hace una licitación de proyectos de explotación de litio en Maricunga.
- El proceso de emisión de CEOL ha sido poco transparente (caso de la licitación señalada antes) y la posibilidad de participación ciudadana, también.

Algunos de los cuerpos legales relacionados al litio en Chile son (Muñoz, 2016):

- Ley N° 18.248, Código de Minería (14.10.1983): El litio no es susceptible de Concesión Minera (Art.7). Exploración y Explotación del Litio podrá ejecutarse por el Estado o sus empresas o concesiones administrativas o contratos especiales de operación. (Art.8). Podrá constituirse concesión minera sobre las sustancias que acompañan al Litio en un yacimiento. El Estado podrá exigir la separación del litio, sujeto a condiciones técnicas y económicas (Art.9).
- Ley N° 16.319: Crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear que declara al Litio como material de interés nuclear (Art.2). Fomentar, realizar o investigar la exploración, explotación y beneficio de materiales atómicos naturales y el acopio de materiales de interés nuclear (Art.3). Determina que el litio extraído y los concentrados derivados o compuestos no podrán ser objeto de ningún

acto jurídico, sino cuando se ejecute por la CCHEN, con esta o con su autorización previa (Art.8).

- Decreto Supremo N° 302 Plan Nacional de Desarrollo Nuclear (21.12.94): Incentivar y apoyar la investigación de procesos metalúrgicos, químicos y físicos básicos para aumentar el valor agregado de los compuestos de litio y otros de interés nuclear.
- Decreto Ley N° 1557 del 30/9/1976 (art. 27): "La Comisión podrá analizar, por sí o por medio de terceros, cualquier mineral, concentrado o producto fundido o refinado que se trate de exportar, para determinar la existencia y la cantidad de materiales de interés nuclear contenidos en ellos".

No cabe duda de que la explotación del litio comporta una importante cantidad de acciones y coordinaciones, de manera que estamos lejos de un proceso sencillo y que impulse una dinámica donde las decisiones sean tomadas de manera sectorial. Como en otros casos (hidrógeno verde, ERNC, por ejemplo), se confunden los espejismos políticos con las realidades tecnológicas, territoriales y sociales que conlleva afrontar emprendimientos de tal magnitud a nivel local; amén de las exigencias de los mercados internacionales, que finalmente condicionarán la sostenibilidad del proceso para nuestro país.

Hay que tener en cuenta que parte de esta discusión tiene que ver con la propuesta gubernamental de crear una "Empresa Nacional del Litio", al estilo de CODELCO (tema que paralizó el desarrollo del litio en Bolivia por varios años), y sobre lo cual hay controversia, con opiniones disonantes como la del profesor Manuel Agosín, que plantea: "El hecho de poseer yacimientos de litio no hace a Chile apto para producir el producto final. Chile no cuenta con la capacidad tecnológica ni con el ecosistema de un país productor de vehículos. Este ecosistema incluye una gran variedad de actores: las armadurías, los innumerables autopartistas que requiere el rubro, los diseñadores, la relación tecnológica y comercial fluida entre el productor final y los productores de insumos, la capacidad de levantar cuantiosos volúmenes de capital en el mercado internacional, el capital humano avanzado, el conocimiento de la comercialización internacional, etc.".

Es por ello que propone **la búsqueda de un marco regulatorio especial y no necesariamente una empresa**, que estará ocupada más bien de la parte extractiva que otra cosa (Agosin, 2022). En cualquier caso, la prensa ha señalado que el gobierno pretende presentar su proyecto de Empresa Nacional del Litio a inicios del 2023 (Cooperativa.cl, 2022).

Cabe señalar que recientemente el gobierno de Chile ha actualizado para su ratificación un acuerdo con la Unión Europea para impulsar formas sustentables y modernas de explotación del litio. Aunque se trata de un acuerdo no vinculante, puede tener efectos positivos para la estrategia chilena en torno a la explotación de este mineral estratégico. Se espera que esto se concrete al 2024 tal como se ha señalado en la prensa alemana y chilena (Valencia, 2022).

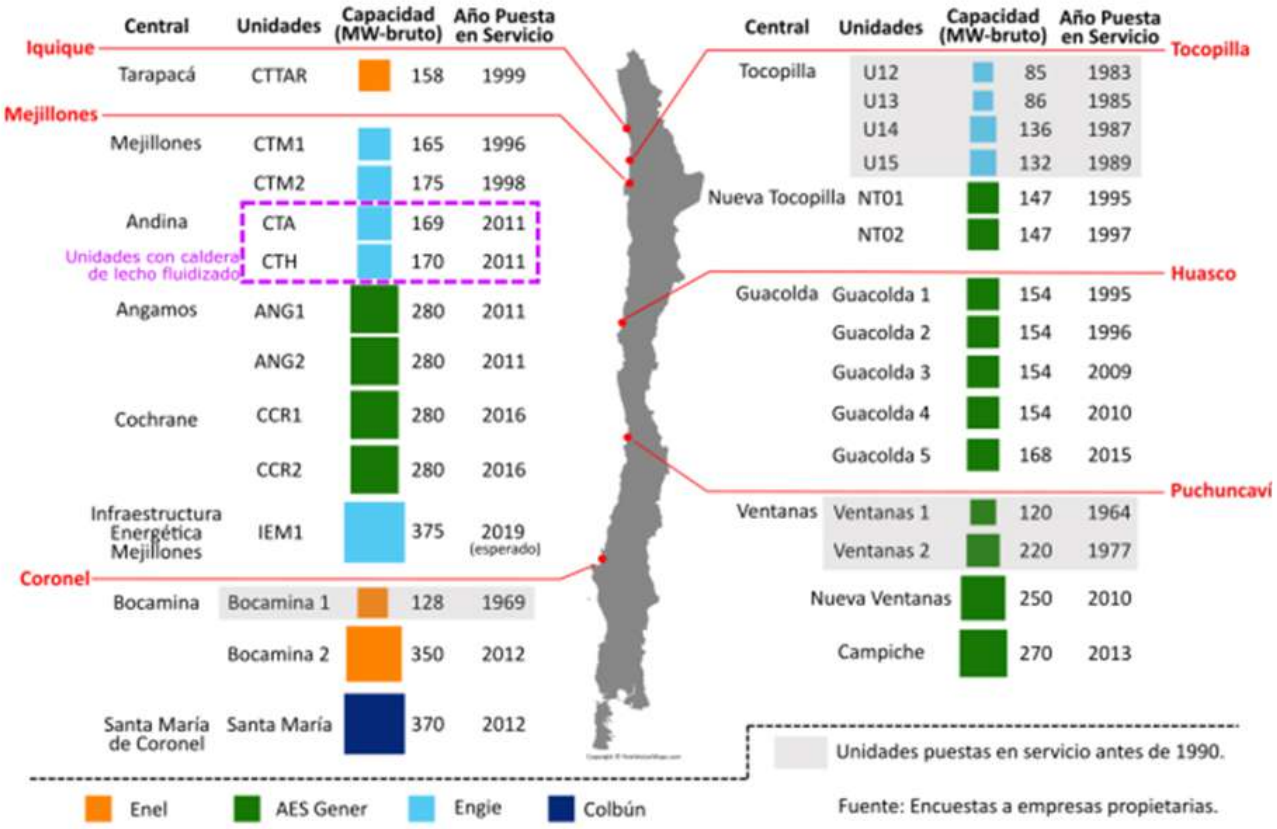
7.10. CARBÓN

Una de las características de la generación eléctrica a carbón es que es una energía clasificada como base, es decir, está disponible de forma continua, aportando un suministro seguro y económico. Es un recurso de lata presencia en muchas regiones, ya que se trata de bosques milenarios que alguna vez ocuparon la superficie del planeta.

Sin embargo, su producción genera mayores niveles de emisión de contaminantes globales, representando un 26% del total de emisiones de GEI en Chile (Ministerio de Energía, 2019). La producción de carbón en 2021 se redujo en un 90% respecto de 2020 (SERNAGEOMIN, 2021). El sector Energía es el principal emisor de GEI representando el 77 % de las emisiones totales en 2018, mayoritariamente por las emisiones producto de la quema de carbón mineral y gas natural para la generación eléctrica; y de combustibles líquidos para el transporte terrestre (Ministerio del Medio Ambiente, 2022).

Actualmente, existen 28 centrales termoeléctricas en base a carbón en operación con una potencia instalada de 5.529 MW, ubicadas en diferentes comunas del país, de las cuales, se han retirado 3 hasta junio de 2020 (**Ver Figura 7.6**) (Ministerio de Energía, 2020). Estas se encuentran concentradas principalmente en ocho: Iquique, Mejillones, Tocopilla, Huasco, Puchuncavi, Curicó, Hualpén y Coronel. En efecto, en todas las comunas mencionadas, se superan las normas de calidad del aire, por lo que han debido ser declaradas zonas saturadas de contaminantes atmosféricos y sometidas a Planes de Descontaminación (Cámara de Diputados, 2020).

Figura 7.6. Mapa de unidades de generación a carbón operativas en Chile.

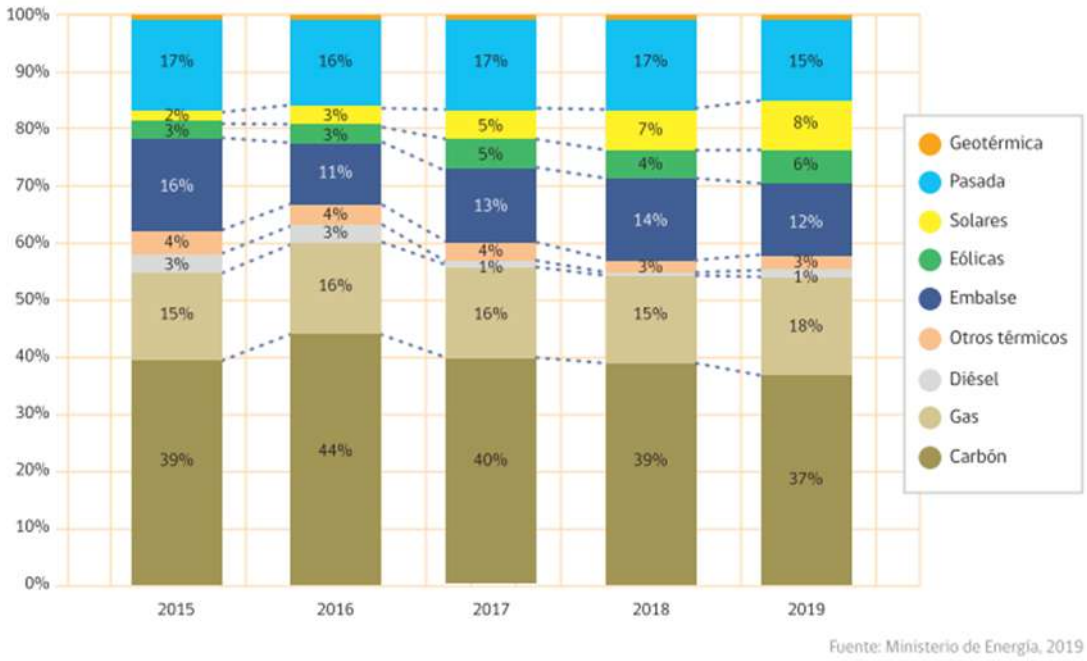


Fuente: Ministerio de Energía, 2018.

La generación eléctrica con base a carbón ha promediado el 40% de entrada al SEN desde el 2015 (**Ver Figura 7.7**). Durante el año 2016 alcanzó un máximo en participación con un 44%. Al 2019 bajó a 37%, es decir básicamente se mantuvo en el período. Al 2020 llegó a 35% (Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería, 2021). Nuevas cifras señalarían una baja adicional, dados los movimientos para terminar en Chile con las termoeléctricas a carbón.

El parque termoeléctrico a carbón en Chile constituye el 22% de la capacidad instalada de generación eléctrica. El parque carbonero está constituido por 29 unidades de generación (una potencia de 5.052 MW).

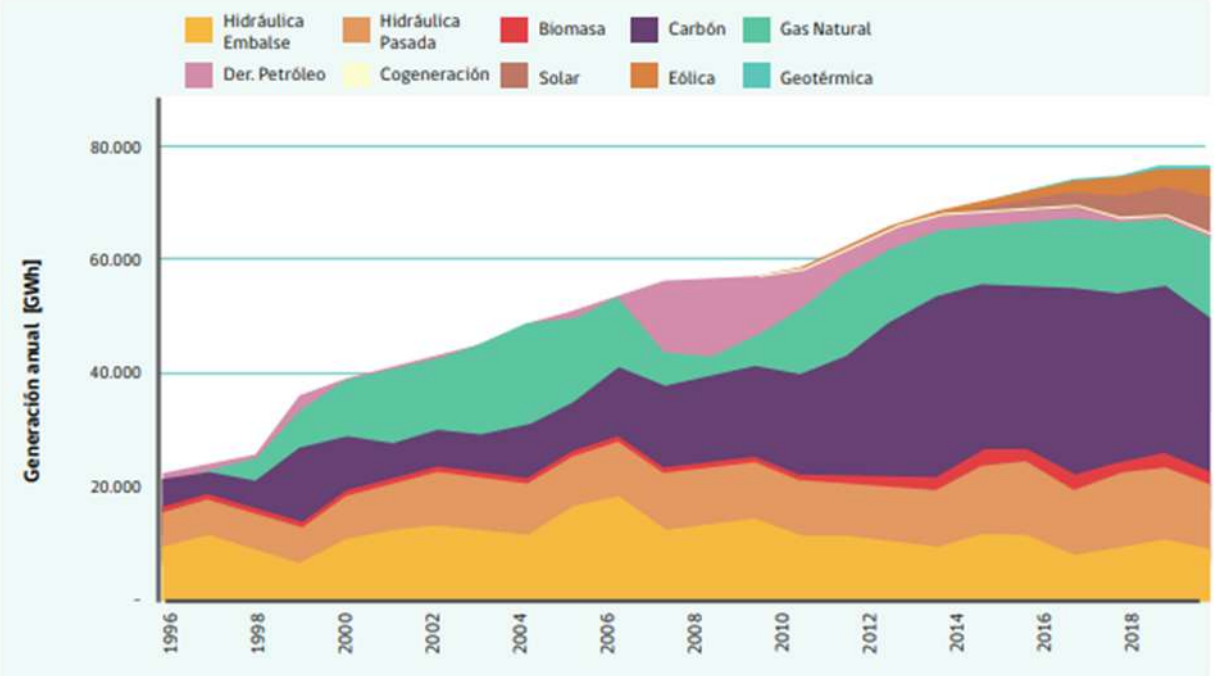
Figura 7.7. Generación de energía por tecnología en el SEN.



Fuente: Ministerio de Energía, 2018.

De las 28 unidades a carbón existentes, siete no cuentan con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) asociada al proyecto original. A seis se les exige en su RCA presentar un plan de cierre, mientras que las restantes quince indican que lo más probable es que su infraestructura se reacondicione o que se reconviertan a otra tecnología de generación. Sin embargo, en caso de que se requiera abandonar el sitio, se desmantelará completamente (estructuras, equipos superficiales y marinos) (Ministerio de Energía, 2020).

Figura 7.8. Evolución de la matriz de generación eléctrica 1996-2019.



Fuente: Comisión Nacional de Energía.

7.10.1. Proceso de Descarbonización en Chile

En el año 2018, el Ministerio de Energía estableció la Ruta Energética 2018-2022 bajo la cual, el gobierno del presidente Piñera estructuró su mandato; uno de los ejes de acción tiene relación con modernizar el sector energético mediante "Energía baja en emisiones". Al respecto, se plantea la iniciativa "Hacia la descarbonización de la matriz" y los planes a seguir para cumplir con dicho objetivo. Cabe señalar, que el proceso de descarbonización también considera otras líneas de trabajo, tales como, mitigación y adaptación al cambio climático, precio del carbono, ley de cambio climático y el cierre y/o reconversión de unidades de generación a carbón conectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (Ministerio de Energía, 2020).

Para cumplir con dicho objetivo, en junio de ese año 2018 se creó la "Mesa de retiro y/o reconversión de unidades a carbón". Este grupo de trabajo tuvo como objetivo analizar los efectos del plan de descarbonización sobre la seguridad y eficiencia económica del SEN, la actividad económica local y su impacto en el medio ambiente. También, se analizó los efectos en la salud, calidad del aire, variables ambientales y experiencia internacional en la ejecución de estas medidas (Ministerio de Energía, 2019).

Inicialmente, el plan de retiro voluntario de las centrales a carbón consideraba dos fases de retiro; en primer lugar, se estableció la salida de 11 unidades a carbón, equivalentes al 31% de la capacidad instalada. Mientras que las restantes unidades deberían cerrar al año 2040. Sin embargo, actualmente el plan es mucho más ambicioso, adelantando la primera fase en 3 años, habiendo cerrado 8 centrales en diciembre de este año 2022, y las siguientes 18 al 2025. Al respecto, se anunció que para el 2025 se habrán retirado el 50% de las centrales a carbón (Ministerio de Energía, 2021).

Por otro lado, la organización ambientalista "Chao Carbón" destacó la iniciativa, no obstante, emplazó al gobierno para que dichos acuerdos no queden en la voluntariedad de las empresas y sin fechas concretas de cierre, sino que se respalde mediante aspectos legales, tales como decretos y leyes vinculantes (El Mostrador, 2021).

Al respecto, está planteado un proyecto de ley: "Prohíbe la instalación y funcionamiento de centrales termoeléctricas a carbón en todo el país, a contar de la fecha que indica", cuyo Artículo único dice: "Prohíbase la instalación y funcionamiento de plantas de generación termoeléctrica a carbón en todo el territorio nacional". Esta ley comenzaría a regir para las plantas de generación termoeléctrica a carbón que tengan menos de 30 años de antigüedad el 31 de diciembre de 2025 (Cámara de Diputados, 2020).

El contexto internacional había sido favorable a la eliminación del carbón como fuente energética, hasta la crisis aparecida en Europa con la guerra Rusia-Ucrania, donde uno de los factores detonantes ha sido el abastecimiento de gas natural, un combustible fósil, urgente para países con inviernos extremadamente fríos. Esto ha hecho que se reactiven centrales termoeléctricas con base carbón, echando atrás parte de lo ganado en descarbonización. De modo que nos toca nuevamente, como país dependiente del contexto global, repensar políticas que muchas veces llevan poco análisis y demasiado entusiasmo. Esto último, por cierto, pensando en el bienestar de los ciudadanos y no en camisas de fuerza ideológicas.

7.10.2. Marco internacional global

Producto de la emergencia climática y el aumento sostenido de la emisión y concentración de gases de efecto invernadero (GEI), respaldado en informes emitidos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

(IPCC) y siendo ratificado internacionalmente mediante la aprobación del Acuerdo de París (2015), se propuso la meta a nivel mundial de lograr reducir las emisiones de GEI y alcanzar economías carbono neutrales (IPCC, 2021).

La contaminación producida por la industria energética en nuestro país, no solo se vincula a la generación de gases de efecto invernadero, sino que también produce efectos nocivos en la salud de las personas y externalidades negativas en los suelos y agua donde se encuentran instaladas centrales termoeléctricas. Es más, según datos del último reporte de indicadores ambientales de la OCDE, Chile es el quinto país de la organización con mayor intensidad de emisiones de dióxido de azufre con 0,79 kg por cada 1000 dólares de PIB, estando más de tres veces por sobre el promedio de la OCDE (MMA, 2021b).

7.10.3. Carbono negro

El carbono negro (CN), hollín o carbono elemental es un aerosol primario, es decir, emitido directamente por una fuente, que es producido por la quema incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa (IPCC, 2018). Esto es un efecto ambiental por el uso de estos combustibles y podría ir en el capítulo de energía.

El CN tiene un gran potencial para absorber luz, la que luego emite en forma de calor, además, a diferencia de otros aerosoles, este solo produce un forzamiento radiactivo positivo en la atmósfera, lo que se traduce en un calentamiento del planeta (Boucher et al., 2013). El CN también tiene efectos sobre las superficies en las que se deposita, por un lado, el CN puede cambiar el albedo de las superficies de hielo o nieve (Rowe *et al*., 2019). Por otro lado, también altera la formación de las nubes al depositarse sobre ellas (Bond *et al*., 2013). Además, el CN es parte del material particulado completamente respirable (MP2,5), por lo que la exposición a este contaminante trae problemas a la salud (WHO, 2018; Kirrane *et al*., 2019; Huneeus et al., 2020).

Constituye el CN un elemento a tener en cuenta cuando se trata de establecer esquemas de lucha contra la contaminación atmosférica, y esto no tiene necesariamente relación con el carbón como fuente energética.

7.10.4. Impactos ambientales del carbón

Uno de los principales impactos que tiene la generación eléctrica a base de carbón es la emisión de contaminantes atmosféricos. Las principales emisiones de un sistema termoeléctrico son material particulado (PM_{10}), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). Para la quema de carbón hay que considerar además las emisiones de metales pesados tales como níquel y vanadio (Decreto N° 13, 2011).

Por otro lado, se debe considerar los efectos en el ecosistema, tales como la utilización de agua de mar para los procesos industriales y el vertimiento de aguas residuales a temperaturas elevadas al océano, debido al enfriamiento de los sistemas en las termoeléctricas, generando un impacto acumulativo en la biodiversidad marina. Tal fue el caso ocurrido en la comuna de Quintero, donde los pescadores demandaron a la termoeléctrica AES Gener por perjudicar su capacidad de extraer recursos del mar, afectando con ello su posibilidad de trabajar, y los daños morales que esto implica (Cámara de Diputados, 2020).

Se debe tener en consideración que la operación del sistema de captación de agua de una central termoeléctrica puede producir efectos de atrapamiento y arrastre de especies hidrobiológicas, con un efecto en la dinámica de la población del hábitat costero si el sistema de captación no es diseñado y gestionado apropiadamente. Peces, macroinvertebrados nectónicos, plancton, y en menor medida organismos bentónicos, son las comunidades biológicas susceptibles a los efectos de atrapamiento y arrastre de sistemas de captación de agua de diversas instalaciones industriales (INODÚ, 2018).

Sumado a lo anterior, las centrales producen residuos sólidos correspondientes a cenizas y otros residuos que tienen origen en el proceso de desulfuración de gases. Si bien estos deben ser almacenados en lugares especiales para su disposición final, su manejo irregular puede provocar vertimientos en el océano. Un ejemplo de esto sucedió en la bahía de Puchuncaví por parte de la termoeléctrica transnacional AES Gener S.A., la que, de acuerdo a lo señalado por la Fiscalía Marítima, habría derramado grandes cantidades de carbón combustionado al océano, debido al manejo inadecuado de los residuos de sus procesos productivos (Cámara de Diputados, 2020). En Recuadro se resume la problemática multidimensional de la problemática Ventanas (Aparicio, 2021).

No obstante, la empresa con su filial AES Chile se presenta a sí misma al 2022 como pionera en las ERNC, con proyectos de envergadura en el ámbito de la energía eólica (AES Chile, 2022).

7.11. GAS NATURAL

En Chile, el gas natural tiene una capacidad inferior al resto de los combustibles fósiles y/o de generación eléctrica. Durante el año 2019 el gas natural contaba con un potencial de 4.783 MW, con 14.127 de generación (GWh/año) correspondiente a un 18% de generación eléctrica respecto a la capacidad (Asociación Gas Natural, 2020). Sin embargo, el gas natural, es un aporte para la mitigación de los efectos del calentamiento global y supone una solución costo efectiva en el corto plazo para avanzar en la descarbonización de la matriz energética (Cortes, 2019). El reemplazo de carbón por gas natural permite reducir en 50% las emisiones de CO_2 por cada MWh de energía que genera el sistema eléctrico, siendo una fuente de energía amigable con el medio ambiente.

Sin embargo, el gas natural tiene una baja participación en el sector industrial. Solo el 11% de la industria en Chile usa gas natural en sus operaciones, mientras que los países desarrollados OCDE esto corresponde al 30%, habiendo una diferencia significativa entre aprovechar su mejor degradación ambiental y las conveniencias de su uso (Asociación Gas Natural, 2020).

7.11.1. Impactos ambientales

El gas natural es reconocido como una de las fuentes más limpias y menos contaminantes, debido a su eficiencia y bajas emisiones a la atmósfera. Su composición está directamente asociada al metano, por lo tanto, entre sus principales características se encuentra ser inodoro, incoloro, no tóxico ni corrosivo y evaporable a temperatura ambiente. Entre las emisiones de GEI al medio ambiente por combustión del gas natural, se encuentran el CO_2, CH_4 y N_2O. No obstante, comparadas con otras fuentes fósiles como el carbón, petróleo y sus derivados, estas son significativamente menores (Better y Metrogas, s.f). Al respecto, comparativamente, las emisiones de CO_2 son hasta un 50% menores que las emitidas por el carbón y hasta 30% menores que las del fuel oil (IPCC, 2006).

En otro plano, existe un procedimiento técnico que es preocupación por sus efectos ambientales negativos. Se trata del "fracking", que consiste en una técnica para aumentar la extracción de gas desde el subsuelo, mediante la generación de fisuras en la roca para que el gas fluya al exterior y pueda extraerse desde un pozo (Arnedo y Yunes, 2015). Sin embargo, esta técnica tiene diversos impactos ambientales, tales como, contaminación atmosférica, acústica, hídrica, entre otros (Conexión Esan, 2019). Sin embargo, entre las más importantes debido a las consecuencias que puede tener son: fracturación no controlada e impredecible, sismicidad inducida, fugas considerables de metano, así como deterioro del revestimiento de los pozos (Albert, 2018).

Puesto en forma sintética, los impactos ambientales del fracking se pueden sintetizar así:

- Elevado consumo de agua y su pérdida para el ciclo hidrológico.
- Agotamiento de las fuentes de agua.
- Elevada generación de desechos tóxicos y dificultades para su manejo.
- Contaminación de los mantos freáticos y el agua superficial.
- Contaminación atmosférica.
- Migración de gases y sustancias del fluido hidráulico hacia la superficie.
- Contaminación del suelo por derrames y flujos de retorno.
- Emisión de gases de efecto invernadero (metano y otros).
- Sismicidad inducida.
- Contaminación acústica.
- Impactos paisajísticos adversos.
- Alteración de la biodiversidad.

Cabe señalar que para Chile no sería un problema, al menos con la escasa capacidad de los yacimientos de gas natural, sin embargo, queda como un elemento a considerar sobre todo si se desea participar en organizaciones internacionales ligadas al tema.

7.11.1.1. Contaminación hídrica

El proceso de fractura hidráulica consume entre 4.5 y 13.2 millones de litros de agua por pozo, y en proyectos masivos, hasta 19 millones de litros por pozo. Se debe considerar que el agua se obtiene principalmente de cauces naturales e industrias como las hidroeléctricas, lo cual reduce drásticamente la disponibilidad para uso doméstico.

Es importante resaltar que el agua que se usa en el *fracking* se pierde definitivamente para el ciclo hidrológico ya que: a) permanece en el pozo, b) se

recicla para el *fracking* de nuevos pozos, o c) se desecha en pozos profundos para descartar los remanentes de la operación. Por cualquiera de estas causas, además de estar contaminada, no queda disponible para recargar los acuíferos (Albert, 2018).

7.11.1.2. Contaminación atmosférica

Las emisiones del proceso de *fracking* al aire incluyen las fugas de metano de los pozos y las emisiones de los combustibles –diésel o gas natural– del equipo usado en el proceso, tales como compresoras, torres de perforación, bombas, etcétera. Las fugas en los pozos de gas y en las tuberías también pueden contribuir a la contaminación del aire y a aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se calcula que las fugas de metano están entre 1 y 7 por ciento. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) calcula la tasa de fuga de metano en aproximadamente 2.4 por ciento. En el vapor que sale de los "pozos de evaporación", en donde con frecuencia se almacenan las aguas residuales del *fracking*, se ha identificado benceno, un potente agente cancerígeno (Albert, 2018).

7.11.2. Reservas

En nuestro país, solamente en la región de Magallanes se han encontrado reservas explotables de gas natural. En sus inicios, el combustible fue distribuido por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) en esa zona.

Debido a la distancia y el reducido tamaño de las reservas, resultó inviable distribuir el gas natural hacia otras regiones. Sin embargo, desde 1997 logró llegar hasta la región Metropolitana, Valparaíso, Biobío y Antofagasta mediante la firma de un tratado de integración energética con Argentina y la construcción de cuatro gasoductos. A pesar de lo anterior, en el año 2004 se vivió una "crisis del gas" con el país trasandino, que se prolongó hasta el año 2009, lo que motivó a que los gobiernos de ese entonces construyeran terminales de regasificación de gas natural licuado (GNL) en el centro y norte del país, con el fin de importar el combustible desde diferentes lugares. De esta manera, se creó los terminales de recepción de GNL en Quintero y Mejillones, permitiendo así, contar con una fuente adicional de suministro de gas natural y garantizar la disponibilidad y abastecimiento de manera estable y permanente (Fundación Gasco, 2022).

En la **Figura 7.9** que sigue se puede visualizar la logística del gas natural tal como es realizada actualmente en el país por ENAP.

Figura 7.9. Logística del gas natural.



Fuente: Empresa Nacional de Petróleo (ENAP), 2022.

7.11.3. Contexto internacional

Chile cuenta con una infraestructura de gasoductos que conectan con Argentina y que posibilita el intercambio de Gas Natural Licuado (GNL) para el consumo local y, sobre todo, la exportación de gas mediante los puertos chilenos. Al respecto, nuestro país cuenta con una logística importante para el transporte de GNL vía gasoductos a plantas de licuefacción sobre el Océano Pacífico, para su posterior exportación en barcos a mercados mundiales. Además, Chile tiene una ventaja estratégica al estar cercano a grandes yacimientos sudamericanos, como lo son Vaca Muerta en Argentina y Camisea en Perú. Nuestro país podría convertirse en un núcleo importante para la exportación de GNL, al tener una extensa salida por el Pacífico y porque la mayor demanda de gas importado se encuentra en los mercados asiáticos, como China, Corea y Japón (Diario Financiero, 2019).

Voces detractoras del gas natural se dan entre las organizaciones que en Chile operan en materia de energías renovables, que por cierto argumentan en relación a los impactos ambientales nacionales y globales de esta fuente energética. Aunque evidentemente su postura responde también a un tema de posicionamiento en los mercados de la energía (Lía y Yáñez, 2022).

Un último aspecto tiene que ver con la disponibilidad del gas natural proveniente de países limítrofes. El importante desarrollo en distribución de gas natural a los hogares, hecho dado un acuerdo con el gobierno argentino y roto por la crisis económica en ese país, significó un quiebre importante y Chile se vio obligado a comprar gas natural licuado en otros países lejanos. En la actualidad hay un nuevo acuerdo con Argentina que hasta ahora ha favorecido a varias regiones (Romero, 2022). Cabe señalar que esto ha sido bien recibido por el nuevo gobierno y cabe preguntarse cómo esto se compatibiliza con los deseos de desarrollar ERNC, ya que el gas natural, aunque menos emisor que el gas licuado (butano-propano) y el fuel oil, no deja por eso de ser un combustible fósil responsable de los GEI (Cooperativa.cl, 2022).

7.12. HACIA UNA POLÍTICA AMBIENTAL INTEGRAL PARA EL SECTOR MINERO

Sin perjuicio de que haya otras visiones o desgloses del tema, se pueden proponer tres líneas estratégicas fundamentales para abordar la problemática ambiental minera.

En primer lugar, la **gestión hídrica** es un eje estratégico fundamental en cuanto a políticas ambientales mineras, teniendo en cuenta el contexto actual de crisis climática y las problemáticas asociadas. En relación con esto, según la base de datos Water Risk Atlas del World Resources Institute, Chile ocupa el lugar 18 entre los países con más riesgo de una crisis del agua, calificado con riesgo alto; por otro lado, de acuerdo con el Atlas del Agua: Gestión del Agua (2016) de la Dirección General de Aguas (DGA) en el país ha habido una disminución de un 30% en las precipitaciones en comparación con 1987. Además, en la macrozona norte, donde se concentra la industria cuprífera, se ejerce una fuerte presión hídrica para satisfacer las necesidades de los procesos productivos del mineral. Si bien, el uso de agua dulce en la industria minera representa un valor aproximado del 4% del suministro de agua dulce en Chile, estas operaciones afectan cuencas

hidrográficas donde la escasez hídrica es un factor limitante para el desarrollo socioeconómico regional.

Es por ello, que en esta línea estratégica se debiera priorizar aún más el uso de nuevas tecnologías para enfrentar la crisis hídrica, como plantas desalinizadoras, establecer un sistema de monitoreo permanente y transparente entre entidades públicas y privadas con el fin de mejorar el acceso a la información a nivel de cuenca y mejorar la gestión del recurso hídrico en beneficio de las comunidades y los distintos usos que estas tienen para el buen vivir.

En segundo lugar, la búsqueda por la **carbono neutralidad** el último tiempo se ha vuelto un eje estratégico importante, considerando el contexto de acuerdos internacionales (Acuerdo de París (2015), Acuerdo de Glasgow (2021) con el fin de mitigar los efectos de la crisis climática, es por ello, que se debería seguir potenciando la transición a energías limpias en la cadena de procesos del mineral, de esta manera se le otorgaría al principal rubro impulsor de la economía una certificación sustentable y baja en emisiones, y así, a nivel internacional se vería a Chile como un referente minero.

En tercer lugar, la **adaptación al cambio climático** ha sido un factor importante en la última década, es por ello que la institucionalidad ambiental se ha endurecido desde los años 90 con el fin de que los procesos mineros estén bajo un marco regulatorio más estricto y acorde a lo que internacionalmente se exige. También, se han generado nuevas normativas que restringen emisiones contaminantes tanto atmosféricas como de residuos que se descargan a cuerpos hídricos y se está priorizando la transición a tecnologías limpias. Todo lo anterior tiene importancia cuando, como país, se deben realizar acciones que ayuden a enfrentar los efectos de la crisis climática, considerando que Chile históricamente ha crecido gracias a la minería y, por ende, para seguir existiendo como rubro, tiene la obligación de hacer cada vez más sustentables sus procesos.

En relación al tema controvertido de construir una política minera para el país basada en el concepto de desarrollo sustentable, más allá de la retórica al uso, se debería empezar por construir una definición de qué se entiende por desarrollo sustentable en la actividad minera. Al respecto, el concepto mantiene ambigüedad sobre qué acciones se podrían realizar para estar bajo un marco "sustentable" y cuáles no. Además, se debe considerar que el desarrollo trae implícito un cierto nivel por sobre el que se tenía antes, es decir, para

desarrollarse debe haber crecimiento. Como lo han señalado varios especialistas, “desarrollo sustentable” en estricto rigor es un oxímoron, ya que el crecimiento es contrario a la sustentabilidad. Para que haya crecimiento y desarrollo, debe haber explotación de los recursos naturales; para que haya crecimiento, se debe intervenir en el ecosistema, generando ganancias por el lado económico y pérdidas desde lo socioambiental, ya que siempre tras la degradación de los recursos naturales, hay personas que se ven afectadas y, además, hay una flora y fauna que también se ve perjudicada e invisibilizada en su derecho de existir por el sistema humano.

La minería en sí no es sustentable bajo ningún punto de vista ecológico. Solo el no uso de esos recursos, que son no-renovables, puede conducir a cierta sustentabilidad. Ahora, la minería puede ser eventualmente “verde” (en sentido figurado) por la forma en cómo se llevan a cabo sus procesos, pero siempre habrá una degradación de los recursos naturales bajo la cual el medio ambiente no fue consultado antes. A veces se abusa del término “verde” aunque es necesario ir a fondo para ver la seriedad de la conceptualización, que tiene sus émulos, por eso se está hablando de "Hierro Verde", por ejemplo, slogan de algunas empresas del rubro minero-metalúrgico para sumarse al carro de la sustentabilidad ambiental.

Un tema que merece un análisis más matizado al momento de formular una política ambiental-minera, es tener en cuenta cierta tendencia mundial a no resignarse a abandonar las energías fósiles, fundamentalmente carbón y petróleo. Véase por ejemplo la resistencia de grandes países emisores y a la vez menos desarrollados, para alcanzar la meta de carbono neutralidad a tiempo. Es por ello, que en la COP26 (2021), llamó la atención que países como India y China utilizaron cláusulas para evitar la actualización de sus planes de reducción de emisiones en función de las "diferentes circunstancias nacionales" (McGrath, 2021).

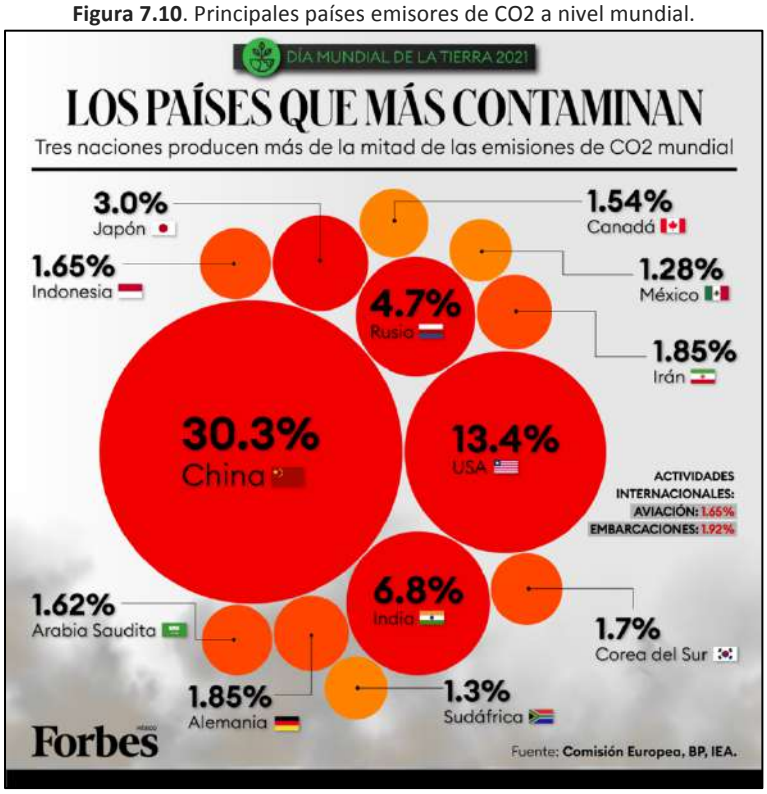
Los países desarrollados tienen una ventaja comparativa superior a cualquier otro país en vías de desarrollo para poder decidir sobre el futuro de sus economías, debido a que cuentan con recursos para que el sistema no colapse, además de la infraestructura y tecnología para transitar hacia el abandono de las energías fósiles en sus matrices energéticas; en cambio, los países del tercer mundo (subdesarrollados), al no contar con los mismos recursos se ven en la obligación de caminar más lento hacia el mismo cambio energético, pudiendo no cumplir con los mismos plazos ni tampoco el abandono de las fuentes fósiles en sus

industrias y a nivel doméstico, por el potencial empobrecimiento de sus sociedades. En **Recuadro** se presenta una iniciativa pública a nivel local (Riquelme, 2021; Yañez *et al*., 2019).

Es por ello, que no es posible cuestionar completamente la tendencia de algunos países debido a sus recursos y necesidades, ya que estos acuerdos se gestan desde una mirada de los privilegios de las grandes naciones, no obstante, si uno reclama por la falta de cooperación tecnológica y/o económica de los países del primer mundo para ayudar en la transición a aquellos países que no lo pueden lograr, así como también, por qué no se sanciona o se prioriza la transición y mitigación de los efectos de gases de efecto invernadero de los cuatro principales países que más emisiones emiten, aproximadamente el 55% del CO_2 a nivel mundial: EEUU, China, India y Rusia (**Ver Figura 7.10**).

Las perspectivas de la COP 27 no lucen demasiado promisorias, a juzgar por los debates en la prensa internacional.

Figura 7.10. Principales países emisores de CO2 a nivel mundial.



Fuente: FORBES.

Recuadro: “Gas a Precio Justo”

Esta dimensión se ha manifestado recientemente en nuestro país, con la iniciativa de la Asociación de Municipalidades en torno a una reivindicación que llaman “Gas a Precio Justo”, una demanda de la población que depende fuertemente del gas licuado o GLP (propano y butano) para sus necesidades energéticas ; aparte por cierto de la de la parafina (kerosene), la principal fuente de calefacción para una parte importante de la población. Los municipios han creado incluso una entidad destinada a dicha temática, que aúna lo ambiental, social, financiero y sanitario.

7.12.1. El frente global

Una política internacional de promoción de los productos mineros del país, ¿en qué recursos debería enfocarse prioritariamente el país, con un criterio de sustentabilidad? Pues la pregunta es pertinente por cuando allí debe haber un trabajo particular de la política ambiental, para hacerse cargo de manera adecuada de la dimensión internacional.

A pesar de que el cobre es el recurso destacado a nivel nacional y una de las principales exportaciones, el litio tiene potencial para ser un producto prioritario debido a la cantidad de usos que se le puede otorgar, desde la medicina hasta la fabricación de baterías. En ese sentido, su fuerza radica en ser un recurso exportable con una proyección a futuro muy alta, debido a las necesidades de las sociedades mundiales en cuanto a la transición a energías más limpias. Al respecto, el litio es un elemento fundamental, por ejemplo, en la industria de automóviles eléctricos.

Debido a que Chile está en el triángulo estratégico de litio, se podrían realizar acuerdos con písese latinoamericanos (por ejemplo) en relación a cómo llevar el mercado del mineral, considerando costos y beneficios, y asegurar tecnologías que incentiven prácticas más amigables con el medio ambiente, con el fin de darle al litio una calidad de industria “verde”.

Por otro lado, no se debería dejar de lado la posición que tiene el cobre en el país, debido a que sigue siendo un recurso estratégico y un pilar fundamental en el crecimiento económico y desarrollo regional. Es el nicho en que la economía internacional nos tiene ubicados, y en relación a aquello, no valen bravatas. Hace

falta mayor inversión en convertir la materia prima en productos exportables, para escapar del paradigma de país particularmente extractivista.

7.12.2. El frente local

El otro frente está en la posibilidad de mitigar o eliminar los conflictos socioambientales que significa la actividad minera en el país. Al haber una degradación de los recursos naturales de una cierta zona en conflicto, ya sea por el acceso al agua, la pérdida de uso de suelo, la afectación a flora y fauna, entre otras, la posibilidad de eliminar los conflictos socioambientales es más bien nula. Por este motivo, la actividad minera siempre será una industria que generará controversias en el territorio, es difícil imaginar un desarrollo sustentable del rubro, porque la minería provoca intrínsecamente la explotación de un recurso natural.

De modo que la política ambiental debe obligadamente buscar acuerdos, complicidades y apoyos mutuos en la política de desarrollo regional, sobre todo en lo social y laboral. Según el Mapa de Conflictos Socioambientales de Chile del Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH) (2022), en el país hay actualmente 33 conflictos socioambientales asociado a la minería, de los cuales 19 están activos, 11 latentes y únicamente 3 en estado de terminados. Sin embargo, aquellos terminados (Desafectación del Parque Nacional Lauca, Planta de producción de sales de potasio en Salar de Atacama) fue por el rechazo de las comunidades afectadas, que al ejercer presión y declarar observaciones en el proceso de evaluación de los proyectos, fueron finalmente rechazados por el SEA.

En ese sentido, los conflictos no se pueden eliminar. Por otro lado, tampoco es evidente que se puedan “mitigar” los conflictos socioambientales, en primer lugar, porque según la RAE, mitigar es “moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero”, por ende, el efecto de mitigar tiene de por sí algo negativo, es decir, si se habla de mitigar, siempre habrá una razón que tiene connotación negativa. La minería puede llegar a ciertos términos o acuerdos con las partes afectadas, previo sometimiento a la institucionalidad ambiental, para apaciguar las relaciones que se tienen entre sí, no obstante, el conflicto probablemente perdurará.

En todo caso, un movimiento mundial en torno a una denominada “minería verde” ha sido acogida con entusiasmo por arte del empresariado que, al menos en materia comunicacional, se ha apresurado a socializar sus enfoques de baja

emisión de carbono, reciclaje y reutilización de residuos, apoyo a las comunidades y otros tópicos relevantes a la temática de la sustentabilidad (La Tercera, 2022).

7.13. Bibliografía

AES Chile. (2022). *Acerca de AES*. Recuperado de https://www.aeschile.com/es/conoce-aes

Agenda País. (10 de julio de 2022). Litio geotérmico y las prometedoras oportunidades relacionadas con el calor de la tierra. *El Mostrador*. Recuperado de https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2022/07/10/litio-geotermico-y-las-prometedoras-oportunidades-relacionadas-con-el-calor-de-la-tierra/

Agosin, M. (10 de marzo de 2022). ¿Necesitamos una empresa nacional del litio? *La Tercera*. Recuperado de https://www.msn.com/es-cl/noticias/otras/necesitamos-una-empresa-nacional-del-litio/ar-AAUU1qD?cvid=7f4484ea0cc34272d4cc7462533c3140&ocid=winp1taskbar

Albert, L. (2018). El fracking y sus consecuencias en el ambiente. *LaJornada Ecológica*. Recuperado de https://ecologica.jornada.com.mx/2018/01/26/el-fracking-y-sus-consecuencias-en-el-ambiente-865.html

Aparicio, E. (16 de junio de 2021). Acusan a AES Gener de evadir normativa ambiental para reconvertir termoeléctrica en planta desalinizadora en Quintero sin Estudio de Impacto Ambiental.

El Mostrador. Recuperado de https://www.elmostrador.cl/cultura/2021/06/16/acusan-a-aes-gener-de-evadir-normativa-ambiental-para-reconvertir-termoelectrica-en-quintero-sin-estudio-de-impacto-ambiental/

Aravena, S. (30 de noviembre de 2021). Primer parque solar con sistema de almacenamiento en base a baterías de litio tiene 65% de avance. *La Tercera*. Recuperado en https://www.latercera.com/pulso/noticia/primer-parque-solar-con-sistema-de-almacenamiento-en-base-a-baterias-de-litio-tiene-65-de-avance/AWSBNARVBJFTHA2V65O7M4JDL4/#:~:text=El%20primer%20parque%20solar%20con,en%20la%20Regi%C3%B3n%20de%20Antofagasta

Arnedo, A., y Yunes, K.M. (2015). *Fracking: extracción de gas y petróleo no convencional, y su impacto ambiental*. Recuperado de https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/32df2878-288a-450e-85ce-65e663970253/content

Asociación Gas Natural. (2020). *Uso del gas natural en generación eléctrica*. Recuperado de https://www.agnchile.cl/2020/10/uso-del-gas-natural-en-generacion-electrica/

Better y Metrogas. (s.f). *Guía ambiental sobre el gas natural para tu industria*. Recuperado de https://better.cl/assets/docs/Guia-Better-Metrogas.pdf

Bloomberg. (2022a). Mineros y fabricantes de baterías chinos se unen para asegurar litio ante fuerte incremento en los precios. *La Tercera*. Recuperado de https://www.latercera.com/pulso/noticia/mineros-y-fabricantes-de-baterias-chinos-se-unen-para-asegurar-litio-ante-fuerte-incremento-en-los-precios/BZHNCNXAUFBNRMET4GYPWNZCTQ/

Bloomberg. (2022b). Alto precio del litio es de las mayores preocupaciones para los fabricantes mundiales de baterías y autos eléctricos. *Emol*. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/04/23/1058816/alto-precio-litio.html

Boddenberg, S. (27 de enero de 2020). Chile: Explotación de litio deja sin agua a pobladores. *Deutsche Welle*. Recuperado de https://www.dw.com/es/chile-explotaci%C3%B3n-de-litio-deja-sin-agua-a-pobladores/a-52165228

Bond, T.C., Doherty, S.J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Berntsen, T., Deangelo, B.J., Flanner, M.G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., et al. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11), 5380-5552. doi: 10.1002/jgrd.50171

Boucher, O., Randall, D., Artaxo, P., Bretherton, C., Feingold, G., Forster, P., Kerminen, V-M., Kondo, Y., Liao, H., Lohmann, U., *et al*. (2013). Clouds and aerosols. En Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed), *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 571–658). Cambridge: Cambridge University Press.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2017). *Impacto Ambiental de Desalinización de Agua de Mar*. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/24441/2/Impacto%20Ambiental%20de%20Desalinizaci%C3%B3n%20de%20Agua%20de%20Mar.pdf

BNamericas. (2022a). *Mineras de Chile recurren al agua de mar en medio de menores leyes*. Recuperado de https://www.bnamericas.com/es/reportajes/mineras-de-chile-recurren-al-agua-de-mar-en-medio-de-menores-leyes#:~:text=En%202020%2C%20el%2073%25%20del,agua%20de%20mar%20o%20desalada).

BNamericas. (2022b). Bajo la lupa: el panorama del litio en Chile. Recuperado de https://www.bnamericas.com/es/reportajes/bajo-la-lupa-el-panorama-del-litio-en-chile

Cámara de Diputados. (2016). *Explotación del Litio en Chile "Interés particular vs Interés público"*. Recuperado en https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=58618&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION

Cámara de Diputados. (2020). Boletin N° 13196-12. Prohíbe la instalación y funcionamiento de centrales termoeléctircas a carbón en todo el país, a contar de la fecha que indica. Recuperado de https://www.camara.cl/verDOC.aspx?prmID=52775&prmTipo=FICHAPARLAMENTARIA&prmFICHATIPO=DIP&prmLOCAL=0

Casas, M. y Estuardo, M. (2021). *¿Por qué se dice que es el sueldo de Chile?* Recuperado de https://www.pauta.cl/factchecking/perro-de-caza/el-cobre-es-el-sueldo-de-chile-verdad-o-mito#:~:text=Pero%20solo%20la%20contribuci%C3%B3n%20del,11%2C2%25%20del%20PIB.

Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP). (2019). *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018*. Recuperado de https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2019/12/Informe-pais-estado-del-medio-ambiente-en-chile-2018.pdf

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2004). *La Biodiversidad y la minería.* Recuperado en https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/7032

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2009). *Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio*. Recuperado en https://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio_cochilco.PDF

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2017). *Análisis del proceso de evaluación ambiental de los proyectos mineros*. Recuperado en https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Analisis%20proceso%20de%20evaluaci%C3%B3n%20ambiental%20proyectos%20mineros.pdf

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2018). *Mercado internacional del litio y su potencial en Chile*. Recuperado en https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Informe%20Litio%209%2001%202019.pdf

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2020a). *Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2020-2031.* Recuperado de https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/2020%2012%2024%20Proyeccion%20agua%20mineria%20del%20cobre%202020-2031_v1.0.pdf

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2020b). *Oferta y demanda de litio hacia el 2030*. Recuperado en https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030.pdf

Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). (2020c). *Consumo de agua en la minería del cobre al 2019*. Recuperado de https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/2020%2010%2030%20Consumo%20de%20agua%20en%20la%20mineria%20del%20cobre%20al%202019_version%20final.pdf

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2021. *CONAF detecta actividad minera al interior de Parque Nacional Llanos de Challe*. Recuperado en https://www.conaf.cl/conaf-detecta-actividad-minera-al-interior-de-parque-nacional-llanos-de-challe/

Conexión Esan. (2019). El gas natural y su impacto ambiental en la actualidad. *Conexión Esan*. Recuperado de https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/01/el-gas-natural-y-su-impacto-ambiental-en-la-actualidad/

Cooperativa.cl. (04 de julio de 2022). Tres ciudades de Chile ya reciben gas natural a menor costo tras acuerdo con Argentina. *Cooperativa.cl*. Recuperado de https://www.msn.com/es-cl/noticias/chile/tres-ciudades-de-chile-ya-reciben-gas-natural-a-menor-costo-tras-acuerdo-con-argentina/ar-AAZce8K?ocid=msedgdhp&pc=U531&cvid=8f161f060c6a473fa4ac84ad43a16b79

Cooperativa.cl. (02 de noviembre de 2022). *Gobierno ingresará proyecto que crea la empresa nacional del litio a comienzos del 2023*. *Cooperativa.cl*. Recuperado de https://www.msn.com/es-cl/noticias/chile/gobierno-

Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama. (2020). *Informes Temáticos de Minería: Pequeña y Mediana Minería*. Recuperado de https://www.corproa.cl/wp-content/uploads/2020/11/Informes-Tematicos-de-Mineria-2-Comision-Pequena-y-Mediana-Mineria.pdf

Cortes, C. (2019). *El gas natural permitiría mitigar los graves problemas de contaminación ambiental*. Recuperado de https://www.revistaei.cl/2019/05/13/el-gas-natural-permitiria-mitigar-los-graves-problemas-de-contaminacion-ambiental/

Decreto Ley N° 1557. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 30 de septiembre de 1976.

Decreto N° 13. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 23 de junio de 2011.

Decreto N° 302. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 01 de abril de 1995.

Del Mar, M. (26 de agosto de 2021). Aes Gener desiste de desaladora en Quintero tras fallo de la Corte Suprema. *El Desconcierto*. Recuperado de https://www.eldesconcierto.cl/medio-ambiente-y-naturaleza/2021/08/26/aes-gener-desiste-de-desaladora-en-quintero-tras-fallo-de-la-corte-suprema.html

Diario Financiero (27 de junio de 2019. Comercio gasífero Chile-Argentina : Oportunidades y Retos. *Diario Financiero*. Recuperado de https://www.agnchile.cl/wp-content/uploads/2019/07/SUPLE-EKTA-27-06.pdf

Dini, M., y Stumpo, G. (2020). "*Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento", Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/75/ Rev.1)*, Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El Mostrador. (07 de julio de 2021). Ambientalistas destacan cierre anticipado de cuatro centrales a carbón y piden al Gobierno que los anuncios "no queden en la voluntariedad y sin fechas definidas".
El Mostrador. Recuperado de https://www.elmostrador.cl/dia/2021/07/07/ambientalistas-destacan-cierre-anticipado-de-cuatro-centrales-a-carbon-y-piden-al-gobierno-que-los-anuncios-no-queden-en-la-voluntariedad-y-sin-fechas-definidas/

Escalona, D. (2020). La negociación en los conflictos ambientales y su implicancia en el desarrollo local: caso de la comunidad aymara de cancosa. *Diálogo andino*, *61*, 81-91. doi: 10.4067/S0719-26812020000100081

Fundacion Gasco. (2022). *El mundo del gas. Gas natural*. Recuperado de http://www.gascoeduca.cl/Maqueta/gas_04.html

González, A. (13 de octubre de 2021). Chile renueva fuerte apuesta por el litio para recuperar mercado y lanza convocatoria para nuevos proyectos. *Emol*. Recuperado en https://www.emol.com/noticias/Economia/2021/10/13/1035295/chile-litio-llamado-internaiconal-produccion.html

Gutiérrez, G. (20 de octubre de 2021). Licitación del litio: una mala noticia para Chile. *La Tercera.* Recuperado de https://www.latercera.com/opinion/noticia/licitacion-del-litio-una-mala-noticia-para-chile/YP3CVTYFZBD63HFUHG7EBFNYXU/

Huneeus, N., Urquiza, A., Gayó, E., Osses, M., Arriagada, R., Valdés, M., Álamos, N., Amigo, C., Arrieta, D., Basoa, K., et al. (2020). *El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por MP2,5 en el centro y sur de Chile*. Recuperado de www.cr2.cl/contaminacion/

INODÚ. (2018). *INFORME FINAL - LICITACIÓN ID: 584105-9-LE18. ESTUDIO DE VARIABLES AMBIENTALES Y SOCIALES QUE DEBEN ABORDARSE PARA EL CIERRE O RECONVERSIÓN PROGRAMADA Y GRADUAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A CARBÓN*. Recuperado de https://energia.gob.cl/sites/default/files/12_2018_inodu_variables_ambientles_y_sociales.pdf

Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH). (2022). *Mapa de Conflictos Socioambientales en Chile*. Recuperado de https://mapaconflictos.indh.cl/#/

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2017). *Censo 2017*. Recuperado de http://www.censo2017.cl/

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería. (2021). *Pese a alza de renovables, el carbón representó 35% de la matriz en 2020*. Recuperado de https://isci.cl/covid19/pese-a-alza-de-renovables-el-carbon-represento-35-de-la-matriz-en-2020/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Summary for Policymakers. En Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R.,…Waterfield, T. (Eds.), *Global Warming of 1.5°C*. (pp. 3–24). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Comunicado de Prensa del IPCC. El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf

Kirrane E.F., Luben, T.J., Benson, A., Owens, E.O., Sacks, J.D., Dutton, S.J., Madden, M., Nichols, J.L. (2019). A systematic review of cardiovascular responses associated with ambient black carbon and fine particulate matter. *Environ International, 127*, 305-316. doi: 10.1016/j.envint.2019.02.027

Ley N° 16.319. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 23 de octubre de 1965.

Ley N° 18.248. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 14 de octubre de 1983.

Ley N° 19.300. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 09 de marzo de 1994.

Lía, A., y Yáñez, B. (23 de diciembre de 2022). El gas natural en la transición energética. *La Tercera*. Recuperado de https://www.msn.com/es-cl/noticias/otras/el-gas-natural-en-la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica/ar-AA15CnOX?ocid=winp1taskbar&cvid=067cdee42504455aad12d64d2cb1f034

Livingstone, G. (2019). Cómo la apuesta de Chile por el litio está desatando una disputa por el agua en Atacama. *BBC News Mundo*. Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-49394020

Lozano, D. (14 de diciembre de 2021). Las dictaduras de la región motorizaron en La Habana la cumbre del ALBA para desafiar a Biden. *La Nación* Recuperado de https://es-us.noticias.yahoo.com/dictaduras-regi%c3%b3n-motorizaron-habana-cumbre-221215096.html?guccounter=1

McGrath, M. (14 de noviembre de 2021). COP26: los avances (y las sombras) que deja el nuevo acuerdo mundial por el cambio climático. *BBC News Mundo*. Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-59278657

Meller, P., y Meller, A. (2021). *La Empresa Nacional de Minería (ENAMI) de Chile. Modelo y buenas prácticas para promover la sostenibilidad de la minería pequeña y artesanal en la región andina*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46920/1/S2100207_es.pdf

Minería Chilena. (13 de octubre de 2021). Las exigencias y beneficios de la convocatoria que busca potenciar la producción de litio en Chile y atraer nuevos operadores. *Minería Chilena*. Recuperado en https://www.mch.cl/2021/10/13/las-exigencias-y-beneficios-de-la-convocatoria-del-ministerio-de-mineria-que-busca-potenciar-la-produccion-de-litio-y-atraer-nuevos-operadores/#

Minería verde: ¿Cómo los recursos naturales pueden responder a la crisis climática? (03 de diciembre de 2022). *La Tercera*. Recuperado de https://www.msn.com/es-cl/noticias/ciencia/miner%C3%ADa-verde-c%C3%B3mo-los-recursos-naturales-pueden-responder-a-la-crisis-clim%C3%A1tica/ar-AA14RL28?ocid=winp1taskbar&cvid=8f38c976b9d84170af3bd2f85445ea82

Ministerio de Desarrollo Social y Familiar. (2017). *Pueblos indígenas. Síntesis de resultados*. Recuperado de http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2017/Casen_2017_Pueblos_Indigenas.pdf

Ministerio de Energía. (2019). *Gobierno anuncia la salida ocho centrales a carbón en 5 años y la meta de retiro total al 2040*. Recuperado de https://energia.gob.cl/noticias/nacional/gobierno-anuncia-la-salida-ocho-centrales-carbon-en-5-anos-y-la-meta-de-retiro-total-al-2040

Ministerio de Energía. (2020). *Plan de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón*. Recuperado de: https://energia.gob.cl/sites/default/files/plan_de_retiro_y_o_reconversion_centrales_carbon.pdf

Ministerio de Energia. (2021). *Ministerio de Energía anuncia histórico cierre adelantado de centrales a carbón*. Recuperado de https://energia.gob.cl/noticias/los-lagos/ministerio-de-energia-anuncia-historico-cierre-adelantado-de-centrales-carbon

Ministerio de Obras Públicas. (2016). *Atlas del Agua 2016*. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte1-17marzo2016b.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2021). Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente. Recuperado de https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/REMA2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2021b). *Cuarta Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Santiago, Chile. Recuperado de https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Compilado-V3.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2022). *Información de Interés. Inventario de Emisiones*. Recuperado de https://cambioclimatico.mma.gob.cl/informacion-de-interes/

Munita, I. (10 de julio de 2022). *"Cobre verde": Expertos abordan su importancia para mercados internacionales y las metas fijadas por Codelco para impulsarlo*. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/07/10/1066448/expertos-cobre-verde-medidas-codelco.html

Muñoz, R. (2016). Litio en Chile.: rol de la Comisión Chilena de Energía Nuclear. Recuperado de https://www.cchen.cl/transparencia/transparencia_2017/RespuestasSolicitudes/2017/Acto%20Adm%20N%20AU003T0000112/Anexo%20letra%20a-AU003T0000112-J%20Molina-Presentacion.pdf

Nogales, D. (24 de noviembre de 2022). El "oro blanco" de Chile: valor de las exportaciones de litio creció más de nueve veces al tercer trimestre. *La Tercera*. Recuperado en https://www.latercera.com/pulso-pm/noticia/el-oro-blanco-de-chile-valor-de-las-exportaciones-de-litio-crecio-mas-de-nueve-veces-al-tercer-trimestre/T4IWLSB3PFDVPGRIX7LAEMZLHA/#:~:text=Con%20este%20resultado%2C%20el%20valor,relaci%C3%B3n%20al%20mismo%20periodo%202021

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. (2022). *Conflicto Minero: Explotaciones del litio amenazan el Salar de Atacama*. Recuperado de https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/967

Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. (1997). *Impactos ambientales de la minería metálica en chile (cobre y oro)*. Santiago, Chile.

Osses, L. (20 de enero de 2021). Chile 2022: el litio y la era de un nuevo Código de Minería. Minería Chilena. Recuperado en https://www.mch.cl/columnas/chile-2022-el-litio-y-la-era-de-un-nuevo-codigo-de-mineria/#

Peña, S., y Araya, P. (2021). *Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente*, *Revista Facultad de Derecho*, (50), 1-29.

Pérez-Cueto, C. (11 de junio de 2014). Presidenta Bachelet firmó decreto que crea la Comisión Nacional del Litio. *La Tercera.* Recuperado de https://www.latercera.com/noticia/presidenta-bachelet-firmo-decreto-que-crea-la-comision-nacional-del-litio/

Pérez de Arce, G. (2019). *Pasivos Ambientales Mineros en Chile: Lineamientos para priorización y remediación*. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/11._grecia_perez_caso_pams_chile_.pdf

Poveda, R. (2020). *Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45683/2/S2000204_es.pdf

Ramos, M. (2010). *Minas abandonadas: una amenaza letal para miles de chilenos*. Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2010/10/26/minas-abandonadas-una-amenaza-letal-para-miles-de-chilenos/

Ramsar. (2022). *Servicio de Información sobre Sitios Ramsar*. Recuperado en https://rsis.ramsar.org/es/ris-search/?language=es&f%20[0]=regionCountry_es_ss%3AChile

Retamal, J. (2015). Labor minera y protección del medio ambiente: criterios para una redefinición. *Revista de derecho (Coquimbo)*, *22*(1), 507-528. doi: 10.4067/S0718-97532015000100013

Riquelme, J. (27 de noviembre de 2021). Los objetivos y desafíos de la Asociación de Municipalidades por el "gas a precio justo" La integran más de 150 alcaldes del país . *Emol*. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2021/11/27/1039662/alcaldes-crean-asociacion-por-gas.html

Romero, M. (11 de junio de 2022). Argentina ofrece a Chile multiplicar por diez sus envíos de gas natural: "Va a beneficiar a Concepción, Chillán, Los Ángeles". *Emol*. Recuperado de https://www.msn.com/es-cl/noticias/otras/argentina-ofrece-a-chile-multiplicar-por-diez-sus-env%C3%ADos-de-gas-natural/ar-AAYlWWc?rc=1&ocid=winp1taskbar&cvid=266b8bce8f3c4fc1ce003d14bb260d14

Romero Toledo, H., Videla, A., & Gutiérrez, F. (2017). Explorando conflictos entre comunidades indígenas y la industria minera en Chile: Las transformaciones socioambientales de la región de Tarapacá y el caso de Lagunillas. *Estudios atacameños*, *55*, 231-250. doi: 10.4067/S0718-10432017005000019

Romero-Toledo, H. (2019). Extractivismo en Chile: La producción del territorio minero y las luchas del pueblo aimara en el Norte Grande. *Colombia Internacional*, *98*, 3-30. doi: 10.7440/colombiaint98.2019.01

Rowe, P.M., Cordero, R.R., Warren, S.G., Stewart, E., Doherty, S.J., Pankow, A., Schrempf, M., Casassa, G., Carrasco, J., Pizarro, J. *et al*. (2019). Black carbon and other light-absorbing impurities in snow in the Chilean Andes. Scientific Reports, *9*(1): 4008. doi: 10.1038/ s41598-019-39312-0

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar, 6ª edición*. Recuperado en https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pd

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2020). Anuario de la Minería de Chile. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_de_%20la%20Mineria_de_Chile_2020_290621.pdf

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2021). *Anuario de la Minería de Chile*. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/pdf/Anuario_de_la_mineria_de_chile_2021_v_30062022.pdf

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2022a). Datos Públicos Depósito de Relaves. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2022b). *Cierre Faenas Mineras*. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/cierre-faenas-mineras/

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2022c). *Investigación de Faenas Abandonadas*. Recuperado de https://www.sernageomin.cl/investigacion-de-faenas-abandonadas/

Statista. (2022). *Participación del PIB de la industria minera en Chile 2010-2021*. Recuperado de https://es.statista.com/estadisticas/1284650/participacion-del-pib-de-la-industria-minera-en-chile/

Valencia, J. (16 de diciembre de 2022). Acuerdo entre Chile y la UE: el papel del litio y los esfuerzos para sellarlo en 2023. *BioBioChile*. Recuperado de https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/chile/2022/12/16/acuerdo-entre-chile-y-la-ue-el-papel-del-litio-y-los-esfuerzos-para-sellarlo-en-2023.shtml

Vergara-Blanco, A. (1992). Constitucionalidad de la facultad de catar y cavar en suelo ajeno por quien no es aún concesionario minero. *Revista de Derecho de Minas y Aguas, (3)*, 193-196.

WHO. (2018). *World Health Statistics 2018: Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. Recuperado de https://www.who.int/docs/default-source/gho-documents/world-health-statistic-reports/6-june-18108-worldhealth-statistics-2018.pdf

World Resources Institute. (2022). *Aqueduct Water Risk Atlas*. Recuperado de https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=-35.10193405724606&lng=-93.33984375000001&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3

Yáñez, C., Fissore, A., y Leiva, A. (2019). *Informe final de usos de la energía de los hogares Chile 2018*. Recuperado de https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf

Yáñez, N. y Molina, R. (2008). *La gran minería y los derechos indígenas en el norte de Chile*. Santiago, Chile: LOM Ediciones.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

ASENTAMIENTOS HUMANOS



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

ASENTAMIENTOS HUMANOS

Autores:
René Saa Vidal (1)
Gerardo Ubilla Bravo (Cambio climático) (2)
Valentina Rodríguez Seguel (Cambio climático) (3)

Asistentes de investigación:
Cristóbal Lepe Crocco (4)
Luis Felipe Prunés Fuenzalida (4)
Francisca Arriaza Adasme (4)

(1) Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Profesor asistente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(3) Estudiante de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(4) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 8. ASENTAMIENTOS HUMANOS
René Saa Vidal, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas. **Gerardo Ubilla Bravo**, Universidad de Chile-Facultad de Ciencias Agronómicas. **Valentina Rodríguez Seguel**, Universidad de Chile-Facultad de Ciencias Agronómicas. Asistentes de investigación: **Cristóbal Lepe Crocco, Luis Felipe Prunés Fuenzalida y Francisca Arriaza Adame**.

Financiamiento asociado al acápite de cambio climático: U-Inicia VID 2021. Proyecto código UI-002/21

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

8. ASENTAMIENTOS HUMANOS **9**

8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS EN CHILE 1992 A 2021 *9*

8.1.1. El sistema de asentamientos 9

8.1.2. La dinámica de crecimiento y decrecimiento de las ciudades 17

8.1.3. Las parcelas de agrado (PA) 21

8.1.4. Dinámica de la Población 29

8.1.5. Evolución del impacto ambiental asociado a la expansión de las ciudades en el territorio 37

8.1.6. El cambio climático en los asentamientos humanos 40

8.2. CALIDAD DE VIDA Y MEDIO AMBIENTE URBANO *67*

8.2.1. Calidad de Vida Urbana 67

8.2.3. Seguridad Pública 82

8.3. CALIDAD AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS *95*

8.3.1. Los Servicios Básicos 95

8.3.2. Generación de Residuos sólidos 118

8.4. RESPUESTAS E INICIATIVAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS *136*

8.4.1. Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental 136

8.5. BIBLIOGRAFÍA *156*

8.6. ANEXOS *178*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

René Saa, Hernán Durán, Federico Arenas, Rodrigo Hidalgo.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile" destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes

señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

8. ASENTAMIENTOS HUMANOS

Autores: René Saa Vidal[1]. Gerardo Ubilla Bravo[2] (Cambio climático) Valentina Rodríguez Seguel[3] (Cambio climático)

Asistentes de investigación: Cristóbal Lepe Crocco[4], Luis Felipe Prunés Fuenzalida[4] y Francisca Arriaza Adasme[4].

8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS EN CHILE. 1992 A 2021

8.1.1. El sistema de asentamientos

La población de Chile, para el período de referencia, ha sido analizada a partir de la información entregada por los censos de población y vivienda de los años 1992 al 2017. Para el período 2017 al 2021 se ha utilizado las proyecciones de población realizadas por el INE, teniendo como referencia básica al 2017 la población de los asentamientos humanos indicada en la publicación del INE Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos del año 2019. La información analizada refuerza la tendencia ya observada entre los censos de 2002 y 2017 con un envejecimiento de la población, una migración de la población rural a centros poblados con servicios de salud, educación, vivienda, alcantarillado, agua potable, electricidad y mejores medios de comunicación.

Los censos de población y vivienda clasifican los asentamientos humanos en razón del total de su población y en algunos casos por las funciones de su población. La clasificación de un centro poblado como ciudad, según el censo de 2017, se hace por su población o por su rol como capital de provincia, independiente que su población es menor a la estipulada como requisito para ser considerada ciudad.

Las categorías de asentamientos humanos, de acuerdo con el INE, son: caseríos, aldeas, pueblos y ciudad. Los Caseríos son aquellos asentamientos rurales dispersos en el territorio nacional, que, según el INE, tienen nombre propio con un mínimo de 3 viviendas cercanas entre sí y con menos de 301 habitantes. La categoría Aldea “es un asentamiento humano concentrado con una población que

[1] Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.
[2] Profesor asistente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
[3] Estudiante de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
[4] Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

fluctúa entre 301 y 1.000 habitantes, excepcionalmente se asimilan a aldeas, los centros de turismo y recreación entre 75 a 250 viviendas concentradas, que no alcanzan el requisito para ser considerado como pueblos".[5] La categoría Pueblo, según el INE, es una entidad urbana con una población de 2.000 a y 5.000 habitantes: también puede ser clasificada como Pueblo si su población entre 1.001 y 2.000 habitantes en un más del 50 % desarrolla una actividad económica clasificada como secundaria. También están en esta categoría de Pueblo aquellos asentamientos humanos relacionados con funciones de turismo y recreación con más de 250 viviendas concentradas.

De acuerdo con los censos de 1992, 2002,2017 y las proyecciones de población al 2021 las tres categorías de asentamientos se han comportado como se indica en el **Cuadro 8.1**.

Cuadro 8.1. Total de Caseríos, Aldeas y Pueblos y su población según censos 1992-2017 y proyección a 2021.

Rango de asentamientos	CENSO 1992		CENSO 2002		CENSO 2017		ESTIMACIÓN 2021	
	Número de asentamientos	Población por categoría	Número de asentamientos	Población por categoría	Número de asentamientos	Población por categoría	Número de asentamientos	Población por categoría
Caseríos	0	0	4.449	371.245	3.670	407.239	3.667	443.594
Aldeas	22	22.924	977	518.766	727	372.116	727	413.111
Pueblos	25	95.439	271	929.945	556	606.420	290	655.584
Total	**47**	**118.363**	**5.697**	**1.819.956**	**4.953**	**1.385.775**	**4.684**	**1.512.289**

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE, Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos. Censos 1992, 2002 y 2017. Proyecciones 2021.

El censo de 1992 se bien registró a los caseríos no los reportó como en las siguientes publicaciones. Entre los censos de 2017 y la proyección al 2021, los caseríos se mantienen en un rango de 3.600, pero con un aumento de su población. Por otra parte, las aldeas si bien no incrementan en su número si presentan un crecimiento en población. Finalmente, la categoría de pueblos disminuye, al parecer porqué un número significativo de los identificados en el 2017 al crecer su población, según la proyección, pasaron otra categoría.

En general los datos reflejan que en las tres categorías de asentamientos al 2021 se detecta un incremento de población.

Las ciudades vistas en esta perspectiva de varios años y según sus categorías de tamaño incrementan en su número (**Ver Cuadro 8.2**), en especial a partir del tamaño sobre 10 mil habitantes y hay una leve disminución en las ciudades de rangos de 2.000 a 10.000 habitantes. Según el **Cuadro 8.2** un monto significativo

[5] INE Ciudades, Aldeas, Pueblos, Caseríos.

de la población chilena reside en asentamientos humanos denominados ciudades, con un total estimado al 2021 de 17.104.168 habitantes. Esta cifra presenta un crecimiento de las ciudades respecto del censo del 2017, a pesar de una disminución en su número. Se observa un crecimiento de la población en las ciudades mayores a 50.000 habitantes y, por primera vez hay dos ciudades con más de un millón de habitantes: El Gran Valparaíso y la ciudad de Santiago.

El conjunto de ciudades crece entre 2017 al 2021, en acerca a los dos millones de personas, un crecimiento en el periodo del 11,4 %, que señala que la población de Chile crece preferentemente en las grandes ciudades.

Cuadro 8.2. Ciudades clasificadas por su tamaño. Censos de población 1992, 2002, 2017 y proyecciones de población al 2021.

Rango de ciudades	CENSO 1992		CENSO 2002		CENSO 2017		ESTIMACIÓN 2021	
	Número de asentamientos	Población	Número de asentamientos	Población	Número de asentamientos	Población	Número de asentamientos	Población
De 2.000 a 4.990	26	98.662	10	21.416	14	28.644	7	18.979
De 5.000 a 9.999	58	420.290	70	500.632	81	587.639	74	555.077
De 10.000 a 19.999	91	1.290.930	47	667.294	54	784.981	30	715.173
De 20.000 a 49.999	64	1.994.541	31	1.062.884	42	1.340.485	47	1.535.021
De 50.000 a 99.999	11	809.592	12	828.525	12	857.355	22	1.706.682
De 100.000 a 499.999	16	2.279.110	14	2.326.143	19	3.359.971	21	3.968.638
De 500.000 a 999.999	2	1.417.809	2	1.419.084	2	1.655.474	1	683.222
Más de 1.000.000	1	4.770.995	1	5.457.542	1	6.526.316	2	7.921.376
Total	**269**	**13.081.929**	**187**	**12.283.520**	**225**	**15.140.865**	**204**	**17.104.168**

Fuente: INE, Censos de población 1992, 2002, 2017 y proyecciones de población al 2021.

8.1.1.1. La urbanización

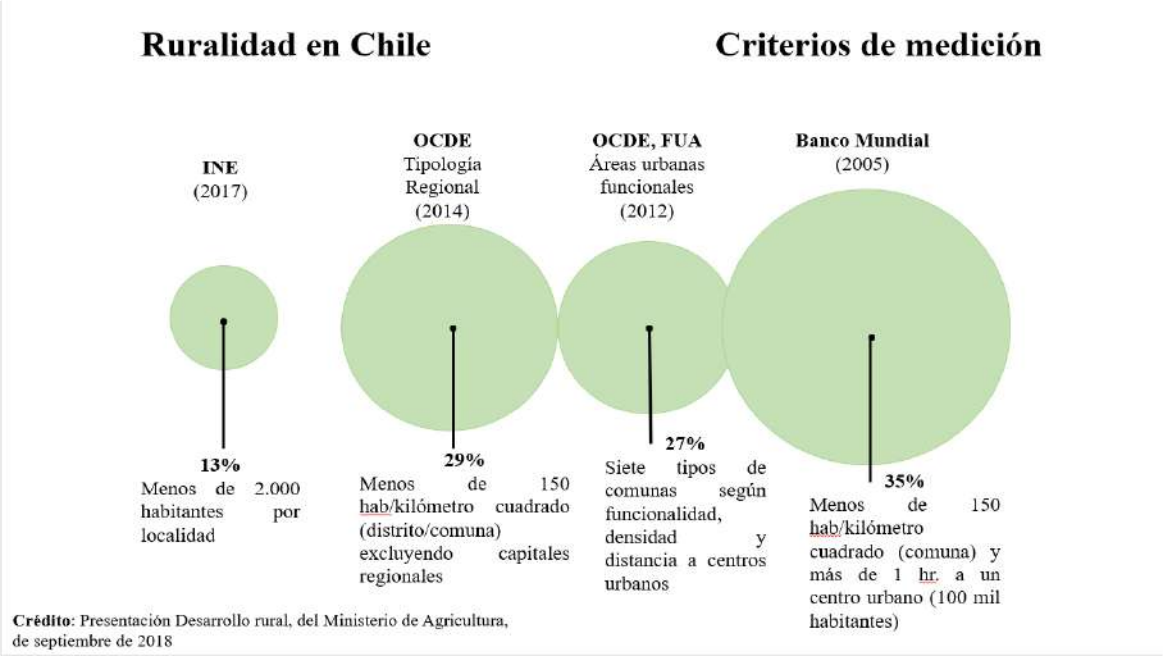
La población de Chile ha experimentado un continuo proceso de urbanización, su población ha migrado de los espacios rurales a los asentamientos humanos que disponen de mejores servicios de seguridad, agua potable, alcantarillado, comunicaciones, educación y especialmente fuentes de trabajo. El país en el año 1907 tenía una tasa de urbanización del 43,7 %, al año 1952 la tasa llega al 60,2 %, al inicio de la década de 1960's alcanza a cifras cercanas al 70% de urbanización, para remontarse el año 1992 al 84 % y según el censo de 2017 al 87,8 %.

Estas extraordinarias cifras de población urbana, según los censos de población, han llamado la atención de las instituciones que intervienen en temas del campo y lo rural, al igual que instituciones internacionales como el Banco Mundial y la OCDE. De acuerdo con Investigaciones realizadas por estas instituciones y el

Ministerio de Agricultura, muestran una diferenciación en la clasificación establecida por los Censos de Población. Así, la Política Nacional de Desarrollo Rural (PNDR) propone un sistema para clasificar las comunas y su población en rural, mixta o urbana. Las comunas predominantemente rurales son aquellas cuya densidad poblacional es inferior a 150 (hab/km^2) con una población máxima de 50.000 hab. De acuerdo a esta clasificación, 185 comunas del país de las 345 están en esta categoría. La comuna mixta se define a aquellas que tienen entre un 25% y un 49 % de su población residiendo en distritos censales con una densidad menor a 150 hab/km^2. De las 345 comunas en el país, 241 clasifican como rurales (ODEPA/OECD, 2018)

La **Figura 8.1** refleja los resultados de los estudios sobre ruralidad, según las fuentes analizadas, la población rural varía de un 13 % según el INE a un 29 % o 27 % de acuerdo con la OCDE, y según el Banco Mundial la población rural de Chile sería del 35 %.

Figura 8.1. Ruralidad en Chile.



Fuente: Ministerio de Agricultura, 2018.

Este proceso intenso de población residiendo en ciudades, ha conducido a que las misma requieran más espacio de territorio para la construcción de viviendas o actividades industriales, afectando superficies significativas de suelos de vocación agrícola y ganadera en los alrededores de las ciudades.

Además, en el espacio rural, debido a un mejoramiento de la red de carreteras y a la legislación que permitió la subdivisión de predios agrícolas en parcelas de 5.000 metros cuadrados, ha inducido que no sólo crezcan las ciudades con su típica mancha urbana, sino que surja un nuevo fenómeno de ocupación; las parcelas de agrado y con ello el fenómeno del periurbano.

Según CONAF en sus los levantamientos del Catastro de Recursos Vegetales Nativos de Chile, la superficie clasificada como urbana/industrial al año1999 fue de 182.184 has. en el año 2011 se incrementó a 248.003 has y al 2017 la superficie en esta categoría alcanzó a 387.770 has. Según el reporte de CONAF a noviembre del 2021, las áreas urbanas e industriales alcanzaba en todo el país a 796.720 has[6] que representan el 1,1 % de la superficie de Chile continental. Posiblemente en este total están incorporada la superficie de parcelas de agrado. Esta cifra parece ser muy alta, comparada con las que entrega el MINVU en su estudio (2021) "Dinámica de Crecimiento Urbano de las Ciudades Chilenas: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio", del cual se ha copiado el **Cuadro 8.3**, que compara el crecimiento acumulado en hectáreas de las ciudades entre 1993 y el 2020, periodo en el cual las ciudades ocuparon cerca de 94.000 has., cercanas al doble de lo observado en 1993. Esta menor cifra reportada por el MINVU respecto a la entregada por CONAF se explica porque solo registra la superficie urbanizada al interior del límite urbano.

Cuadro 8.3. Crecimiento acumulado a nivel regional.

Región	Año de medición				Tasa Bruta Crecimiento 1993 - 2020 (Ha)	% Crecimiento Bruto 1993 - 2020	Tasa de Crecimiento Urbano 1993 - 2020
	1993	2002	2011	2020			
Tarapacá	1.443	2771	3.144	3.531	2.088	144,7%	3,4%
Antofagasta	3.430	4855	5.978	6.637	3.207	93,5%	2,5%
Atacama	1.412	2632	3.280	3.408	1.996	141,4%	3,3%
Coquimbo	3.023	5852	6.889	8.712	5.689	188,2%	4,0%
Valparaíso	13.590	20398	22.597	23.910	10.321	75,9%	2,1%
Libertador General Bernardo O'Higgins	2.554	4391	5.921	6.896	4.342	170,0%	3,7%
Maule	3.633	6043	7.196	9.610	5.977	164,5%	3,7%
Biobío	8.321	12743	14.781	17.733	9.413	113,1%	2,8%
La Araucanía	2.633	3990	4.987	5.637	3.004	114,1%	2,9%
Los Lagos	2.841	4555	5.612	8.122	5.281	185,9%	4,0%
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	748	1247	1.399	1.430	682	91,1%	2,4%
Magallanes y de la	1.695	2718	3.081	3.509	1.814	107,1%	2,7%

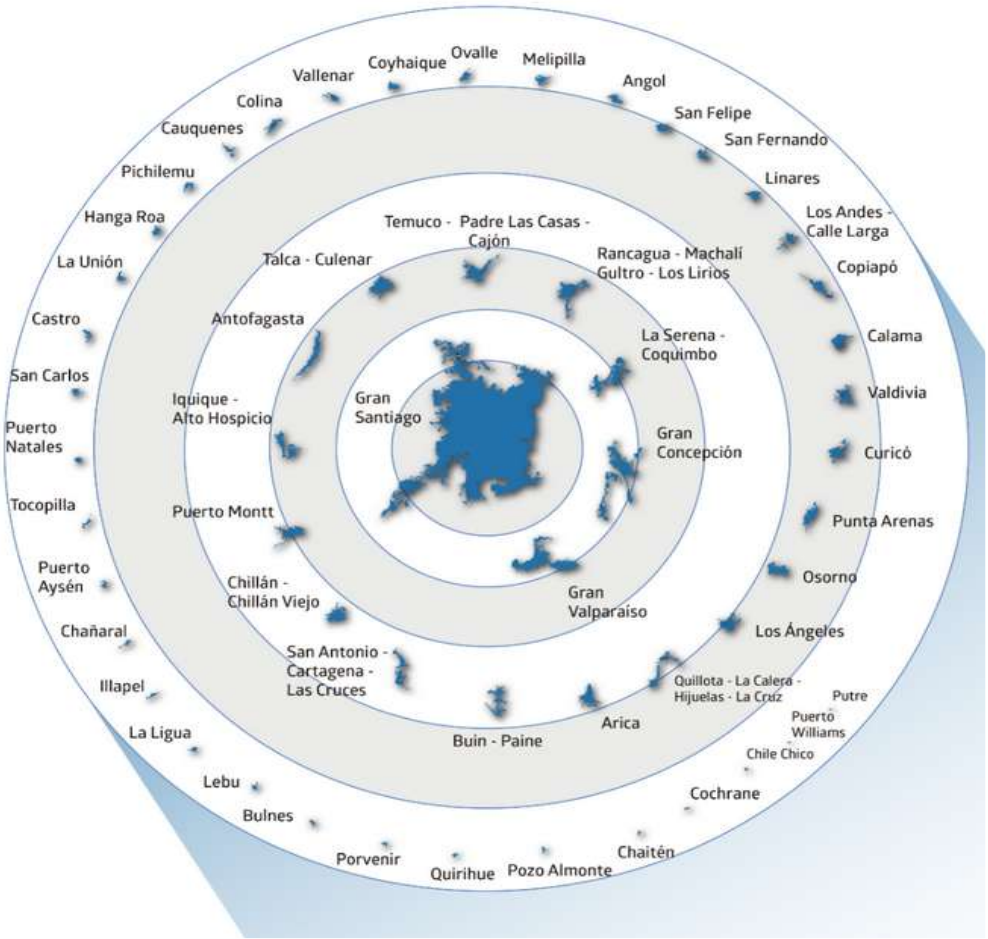
[6] CONAF. Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile: actualizaciones al año 2020.

Antártica Chilena							
Metropolitana de Santiago	52.570	65917	73.859	87.473	34.902	66,4%	1,9%
Los Ríos	1.589	2260	2.759	3.425	1.836	115,5%	2,9%
Arica y Parinacota	1.550	2151	2.442	2.961	1.411	91,0%	2,4%
Ñuble	2.063	3192	3.655	3.983	1.920	93,1%	2,5%
Total	103.095	145715	167.581	196.977	93.882	91,1%	2,4%

Este fenómeno continuo de extensión de las ciudades impactando su entorno, preocupa a los encargados de planificar el territorio, en especial al MINVU, que junto con el INE han desarrollado una "Metodología para Medir el Crecimiento Físico de los Asentamientos Humanos en Chile: Años 2002-2006-2011-2017".

Las **Figura 8.2** tomada del documento mencionado anteriormente muestran la jerarquía de los asentamientos humanos en Chile con el rol preponderante de Santiago respecto del resto.

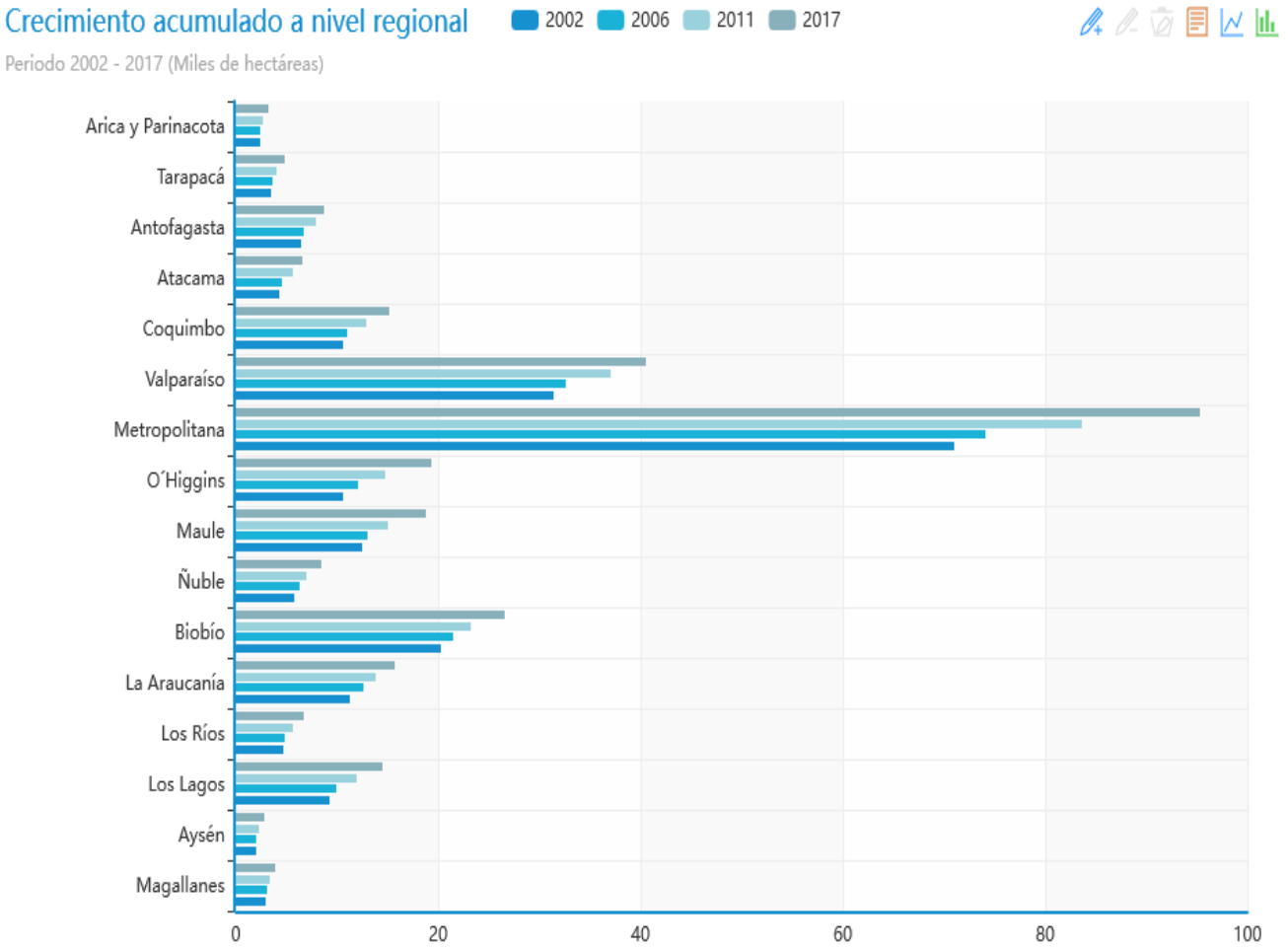
Figura 8.2. Jerarquía de Asentamientos Humanos en Chile según superficie, año 2017.



Fuente: INE, MINVU. Metodología para Medir el Crecimiento Físico de los Asentamientos Humanos en Chile: Años 2002-2006-2011-2017.

Si a lo anterior agregamos el crecimiento acumulado en superficie de las regiones. La región Metropolitana de Santiago (RMS) acumula la mayor superficie de suelos urbanizados. Este crecimiento se presenta en la **Figura 8.3**.

Figura 8.3. Crecimiento acumulado a nivel regional.



Fuente: INE, MINVU. Metodología para Medir el Crecimiento Físico de los Asentamientos Humanos en Chile: Años 2002-2006-2011-2017.

8.1.1.2. Impacto del crecimiento urbano en el territorio y en el medio ambiente

El urbanizar consiste en realizar las obras contempladas en el artículo 134 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. “El urbanizador debe realizar a su costa el pavimento de las calles y pasajes, las plantaciones y obras de ornato, las instalaciones sanitarias y energéticas, con sus obras de alimentación y desagües de aguas servidas y de aguas lluvias, y las obras de defensa y de servicio del terreno. Actividades asociadas que generan una carga en el medio ambiente modificando sustancialmente el paisaje rural.”

En Chile el proceso urbanizador muestra que las ciudades al crecer incorporan asentamientos menores a su espacio territorial, extendiendo la mancha urbana de terreno pavimentado, limitando seriamente la percolación de las aguas de lluvia, afectando al medio ambiente rural, eliminando vegetación, utilizando suelo originalmente dedicado la producción de alimentos y otros fenómenos asociados. Con el pasar de los años tenemos menos ciudades pequeñas e intermedias, como se observa al comparar el total de ciudades en el censo de 1992 con las del censo del 2017, pasamos de un total de 303 a 222 según la **Figura 8.4** y **Cuadro 8.4**.

Entre los años 2017 y 2021 la población asociada a las ciudades creció notablemente. El 60.9 % de las ciudades del país siguen estando localizadas en el Chile Central con un total 12.034.822 habitantes, equivalente al 75,3 % de la población total del país que residen en centros urbanos. Por otra parte, el extremo sur pasa de 5 a 7 ciudades con un total de 217.320 en el 2017 a 229.485 habitantes. Por otra parte, se observa un crecimiento de la población urbana en las ciudades del centro sur del país.

Figura 8.4. Número de ciudades por región, según censos 1992, 2022 y 2017 y estimación a 2021.

Fuente: INE, Censos de población.

Cuadro 8.4. Ciudades y población por grandes regiones. Censos de población y proyecciones.

Grandes Regiones	Región	Número de ciudades		Número de ciudades		Número de ciudades		Número de ciudades	
		Censo 1992	Población	Censo 2002	Población	Censo 2017	Población	Censo 2021	Población
Norte Grande	Arica y Parinacota					1	203.847	2	230.539
	Tarapacá	5	332.770	4	395.140	3	302.345	3	363.536
	Antofagasta	7	408.856	8	466.058	6	559.677	6	659.917
Norte Chico	Atacama	9	230.873	8	216.034	8	252.905	8	280.438
	Coquimbo	15	504.387	11	441.869	13	519.137	13	654.055
Chile Central	Valparaíso	36	1.385.210	32	1.305.237	39	1.593.016	37	1.886.106
	Metropolitana	48	5.234.150	53	5.848.359	18	7.136.745	18	7.216.699
	O´Higgins	33	696.369	21	464.149	27	579.542	26	656.788
	Maule	30	853.459	15	529.934	19	680.674	19	748.561
	Ñuble					9	285.211	9	307.683
	Biobío	38	1.569.284	30	1.067.324	27	1.311.096	25	1.218.985
Sur	Araucanía	25	449.294	19	513.282	21	600.852	22	642.022
	Los Ríos					9	250.990	9	266.999
	Los Lagos	48	1.151.167	28	672.748	17	555.935	16	604.835
Extremo Sur	Aysén	6	77.265	2	61.786	2	73.026	4	77.351
	Magallanes	3	136.045	2	132.983	3	144.294	3	162.134
Total		**303**	**13.029.129**	**233**	**12.114.903**	**222**	**15.049.292**	**220**	**15.976.648**

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE, 2021.

8.1.2. La dinámica de crecimiento y decrecimiento de las ciudades

En este listado están todas las ciudades clasificadas como tal según el INE, a las cuales se les ha calculado su crecimiento o decrecimiento según la tasa calculada entre la población registrada en el censo del 2017 la proyección al año 2021. En el anexo se entrega un listado completo de las ciudades según sus rangos de crecimiento o decrecimiento.

8.1.2.1. Las ciudades de crecimiento medio alto

Las ciudades con crecimiento alto están en el rango de tasas entre el 11 al 20 % en el periodo 2017 al 2021. En total se detectaron 25 ciudades de las cuales 9 son ciudades o asentamientos urbanos de la Región Metropolitana, también en esta categoría está el Gran Santiago con su capital regional, además 3 capitales regionales: Arica, Iquique y Antofagasta, lo que indica la fortaleza en crecimiento en población en el norte del país. Dos ciudades son a la vez capitales provinciales y fuera de las capitales regionales, el resto de las ciudades con este crecimiento se localizan en el Chile Central, especialmente en la franja costera, como se muestra en el **Cuadro 8.5**. El crecimiento más alto lo presentan los asentamientos urbanos

localizados a norte de la capital nacional con 18 al 20 %: Colina, Chicureo Chamicero, Lampa y Batuco.

Cuadro 8.5. Ciudades con crecimiento medio-alto.

Ciudad	Población 2017	Tasa de crecimiento	Población 2021
Tongoy	5552	11%	6233
Quintero	26247	11%	29187
La Cruz	19408	11%	21976
Cartagena	20792	11%	23064
El Quisco	14769	11%	16370
Quilpué	147991	11%	162869
Villa Alemana	125140	11%	138258
Machalí	48667	11%	55486
San Pedro de la Paz	131521	11%	145952
Total Gran Santiago	6157664	12%	749820
Buin	65607	14%	73313
Alto Jahuel	7000	14%	7822
Peñaflor	82959	14%	92235
Arica	202131	15%	224106
Iquique	188003	16%	217149
Alto Hospicio	105065	16%	124748
Antofagasta	348517	16%	405005
Maule	7039	16%	8156
Culenar	30278	16%	35081
Colina	88858	18%	104081
Chicureo	10975	18%	12855
Chamisero	7747	18%	9074
Lampa	37599	18%	44256
Batuco	16784	19%	19756
Chicauma	1764	20%	2076
Capital regional			
Capital provincial			

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE Censos de Población 2017 y proyecciones al 2021.

8.1.2.2 Las ciudades de crecimiento medio bajo

Un número significativo de la población del país reside en ciudades con este nivel de crecimiento con tasas del 6 al 10 %. En total 88 ciudades están en esta categoría, representando a casi todas las regiones del país. Un total de 9 ciudades están localizadas en la Región Metropolitana. Siete ciudades en esta categoría son capitales regionales: Rancagua, Coihaique, Punta Arenas, Valdivia, Chillán, Copiapó y La Serena y 9 ciudades son capitales de provincia que se indican en él **Cuadro 8.6**. En el **Anexo 8.1** está el listado de todas las ciudades clasificadas en esta categoría.

Cuadro 8.6. Ciudades con crecimiento medio-bajo.

Ciudad	Población 2017	Tasa de crecimiento	Población 2021
Calera	47072	6%	49755
Nogales	8889	6%	9350
El Melón	9808	6%	10317
San Antonio	86239	6%	91255
Algarrobo	9062	6%	9812
Mirasol- El Yeco	1818	6%	1968
El Tabo	6982	6%	7573
Las Cruces	5490	6%	5955
Santo Domingo	6147	6%	6501
San Felipe	64120	6%	69349
Llaillay	17934	6%	18987
Santa María	7671	6%	8058
Villa Los Almendros	423	6%	444
Limache	39002	6%	41838
Olmué	11996	6%	12865
Rancagua	231370	6%	253171
Coltauco	5461	6%	5738
Doñihue	48	6%	50
Doñihue	7401	6%	7927
Lo Miranda	9000	6%	9640
Graneros	28679	6%	31125
San Francisco de Mostazal	12719	6%	13636
La Punta	6990	6%	7494
Gultro	5423	6%	5706
Rengo	37721	6%	40235
Requínoa	10539	7%	11094
Los Lirios	4569	7%	4810
Pichilemu	12776	7%	13742
San Fernando	58367	7%	61775
Santa Cruz	22681	7%	23885
Talca	206069	7%	220953
Constitución	34022	7%	36427
Cauquenes	32135	7%	34402
Curicó	125275	7%	136441
Molina	37189	7%	39846
Linares	73602	7%	78573
Parral	30767	7%	32394
San Javier	29017	7%	30863
Concepción	217537	7%	231011
Coronel	112057	7%	121058
Chiguayante	85633	7%	90777
Hualqui	19643	7%	20943
Penco	46718	7%	49132
Santa Juana	9549	7%	10030
Tomé	42312	7%	44857
Hualpén	90704	7%	96017
Lebu	20961	7%	22102
Los Álamos	15244	7%	16210
Los Ángeles	143023	7%	151614
Cabrero	14978	7%	15810
Monte Águila	6574	7%	6939
Nacimiento	22857	7%	24048
Huépil	7780	7%	8268
Temuco	235509	7%	251674
Labranza	24008	8%	25656
Lautaro	24280	8%	25577
Vilcún	6416	8%	6765
Cajón	5673	8%	5982
Puerto Montt	169736	8%	184596
Alerce	42267	8%	45967
Frutillar	12876	8%	13746
Puerto Varas	26172	8%	27994
Castro	33417	8%	35653
Ancud	28162	8%	29845
Quellón	17552	8%	18465
Osorno	147666	8%	157603
Coyhaique	49667	8%	52234
Punta Arenas	123403	8%	132980
Porvenir	5992	8%	6438
Puerto Natales	19023	8%	20837
Tiltil	5549	9%	5975
Bajos de San Agustín	7802	9%	8245
Paine	31317	9%	34088
Hospital	6122	9%	6664
Melipilla	72212	9%	79148
Bollenar	5308	9%	5818
Curacaví	18686	9%	20079
Talagante	56878	9%	61619
El Monte	29998	9%	32899
Isla de Maipo	14176	10%	15361
La Islita	11431	10%	12386
Valdivia	150048	10%	159574
Chillán	164270	10%	175815
Chillán Viejo	27359	10%	29766
Mejillones	12784	10%	14163
Calama	157575	10%	179095
Tocopilla	24521	10%	27095
Copiapó	150804	10%	167292
La Serena	195382	10%	218654
Coquimbo	204068	10%	229095

Capital regional | Capital provincial

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE Censos de Población 2017 y proyecciones al 2021.

8.1.2.3. Las ciudades con crecimiento bajo

En esta categoría están las ciudades que están entre un 1 al 5 % de crecimiento (**Ver Cuadro 8.7**). En total son 109 ciudades sólo una es capital de región; Valparaíso. Por otra parte 16 ciudades son capitales de provincia: Illapel, Los Andes, La Ligua, Puerto Aysén, Cochrane, Chile Chico, La Unión, Bulnes, Quirihue, San Carlos, Pozo Almonte, Chañaral, Vallenar, Ovalle, Hanga Roa y Quillota. En esta categoría de crecimiento se localizan ciudades de pequeños montos de población repartidas a lo largo del territorio nacional. Solo 7 ciudades con este bajo crecimiento sobrepasan un umbral de población sobre los 50 mil habitantes y son: Los Andes, Talcahuano, Angol, Ovalle, Valparaíso, Hanga Roa y Quillota. El resto de estas ciudades con crecimiento bajo están en el **Anexo 8.2**.

Cuadro 8.7. Ciudades con crecimiento bajo.

Ciudad	Población 2017	Tasa de crecimiento	Población 2021
Tierra Amarilla	9857	1%	10030
Diego de Almagro	7223	1%	7384
El Salvador	6032	2%	6166
Vicuña	15872	2%	16591
Illapel	20751	2%	21634
Salamanca	13520	2%	13523
Combarbalá	5915	2%	6024
Monte Patria	6533	2%	6718
El Palqui	6175	2%	6350
Los Andes	59388	2%	60733
La Ligua	19127	2%	20078
Cabildo	10909	2%	11348
Hijuelas	9418	2%	9811
Capital provincial			

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE Censos de Población 2017 y proyecciones al 2021.

8.1.2.4. Las ciudades con crecimiento negativo

En esta categoría están aquellas ciudades que presentan un nivel serio de disminución de su población. Los rangos de decrecimiento van del 0. al -7 %. Son ciudades que se localizan en los extremos de los límites territoriales del país, en el extremo norte, en el extremo sur. Las ciudades en esta categoría son: Putre, Puerto Williams, San Pedro de Atacama, y Taltal, de ellas tres son capitales provinciales, como se indica en el **Cuadro 8.8**.

Cuadro 8.8. Ciudades con crecimiento negativo.

Ciudad	Población 2017	Tasa de crecimiento	Población 2021
San Pedro de Atacama	5347	-7%	5266
Chaitén	1639	-4%	1635
Puerto Williams	1868	-2%	1800
Putre	1716	0%	1595
Taltal	10933	0%	11256
Capital provincial			

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE Censos de Población 2017 y proyecciones al 2021.

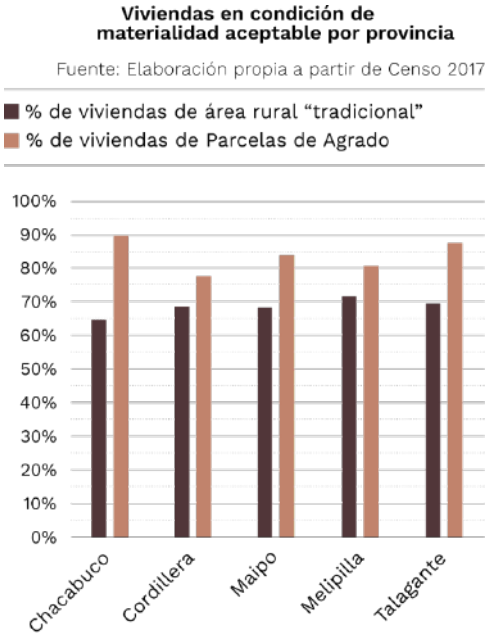
8.1.3. Las parcelas de agrado (PA)

En 1980 se dictó el **Decreto Ley Nº 3.516** que establece normas sobre subdivisión de predios rurales, cuyo principal objetivo fue permitir la plena libertad para dividir los predios rústicos de aptitud agrícola, ganadera o forestal manteniéndose el destino del predio primitivo. Este decreto ley en su Artículo 1 indica "*Los predios rústicos, esto es, los inmuebles de aptitud agrícola, ganadera o forestal ubicados fuera de los límites urbanos o fuera de los límites de los planes reguladores intercomunales de Santiago y Valparaíso y del plan regulador metropolitano de Concepción, podrán ser divididos libremente por sus propietarios siempre que los lotes resultantes tengan una superficie no inferior a 0,5 hectáreas físicas*". Este decreto ley que según algunos se dictó para regularizar y comercializar las parcelas asignadas a los campesinos bajo la Reforma Agraria, así, con base en este decreto, se inició un activo procesos de división de predios rurales en unidades 0,5 ha, a los cuales se dotó, en su mayor parte de una calle de acceso y servicios de agua potable, energía eléctrica, telefonía/cable, servicios superiores a los que habitualmente no están disponibles para predios rurales rústicos.

Estas unidades de 0,5 ha. (en adelante PA) contiguas, en número variable al interior del predio rústico original, con un acceso controlado, donde se permite la construcción de dos viviendas, una de ellas para residencia de un cuidador cuya superficie de la vivienda del cuidador no debería sobre pasar los 140 m^2. Según la información del censo de población del 2017 estas fueron clasificadas como ""vivienda con índice de materialidad aceptable" todas aquellas viviendas particulares ocupadas con moradores presentes donde las paredes exteriores, cubierta del techo y piso de la vivienda fueron clasificados como aceptables al unísono (INE, Glosario por temática – Censo 2017, mayo 2018).

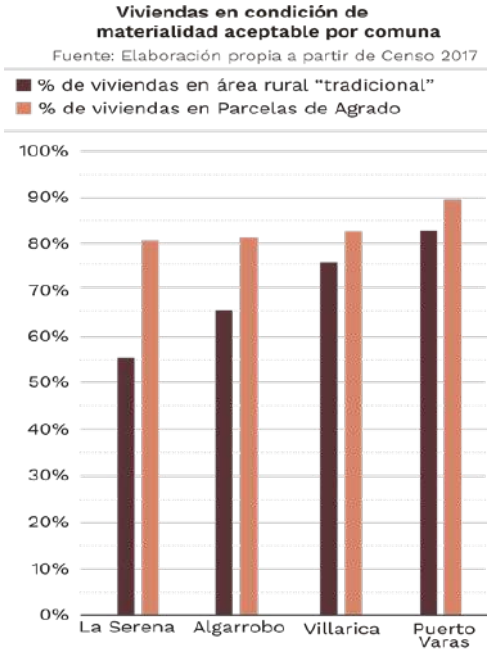
Este índice de materialidad es uno de los indicadores de diferenciación respecto de la vivienda rural, como se puede apreciar en la **Figura 8.5** y **8.6** tomado del estudio "Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales" realizado por el INE en conjunto con el Instituto de Estudios Urbanos y territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020. Estudio realizado en cuatro comunas del país.

Figura 8.5. Viviendas con materiales aceptables por provincia.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales

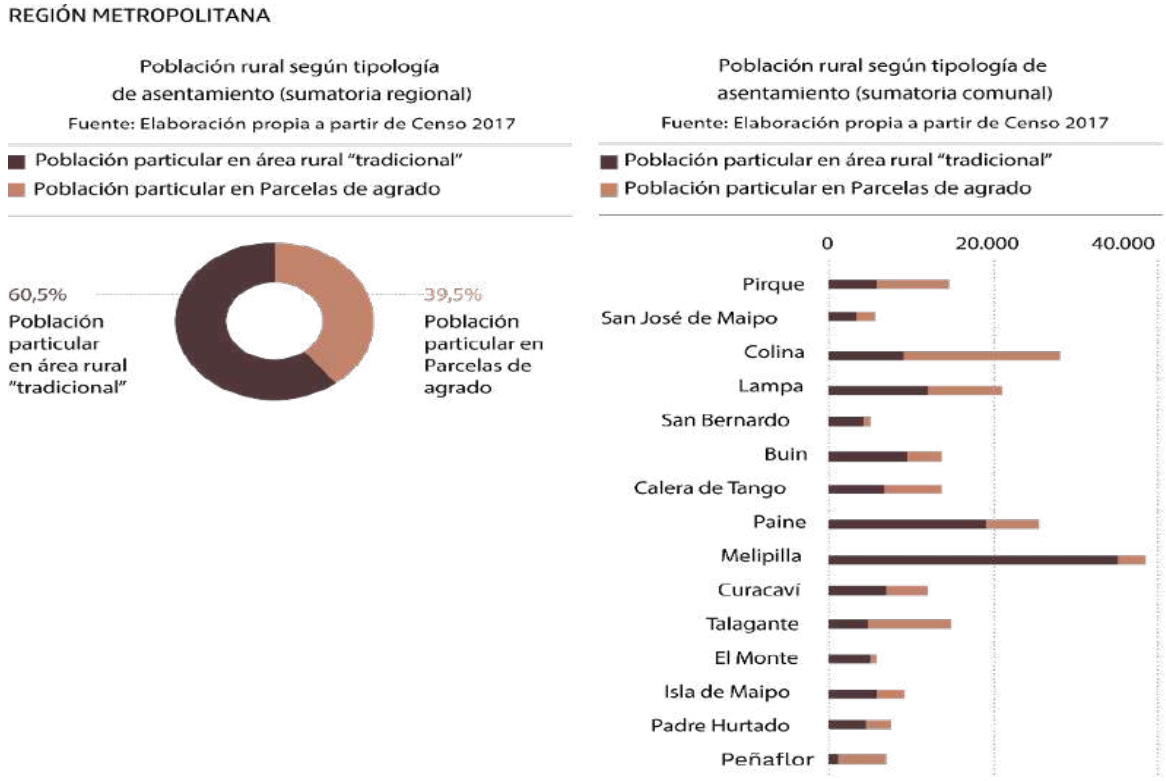
Figura 8.6. Viviendas con materiales aceptables por comuna.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales

Otro indicador diferenciador al interior de las comunas con PA consiste en la densidad de viviendas respecto a la superficie rural por comuna. Densidad que es sustancialmente inferior para los sectores en que se localizan las PA, en valores significativos como se puede apreciar en la siguiente **Figura 8.7**, tomado de la publicación mencionada anteriormente.

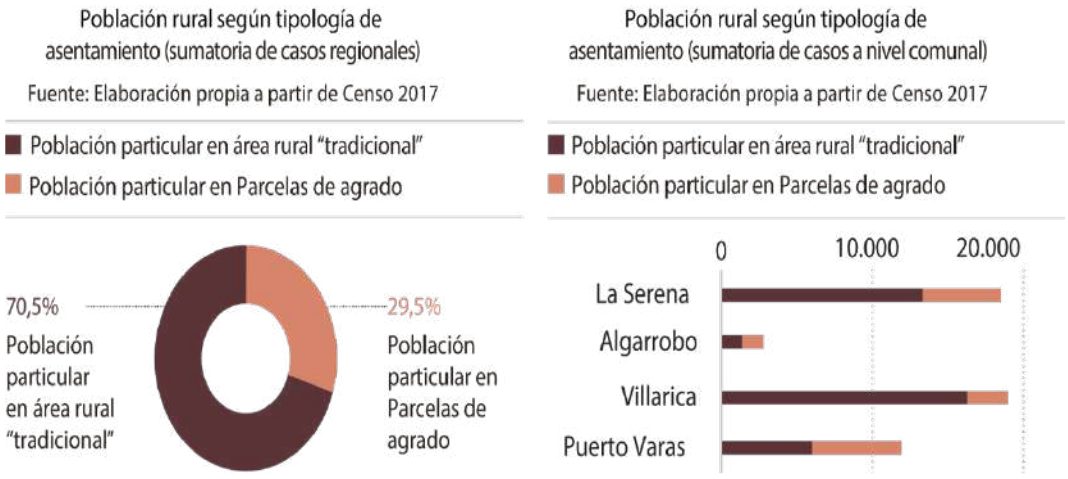
Figura 8.7. Población rural según tipología.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales.

Un tercer indicador característico de las PA se relaciona con el total de población (**Ver Figura 8.8**). El estudio mencionado encontró que en las 4 comunas estudiadas el 70,5 % correspondía a población particular en área rural y el 29,5 % población particular en PA.

Figura 8.8. Población rural según tipología, sumatoria de casos.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales.

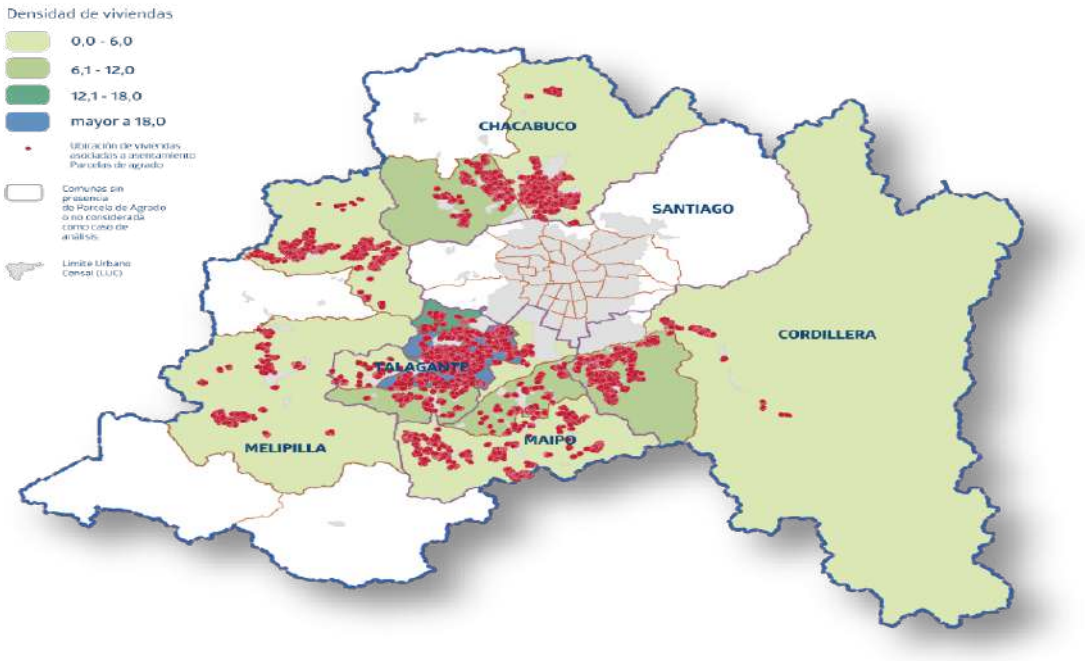
El estudio mencionado identificó otros indicadores que diferencian los asentamientos rurales tradicionales con las PA. En general la población que reside en las PA tiene estándares de vida superior al resto de la población rural y de alguna manera este tipo de asentamiento ha contribuido a que en el área rural se acentúen los parámetros de diferenciación social.

Desde la perspectiva del medio ambiente lo que interesa es destacar como este nuevo tipo de asentamiento localizado fuera del territorio urbano está, en la medida que se intensifica su extensión, afectando los alrededores de las grandes ciudades, constituyéndose en lo que unos expertos han llamado "la nueva ruralidad" , entendida como una nueva relación "campo - ciudad" en donde los límites de ambos se tornan difusos, sus interconexiones son más frecuentes y fluidas, en definitiva su definición se complejiza. En este sentido, definiciones más elaboradas refieren a "las transformaciones en el espacio rural que se han generado con la implementación de las políticas neoliberales tanto en Europa como en América Latina" (Rosas – Baños, M. 2013).

8.1.3.1. Las parcelas de agrado en torno a las grandes ciudades

Esta modalidad de asentamiento rural comenzó a ser detectado en el proceso de los Censos de Población del 2002 y del 2017. Respecto de este último se han realizado estudios detallados de su ubicación, vivienda y población. En lo que respecta la localización de las PA entorno a las grandes ciudades, un ejemplo muy representativo de la presencia de PA en la región Metropolitana de Santiago (RMS) se muestra en la **Figura 8.9**, donde con puntos de color rojo están identificadas las PA, sobresaliendo su número en las comunas de Talagante, Pirque y Colina al norte de la gran ciudad. Una estimación de la superficie ocupadas por las PA es del 10 % de la superficie comunal. A modo de ejemplo, en el año 2013 en el área Metropolitana de Santiago se estimaba la existencia de más de 20 mil loteos de este tipo, los que ocupan una superficie de ocho mil hectáreas, equivalentes a la superficie de la comuna de Providencia (In AGS Visión inmobiliaria, 2013). Desde esa fecha, el fenómeno de las parcelas de agrado se ha extendido a otras regiones. En el 2021 sólo se registraron cerca de seis mil nuevas parcelaciones con fines habitacionales en zonas rurales.

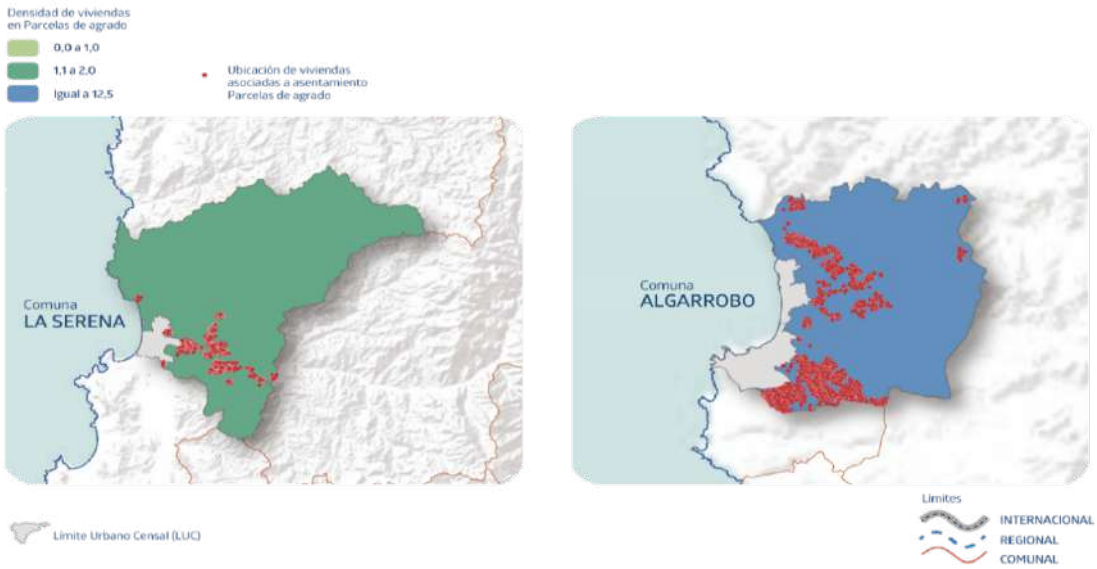
Figura 8.9. Parcelas de agrado en el Gran Santiago.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos regionales.

Esta situación se repite en los alrededores de grandes ciudades como La Serena, donde las PA se localizan al interior del Valle de Elqui o en balnearios cercano a la ciudad de Santiago como ocurre en la comuna de Algarrobo (**Figura 8.10**).

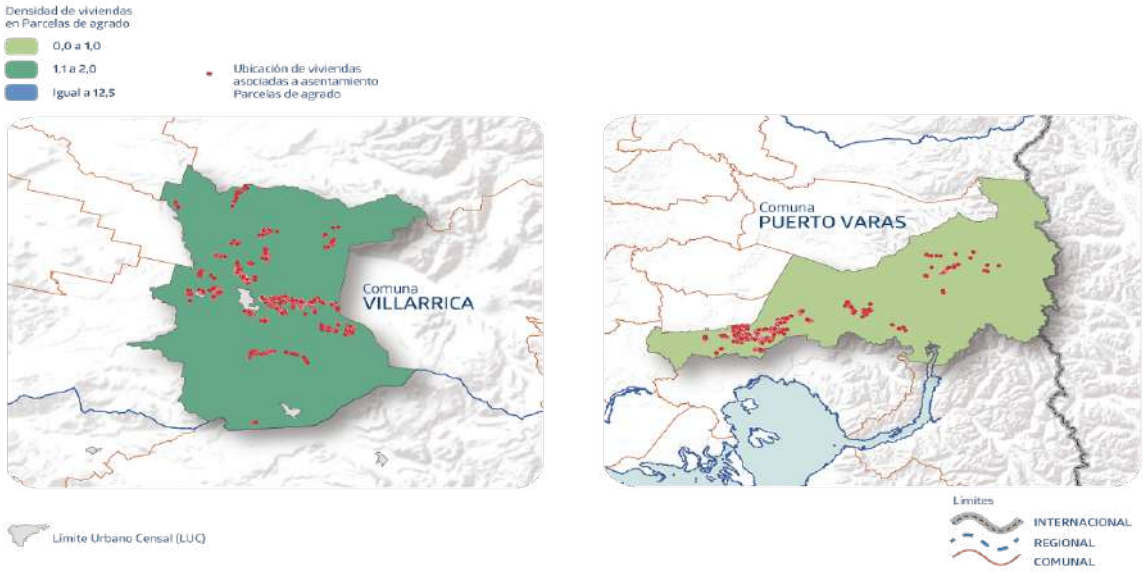
Figura 8.10. Parcelas de agrado La Serena y Algarrobo.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos regionales.

Este proceso de creación de PA de agrado está presente en otras ciudades de menor tamaño como se observa en la **Figura 8.11**.

Figura 8.11. Parcelas de agrado en Villarica y Puerto Varas.



Fuente: Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales.

El fenómeno de parcelas de agrado también se encuentra en terrenos no agrícola, como ocurre en la Pampa del Tamarugal en la región de Tarapacá, específicamente en el sector de Huayca al este de la reserva Nacional Pampa del Tamarugal (**Ver Figura 8.12**).

Figura 8.12. Parcelas Pampa del Tamarugal: Huayca.



Fuente: Google Earth, 2022.

Las PA han expandido su presencia en regiones más al sur como Los Lagos, especialmente en Chiloé y en la región de Aysén en las cercanías de esta ciudad homónima y en los alrededores e Coyhaique. Esta profusión de PA en terrenos rurales prístinos con parcelaciones en gran escala ha encendido la alarma en las autoridades locales y en el Senado. La municipalidad de Puerto Varas ha tenido que paralizar el desarrollo de cuatro proyectos inmobiliarios localizados en su territorio rural. Más al sur durante el 2021 ingresaron solicitudes para crear 6.489 nuevos lotes en Aysén, región que alberga a cien mil habitantes. (CIPER,12.05.2022) La mitad de ellos, son parcelas de 5 mil m2, la superficie mínima de subdivisión para predios agrícolas que permite la ley en zonas rurales. (Diario Financiero, 26 febrero,2022) Esta vorágine de parcelaciones de grandes predios, sólo reguladas por el decreto ley número 3.516 ha inducido a las autoridades ambientales para que la Superintendencia de Medio Ambiente requiera que cuando un proyecto implica la subdivisión en más de 80 lotes, debe contar con una Resolución de Calificación Ambiental (que entrega el Servicio de Evaluación Ambiental).

Por otra parte, a partir de la denuncia ciudadana realizada en la región de Los Ríos, específicamente en la costa de Valdivia (localidades desde Cutipay a Los Pellines) y en la comuna de Panguipulli, donde se planeaba prácticamente establecer nuevos núcleos urbanos con base en PA. El proyecto denominado “Bahía de Panguipulli” consistía en un lote de 228 parcelas subdivididas en predios de agrado Con esta medida se espera atenuar el efecto de parcelaciones de grandes predios en lotes de PA, que en el caso de los territorios australes. En el Senado se ha presentado proyecto de ley que modifica el decreto ley 3516 y el decreto 458 con el fin de regular la división de predios rústicos con fines inmobiliarios. Una vez aprobado esta iniciativa será posible atenuar las parcelaciones de grandes predios en PA.

8.1.3.2. Las parcelas de agrado y el impacto en el Medio Ambiente

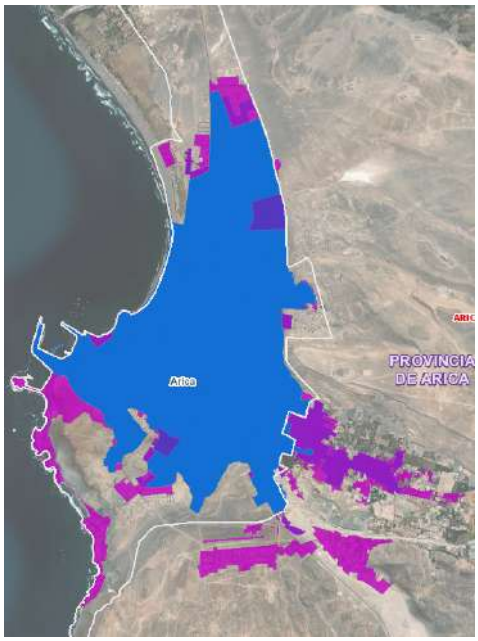
El proyecto de ley mencionado anteriormente indica que a “lo largo de todo Chile, existen alrededor de 72.000 obras inmobiliarias que tienen características similares, lo cual importa una verdadera amenaza al ecosistema y al equilibrio socio-ecológico de las localidades en las cuales éstos se emplazan**”** (Senado proyecto de ley que modifica el DL No 3516 y el decreto No 458 con el fin de regular la división de predios rústicos con fines inmobiliarios).

Estas parcelaciones en terrenos originalmente destinados a las actividades agrícolas o pecuarias con excepcionales paisajes de belleza escénica localizados a orillas del mar o lagos atractivos para la segunda vivienda deben ser legalmente controlados por un proceso de evaluación ambiental de los factores ambientales, al crear una presión adicional en el medio natural, incrementando la densidad de viviendas con toda la infraestructura que requieren en medio con un clima seco en áreas donde hay limitaciones del recurso agua, como ocurre en las parcelaciones en Colina, especialmente en Chacabuco. Por otra parte, las parcelaciones en el sur del país, el impacto es más severo por la magnitud de los proyectos causando desforestación de bosque nativo, afectando humedales y en general disminuyendo la biodiversidad.

Con fines publicitarios, se ha catalogado a las parcelas de agrado como "ecológicas", lo que dista mucho de la realidad porque lo que con ellas se hace es destruir el suelo que anteriormente tuvo potencialidad agrícola, ganadera o forestal y que, en su mayoría, no son utilizados con esos fines[7].

Las **Figuras 8.13** y **8.14** muestran la gravedad del problema, a través de tres visiones de nuestras ciudades, donde las parcelas de agrado están en color morado:

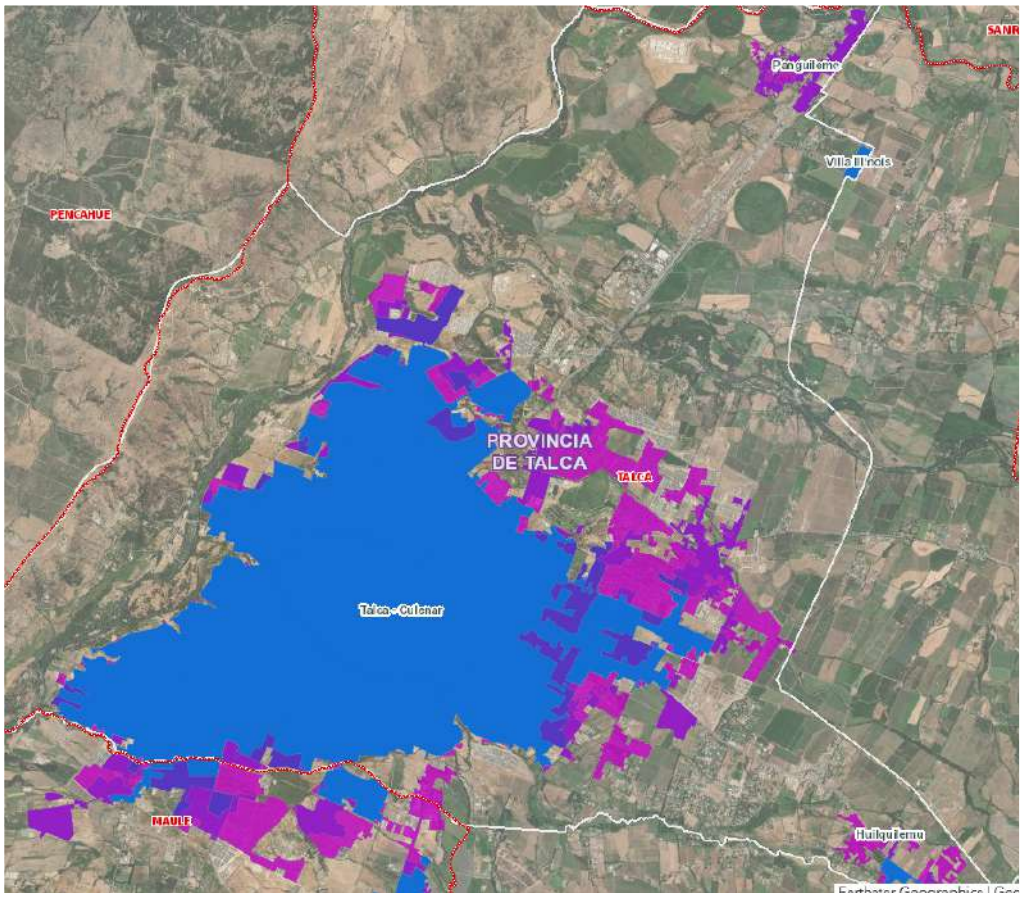
Figura 8.13. Ciudad de Arica y su entorno con nuevas construcciones, y parcelas de agrado.



Fuente: INE, MINVU. Metodología para medir el crecimiento físico de los asentamientos humanos en Chile: Años 2002-2006-2011-2017.

[7] Chileflora (2012), disponible en http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/Parcelas_agrado.htm.

Figura 8.14. Ciudad de Talca y su entorno con parcelas de agrado.



Fuente: INE, MINVU. Metodología para medir el crecimiento físico de los asentamientos humanos en Chile: Años 2002-2006-2011-2017.

8.1.4. Dinámica de la Población

8.1.4.1. Impacto de la inmigración internacional en la población

El fenómeno de la migración se entiende como todo movimiento de personas, independientemente de motivos, composición o tamaño, de un territorio a otro (OIM, 2021). La migración es uno de los fenómenos socioculturales con mayor impacto en la composición demográfica de un país, ya sea en forma de emigración o inmigración; nacional o internacional.

En Chile durante los últimos años, este complejo fenómeno consiste en la inmigración internacional, de población principalmente de proveniencia latinoamericana, que se mantuvo controlado hasta 2017. A partir de 2018, el flujo migratorio nacional presenta un marcado aumento en la cantidad de personas extranjeras con residencia habitual en Chile (**Ver Cuadro 8.9**).

Cuadro 8.9. Cantidad de extranjeros con residencia habitual en Chile por regiones. Periodo 2017 – 2020.

Región	2017	%	2018	%	2019	%	2020	%
Arica y Parinacota	18015	2,4	25675	2	27890	1,9	30087	2,1
Tarapacá	43646	5,8	62881	4,8	68272	4,7	69358	4,7
Antofagasta	62663	8,4	91856	7,1	100814	7	101979	7
Atacama	8798	1,2	16194	1,2	18950	1,3	19011	1,3
Coquimbo	14741	2,0	30891	2,4	34281	2,4	34051	2,3
Valparaíso	40166	5,4	85583	6,6	97683	6,7	96750	6,6
Metropolitana	486568	65,2	814534	62,6	899249	62	905681	61,9
O'Higgins	13242	1,8	38194	2,9	43585	3	43029	2,9
Maule	10780	1,4	36379	2,8	41036	2,8	40718	2,8
Ñuble	3736	0,5	10457	0,8	11472	0,8	11178	0,8
Biobío	12144	1,6	28214	2,2	35036	2,4	34935	2,4
La Araucanía	10674	1,4	18761	1,4	21295	1,5	21266	1,5
Los Ríos	3768	0,5	7148	0,5	8168	0,6	8123	0,6
Los Lagos	10034	1,3	21957	1,7	26736	1,8	26890	1,8
Aysén	2083	0,3	3398	0,3	3856	0,3	3899	0,3
Magallanes	4714	0,6	8015	0,6	9963	0,7	10026	0,7
Región Ignorada	693	0,09	1244	0,1	2047	0,1	5122	0,4
Total País	746465	100	1301381	100	1450333	100	1462103	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE, 2021.

Según el Censo de 2017, se entiende por **Inmigrante Internacional** a aquella persona que nació en un país extranjero, presente en territorio chileno y censada en abril de 2017 (fecha en que se realizó el censo), y que haya declarado ser residente habitual de Chile (INE, 2018).

Según cifras del Censo de 2017, la población extranjera residente en Chile era de 746.465 habitantes, mientras que la población extranjera estimada para 2020 es de 1.462.103 habitantes, casi el doble de la cantidad registrada desde el último Censo, demostrando un drástico aumento del flujo migratorio en el país.

Es necesario indicar que las estimaciones de extranjeros residentes habituales en Chile, correspondientes a 2018, 2019, y 2020 elaboradas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en conjunto con el Departamento de Extranjería y migración (DEM) fueron realizadas a partir de una metodología de estimación que contempla los datos entregados por el censo, agregando información de registros administrativos de organismos involucrados en el proceso migratorio (INE, 2020).

Si bien la región Metropolitana sigue siendo con mayor concentración de población inmigrante, la proporción de estos que reside en la región Metropolitana ha disminuido en forma constante desde el último Censo. Del 65,2% para el total registrado en 2017, se estima que la región concentra el 61,9% del total de 2020 (una disminución de 3,3%). Por su parte, las regiones que

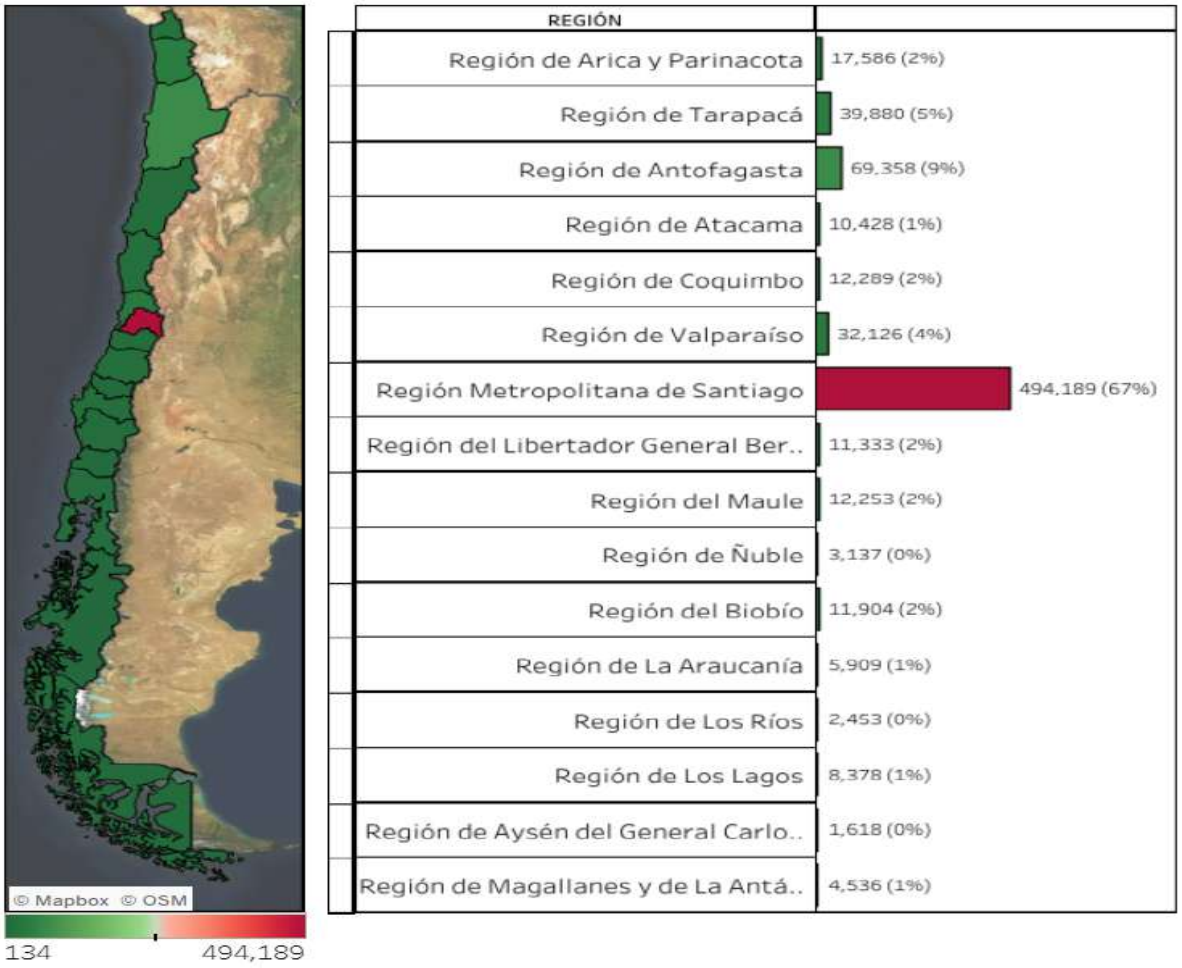
registran un crecimiento porcentual mayor son la región del Maule (1,4%), de Valparaíso (1,2%), y de O´Higgins (1,1%).

Respecto al país de origen de las personas extranjeras con residencia habitual en Chile, la mayoría de estas provienen de Venezuela, con un 30,7% del total de extranjeros reportando a Venezuela como país de origen. En segundo lugar, se encuentran las personas provenientes de Perú, representando un 16,3% del total, seguido de Haití con un 12,5% del total, luego Colombia con 11,4%, Bolivia con 8,5%, y Argentina con 5,2%, como se muestra en el m y gráfico.

Según las cifras correspondientes al número de Permanencias definitivas otorgadas a personas de países extranjeros durante los años 2000 y 2021 por parte del Departamento de Extranjería y Migración, el número de extranjeros residentes en Chile de forma permanente es de 737.377 habitantes, lo que corresponde al 48% de residentes extranjeros habituales en Chile estimados para 2021.

De los extranjeros con Permanencia definitiva en el país, el 67% reside en la región Metropolitana, mientras que el 23% habita en las regiones al norte de esta región, y solo 10% en las regiones ubicadas al sur del país como se muestra en la siguiente gráfica (**Ver Figura 8.15**).

Figura 8.15. Población con residencia definitiva por regiones, año 2021.



Fuente: Elaborado por Departamento de Extranjería y Migración, 2021.

8.1.4.2. Impacto de la inmigración en los asentamientos irregulares

El ingreso promedio registrado por la Encuesta Suplementaria de Ingresos (ESI) evidencia que habitantes extranjeros ganan, en promedio, notoriamente menos que habitantes nacionales (Ver Cuadro 8.10 Ingreso promedio de nacionales y extranjeros), brecha salarial que se muestra en aumento desde 2019.

Considerando que un porcentaje apreciable de extranjeros residentes en Chile se encuentran en una situación de bajos recursos, muchos de ellos se ven forzados a habitar en asentamientos irregulares para subsistir, por lo que se observa una sobrerrepresentación de personas extranjeras en situación de campamentación (Ver subcapítulo “8.2.2.4.4 La población extranjera que vive en campamentos”).

Cuadro 8.10. Ingreso promedio de nacionales y extranjeros.

Categoría	ESI 2019 ($)	ESI 2020 ($)	Variación relativa (%)
Extranjero	533.748	480.045	-10,1
Nacional	630.260	654.328	3,8
Brecha (%) Extranjero/Nacional	-15,3*	-26,6*	

*Diferencia estadísticamente significativa al 95% de nivel de confianza.

Fuente: Departamento de Estadísticas del Trabajo (DET) INE, 2021.

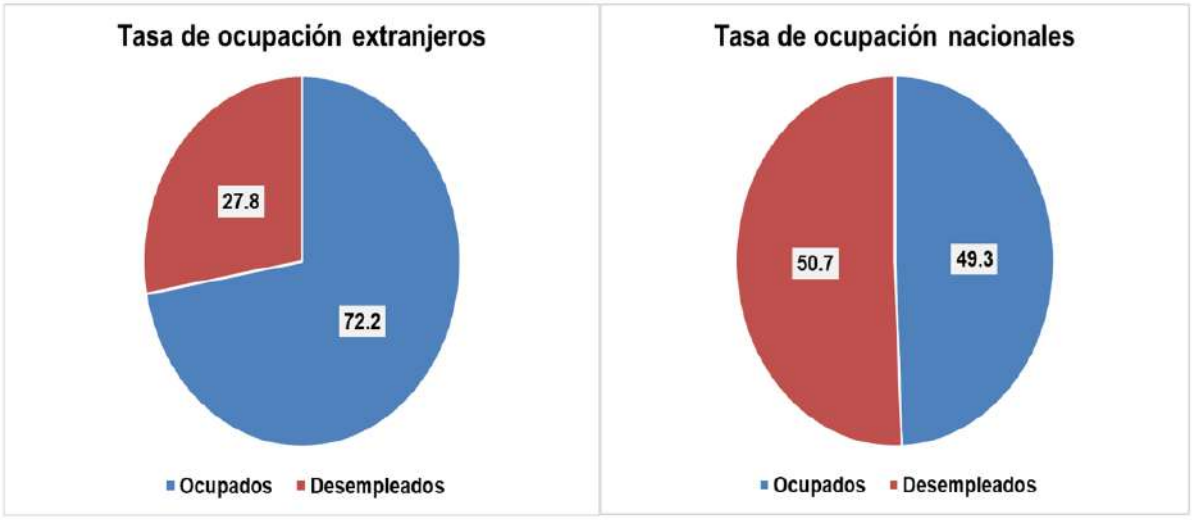
8.1.4.3. Impacto en el mundo laboral

Para entender las dimensiones de análisis en que se aborda esta temática, es necesario comprender terminologías básicas al respecto. Por "edad de trabajar" se entiende a la edad mínima requerida legalmente para que una persona pueda ejercer trabajo asalariado. En Chile, la edad de trabajar es, por lo menos, 15 años cumplidos. Mientras que "Fuerza laboral" corresponde a la población en edad y condiciones de trabajar que se encuentra trabajando (ocupados) o que manifiesta intención expresa de buscar empleo (cesante).

Al mes de julio de 2021, se reportan 1.531.391 personas extranjeras, de las cuales 1.325.740 se encuentran en edad de trabajar (15 años o más). Por su parte, la fuerza de trabajo que representan las personas extranjeras se estima en 1.020.540 personas, de las cuales 956.246 (93,7%) corresponden a ocupados, lo que equivale al 62.5% del total de personas extranjeras con residencia habitual en el país (DET, 2021).

La categoría ocupacional de inmigrantes registra que el 67,5% corresponde a trabajadores por cuenta propia, y el 23,2% a asalariados privados. Por otro lado, la relación contractual de los ocupados migrantes corresponde en su mayoría a ocupados informales, representando el 58,7% de estos (DET, 2021).

Figura 8.16. Tasa de ocupación de extranjeros y nacionales.

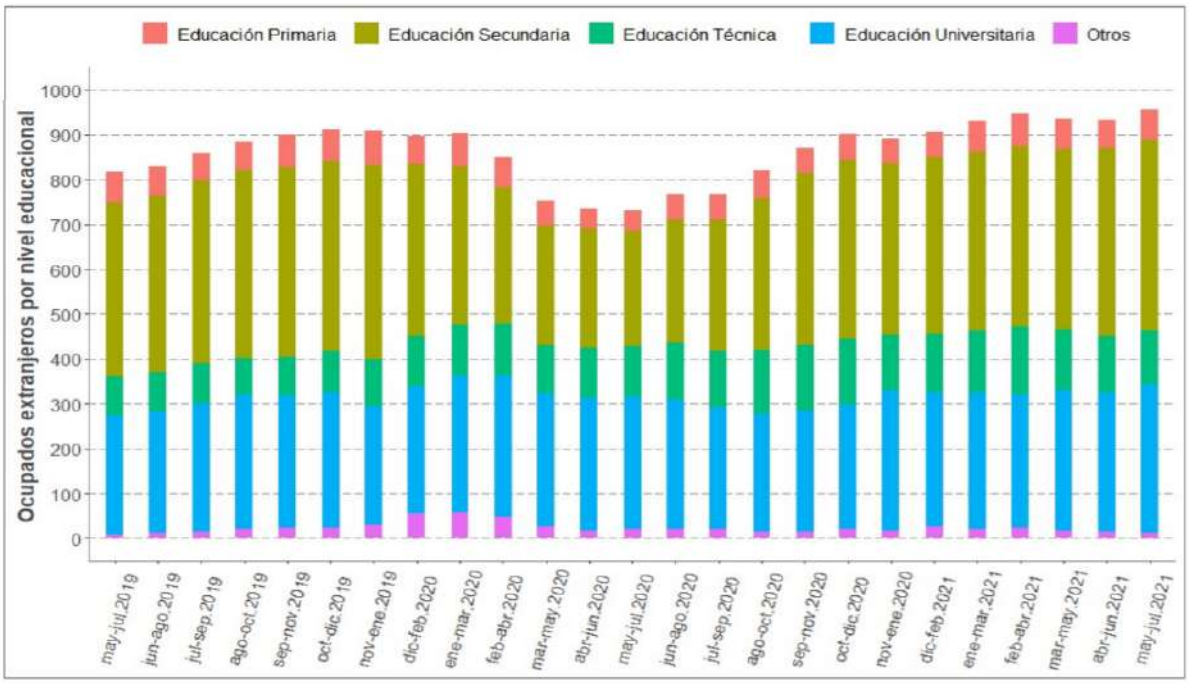


Fuente: Elaboración propia en base a datos Encuesta Nacional de Empleos.

En relación al nivel educacional de los ocupados extranjeros, en su mayoría poseen una educación secundaria completa, siendo casi la mitad del total de ocupados extranjeros en 2021 (44.5%), seguido de aquellos con educación universitaria en cualquiera de sus formas (INE, 2021).

La alta preparación educacional que los ocupados de origen extranjero poseen evidencia que estos se desempeñan en labores de todo tipo y con diferentes exigencias en cuanto a sus habilidades. Además, se evidencia que una mayor preparación educacional, por lo menos hasta la educación secundaria, les facilita encontrar un empleo. En la **Figura 8.17** se muestra la situación educacional de extranjeros.

Figura 8.17. Nivel educacional de ocupados extranjeros.



*Educación universitaria incluye la educación universitaria, postítulos, maestrías, y doctorados. Mientras que la categoría Otros, incluye nunca estudió, educación preescolar y nivel ignorado.

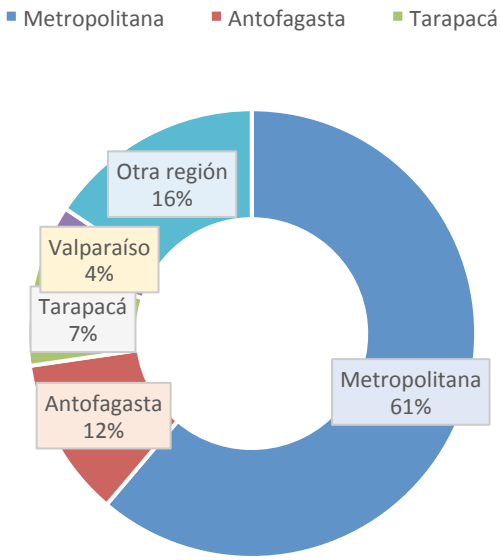
Fuente: Departamento de Estadísticas del Trabajo. INE, 2021.

8.1.1.4. Impacto en colegios y centros de estudio

Otra dimensión en que el fenómeno migratorio influye en el país es en la educación. Gran cantidad de inmigrantes internacionales eligen a Chile como destino para continuar sus estudios, o tienen hijos que inician sus estudios en Chile. Según cifras oficiales, los diferentes niveles del sistema escolar chileno recibieron en 2018 a 114.325 estudiantes de origen extranjero, representando el 3.2% del total de matrículas (Elige Educar, 2020).

Respecto a las regiones donde se registran estas nuevas matrículas (**Ver Figura 8.18**), la gran mayoría pertenece a la región Metropolitana, siendo más del 60% del total de matrículas para nuevos estudiantes extranjeros, seguida de la región de Antofagasta con 11.5% del total, Tarapacá con 7.3%, y Valparaíso con 4.4%, con el 15.6% restante repartiéndose en el resto de las regiones del país (Elige Educar, 2020).

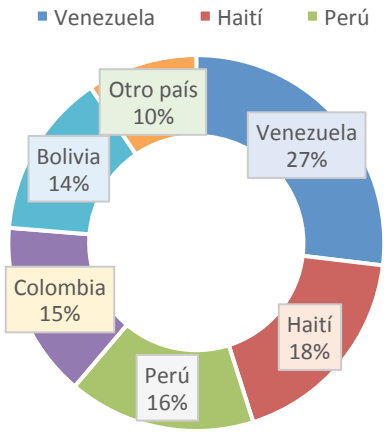
Figura 8.18. regiones que concentran mayor cantidad de nuevos estudiantes de origen extranjero en 2018.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Elige Educar, 2020.

Sobre los países de origen de los nuevos estudiantes inmigrantes (**Ver Figura 8.19**), la mayoría provienen de Venezuela, que representa el 26.9% del total de estudiantes extranjeros, seguido de Haití con 26.9% del total, y Perú con 16.1%, siendo solamente el 9.5% la cantidad de estudiantes provenientes de otro país (Elige Educar, 2020).

Figura 8.19. Frecuencia de los países de origen de los nuevos estudiantes migrantes en 2018.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Elige Educar, 2020.

8.1.5. Evolución del impacto ambiental asociado a la expansión de las ciudades en el territorio

8.1.5.1. Áreas metropolitanas y conurbaciones

Las grandes aglomeraciones de población residiendo en espacios administrativos contiguos (municipios) y con edificación continua conforman las **áreas metropolitanas**, las cuales adquiere esta denominación cuando el total de habitantes sobrepasa el umbral de las 500 mil personas. En Chile esta situación se produce en el Gran Santiago, el Gran Valparaíso y el Gran Concepción, las que adquieren el rango de metrópolis. Por otra parte, la conurbación de comunas ocurre cuando sus espacios territoriales construidos presentan una continuidad sin un espacio entre ellas y se les conoce como ciudades conurbadas, que en Chile es un proceso en aumento, presente en varias ciudades como: La Serena-Coquimbo, que está muy cerca del umbral de los 500.000 habitantes. En una escala de aglomeración menor en habitantes están las ciudades de: Rancagua-Machalí; Temuco-Padre Las Casas; Puerto Montt-Puerto Varas-Los Alerces; y Chillán-Chillán Viejo.

8.1.5.1.1. El Gran Santiago

La metrópolis de Santiago, desde hace varios años sobrepasó el umbral de 500 mil habitantes y aún hasta el año 2017 continuaba siendo la única ciudad en el país con más de un millón de habitantes. El Área Metropolitana del Gran Santiago está compuesta por 35 comunas centrales, y 11 comunas periféricas, cubriendo una superficie construida de 83.000 hectáreas, y 50.000 ha. de suelo vacante. La mayor parte de la ciudad se encuentra dentro de la Provincia de Santiago, salvo 3 comunas; Puente Alto, San Bernardo, y Padre Hurtado, que están dentro de la Provincia de Cordillera, de Maipo, y, de Talagante, respectivamente. También forman parte de esta Gran ciudad localidades como La Obra- Las Vertientes, de la comuna de San José de Maipo y Chicureo de la comuna de Colina. En total con una población al censo del 2017 de 6.157.664 de habitantes, estimada al año 2021 en 6.907.484, un incremento estimado en 749.820 habitantes (**Ver Cuadro 8.11**).

Cuadro 8.11. Tasa de crecimiento, Gran Santiago, periodo 2017-2021.

Ciudad	Comuna	Población 2017	Tasa de crecimiento	Crecimiento 2017 - 2021	Población 2021
Santiago	Santiago	402847	22%	87835	490682
Cerrillos	Cerrillos	80710	10%	7833	88543
Cerro Navia	Cerro Navia	132401	7%	9008	141409
Conchalí	Conchalí	126800	9%	11315	138115
El Bosque	El Bosque	162415	5%	8777	171192
Estación Central	Estación Central	140809	31%	44270	185079
Huechuraba	Huechuraba	98500	14%	13569	112069
Independencia	Independencia	100059	32%	32103	132162
La Cisterna	La Cisterna	89889	11%	9784	99673
La Florida	La Florida	366376	9%	34593	400969
La Granja	La Granja	116312	4%	5201	121513
La Pintana	La Pintana	176105	6%	11265	187370
La Reina	La Reina	92678	8%	7078	99756
Las Condes	Las Condes	294480	12%	35533	330013
Lo Barnechea	Lo Barnechea	103092	16%	16623	119715
Lo Espejo	Lo Espejo	98651	4%	4368	103019
Lo Prado	Lo Prado	95901	8%	7492	103393
Macul	Macul	116249	14%	16842	133091
Maipú	Maipú	515240	11%	54709	569949
Ñuñoa	Ñuñoa	208048	19%	38699	246747
Pedro Aguirre Cerda	Pedro Aguirre Cerda	101035	6%	5865	106900
Peñalolén	Peñalolén	241394	10%	24827	266221
Providencia	Providencia	141986	11%	15937	157923
Pudahuel	Pudahuel	205558	10%	20699	226257
Pudahuel	Ciudad del Valle	11512	10%	1159	12671
Quilicura	Quilicura	209676	20%	41174	250850
Quinta Normal	Quinta Normal	109784	21%	22824	132608
Recoleta	Recoleta	157569	18%	29099	186668
Renca	Renca	146987	9%	13439	160426
San Joaquín	San Joaquín	94325	9%	8517	102842
San Miguel	San Miguel	107828	21%	22759	130587
San Ramón	San Ramón	82602	4%	2993	85595
Vitacura	Vitacura	85300	13%	10749	96049
Puente Alto	Puente Alto	566561	13%	75185	641746
Pirque	Pirque	2685	7%	175	2860
Pirque	El Principal	8829	7%	576	9405
San José de Maipo	La Obra-Las Vertientes	3032	2%	72	3104
Lampa	Valle Grande	16966	18%	3004	19970
San Bernardo	San Bernardo	290912	11%	31830	322742
Padre Hurtado	Padre Hurtado	55561	15%	8330	63891
Total Gran Santiago		**6157664**	**12%**	**749820**	**6907484**

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE, Censo de población 2017 y proyección a 2021.

8.1.5.1.2. El Gran Valparaíso

Las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Concón conforman el área metropolitana de Valparaíso con una población al año 2017 de 935.872 habitantes, estimada al año 2021 del orden de 1.013.892 habitantes (**Ver Cuadro 8.12**). De ellas la comuna de Valparaíso tiene un crecimiento bajo, el resto muestran un dinamismo demográfico. Es posible que en el futuro se incorpore a esta área metropolitana el sector urbano de Limache La superficie que ocupa actualmente el Gran Valparaíso se estima en 123.000 ha.

Cuadro 8.12. Tasa de crecimiento, Gran Valparaíso, periodo 2017-2021.

Ciudad	Población urbana 2017	Tasa de crecimiento urbana comunal 17-21	Crecimiento urbano 17-21	Población urbana estimada 2021
Valparaíso	251.177	6,5%	16394	267.571
Placilla de Peñuelas	39.344	6,5%	2568	41.912
Concón	39.345	8,8%	3459	42.804
Viña del Mar	332.875	8,3%	27604	360.479
Quilpué	147.991	10,1%	14878	162.869
Villa Alemana	125.140	10,5%	13118	138.258
Total	**935.872**	**8,3%**	**78020**	**1.013.892**

Fuente: Elaboración propia en base datos INE, Censo de población y proyección a 2021.

8.1.5.1.3. El Gran Concepción

El área metropolitana del Gran Concepción está constituida por 10 comunas: Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualpén, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Talcahuano, Hualqui y Tomé. Al año del censo de 2017 la población censada alcanzo a 937.228 habitantes (**Ver Cuadro 8.13**). La superficie de suelo que ocupa esta área metropolitana se estima en unas 21.000 ha.

Cuadro 8.13. Tasa de crecimiento, Gran Concepción, periodo 2017-2021.

Ciudad	Población urbana 2017	Tasa de crecimiento 17-21	Crecimiento 17-21	Población urbana estimada 2021
Concepción	217.537	7%	15.228	232.765
Chiguayante	85.633	7%	5.994	91.627
Hualpén	90.704	7%	6.349	97.053
Penco	46.718	7%	3.270	49.988
San Pedro de la Paz	131.521	11%	14.467	145.988
Talcahuano	147.831	3%	4.435	152.266
Lota	43.272	5%	2.020	45.292
Coronel	112.057	8%	9.001	121.058
Hualqui	19.643	7%	1.300	20.943
Tomé	42.312	6%	2.545	44.857
Total	**937.228**	**7%**	**64.610**	**1.001.838**

Fuente: Elaboración propia en base a datos, INE, Censo de Población y proyección a 2021.

8.1.5.1.4. Conurbación Serena-Coquimbo

Existe una nueva metrópolis en formación por la conurbación de las comunas de la Región de Coquimbo: La Serena y Coquimbo, que muestran un crecimiento poblacional acelerado con una población estimada al 2021 de 439.395 habitantes (**Ver Cuadro 8.14**).

Cuadro 8.14. Tasa de crecimiento Conurbación La Serena – Coquimbo, periodo 2017-2021.

Ciudad	Población urbana 2017	Tasa de crecimiento 17-21	Crecimiento 17-21	Población urbana estimada 2021
La Serena	195.382	10%	19.538	214.920
Coquimbo	204.068	10%	20.407	224.475
Total	**399.450**	**10%**	**39.945**	**439.395**

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE, 2021.

8.1.6. El cambio climático en los asentamientos humanos

8.1.6.1. Antecedentes

El cambio climático y sus consecuencias en el ambiente terrestre es un tema vigente en la actualidad, cuyos efectos ya se aprecian a nivel mundial. Esto adquiere especial relevancia para los asentamientos humanos, donde Duque Franco y Montoya Garay (2021) reconocen que el tema representa desafíos para la urbanización y observan cuatro razones para tener en consideración: (i) el proceso de urbanización es mayor en países menos equipados para enfrentar la crisis (While y Whitehead, 2013); (ii) las grandes ciudades son más vulnerables ante el cambio climático debido a la escasez de recursos (Anguelovski, Chu y Carmin, 2014); (iii) las grandes ciudades producen una gran cantidad de gases de efecto invernadero (Bulkeley y Schroeder, 2012) y (iv) las ciudades son un buen espacio para explorar experiencias en planificación y gobernanza para la mitigación y la adaptación al cambio climático (Heinrichs, Krellenberg y Fragkias, 2013). En complemento con los puntos mencionados Duque Franco y Montoya Garay (2021) proponen que la gobernanza y la política de adaptación al cambio climático sean la principal línea de trabajo.

En esa línea, Chile ya cuenta con una serie de instrumentos indicativos que plantean el rol que deben tener las ciudades en relación con el cambio climático y ambiental. Uno de los más importantes es el Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018 (ONEMI Chile, 2016a) y la Política Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres (ONEMI Chile, 2016b). El desarrollo de la política y el plan se basa en la ratificación nacional (Decreto N^{o} 123, 1995) a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (NU, 1992) y en el convenio suscrito (Decreto N^{o} 349, 2005) relacionado con el Protocolo de Kyoto (NU, 1998), con lo cual Chile se compromete ante la comunidad internacional a enfrentar este desafío de alcance global. Otro instrumento es el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (MMA Chile, 2017) cuyo periodo de vigencia comprende los años 2017-2022, y tiene como misión: “Fortalecer la capacidad de Chile para adaptarse al cambio climático profundizando los conocimientos de sus impactos y de la vulnerabilidad del país generando acciones planificadas que permitan minimizar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos, para su desarrollo económico y social y asegurando su sustentabilidad” (MMA Chile, 2017, p. 35).

La primera acción chilena para identificar medidas de adaptación al cambio climático a nivel de ciudades ha sido a través del “Plan CAS” (*Climate Adaptation*

Santiago) Santiago (GORE RMS y MMA Chile, 2012), también publicado con mayor profundización de información en inglés (Krellenberg y Hansjürgens, 2014). Las 14 acciones de adaptación de este plan están principalmente dirigidas a la escasez hídrica, las alzas en las temperaturas, especialmente en verano, las altas probabilidades de inundaciones que afectarían a ciertas comunidades. En relación con el Plan CAS, Barton (2013) destaca la fuerte impronta sectorial en la toma de decisiones, planteando un fortalecimiento de la gobernanza entre los diferentes servicios públicos.

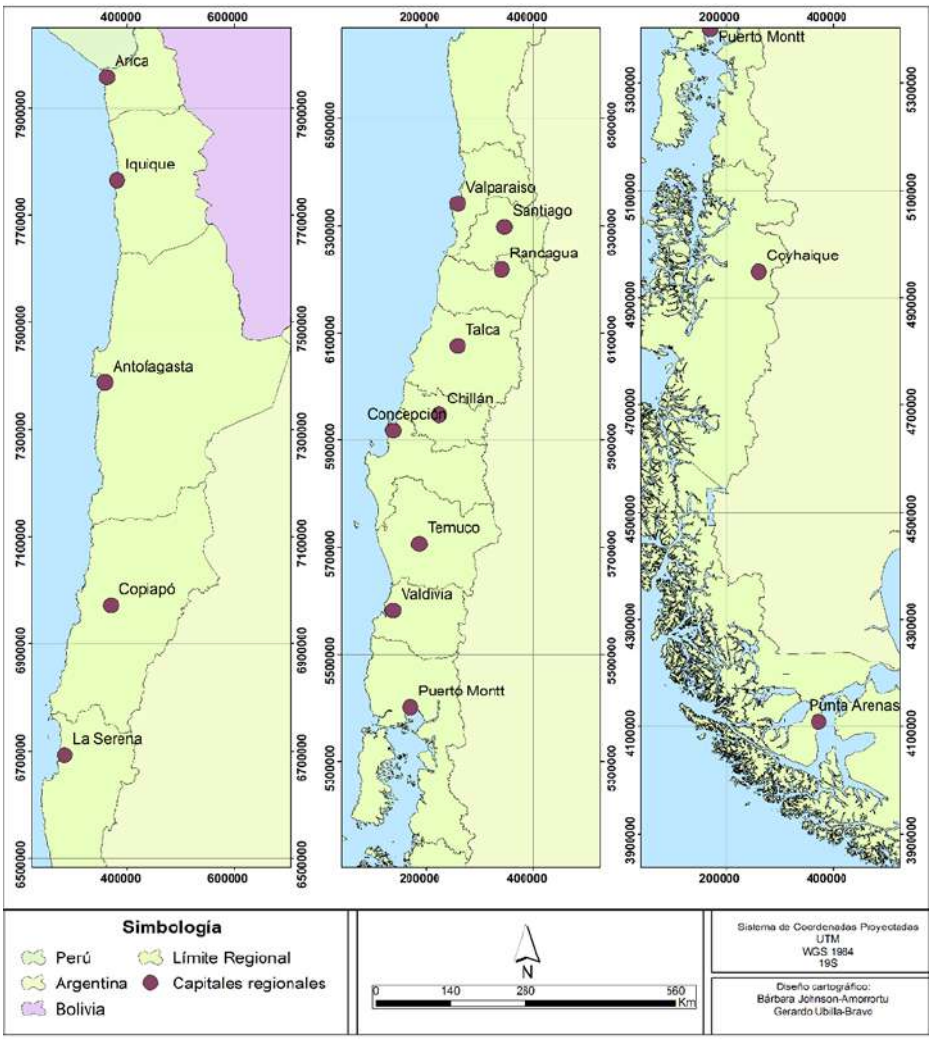
Entre 2014 y 2016 se realizaron por encargo del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Ministerio de Obras Públicas (MOP) y Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), seis estudios de los impactos climáticos sobre ciudades e infraestructura tanto históricos como futuros. De estos, cinco incluyen propuestas de acción para la adaptación y un estudio sobre una propuesta de un marco legal e institucional para la adaptación al Cambio Climático a nivel municipal y regional. El MOP se comprometió con el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad a elaborar el Plan de Adaptación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático (MOP Chile y MMA Chile, 2017). Por otra parte, el MMA ha venido incluyendo un capítulo sobre cambio climático en sus últimos tres Reportes del Estado del Medio Ambiente (Shee Smith et al., 2018); (Shee Smith et al., 2019); (Shee Smith et al., 2021).

El objetivo general de este subcapítulo es dar cuenta del estado de algunos indicadores clave asociados al cambio climático y ambiental para asentamientos humanos (ciudades grandes e intermedias) en Chile, al año 2022. Para abordar dichos indicadores, este informe se estructura en los siguientes cuatro temas:

(i) asentamientos humanos,
(ii) isla de calor urbana,
(iii) reforestación y parques urbanos,
(iv) planes para el cambio climático: su vinculación con los asentamientos humanos.

En la **Figura 8.20** se muestra los principales asentamientos humanos en Chile. En general, se aprecian aquellas que son grandes ciudades y a su vez capitales regionales. Estas son parte del área de estudio de este trabajo. El detalle de las ciudades intermedias se indica en el acápite de resultados.

Figura 8.20. Principales asentamientos humanos de Chile.



Fuente: Ubilla-Bravo y Johnson-Amorrortu (2019).

8.1.6.2. Métodos de recopilación, análisis de datos y diseño metodológico

El proceso de recopilación de datos comprendió una búsqueda de distintas fuentes asociados a los indicadores de esta investigación que se indican en el **Cuadro 8.15**. Se puede agregar que los datos son de carácter secundario y se obtuvieron a través de una revisión en gabinete. En cuanto al análisis de datos, este cubre una serie de indicadores asociados a variables y dimensiones que permiten comprender una parte del fenómeno del cambio climático y ambiental en asentamientos humanos de Chile. Cabe señalar que las dimensiones 1 y 2 son originales de esta versión, mientras que los temas 3 y 4 se conservaron de la versión anterior (Ubilla-Bravo y Johnson-Amorrortu, 2019).

Cuadro 8.15. Indicadores por variables y dimensiones considerados en la investigación.

Dimensión	Variable	Indicador	Fuente
1. Asentamientos humanos: ciudades grandes e intermedias	Población	Variación de la población o crecimiento demográfico de grandes ciudades de Chile central, periodos: 1992-2002, 2002-2017 y 1992-2017	INE Chile (1995, 2005, 2019)
	Riesgos potenciales	Riesgos potenciales integrados en los principales asentamientos humanos en la Región Metropolitana de Santiago año 2013	Ubilla Bravo et al., (2013)
2. Isla de calor urbana	Este tema se aborda desde una perspectiva bibliográfica con enfoque cualitativo		
3. Reforestación y parques urbanos	Parques Urbanos	Nº de Parques Urbanos pequeños, intermedios y mayores en Chile año 2017	MINVU Chile (2017)
	Reforestación	Nº de campañas de arborización urbana en Chile año 2018	MINAGRI Chile & CONAF Chile (2015)
		Nº de hectáreas reforestadas por capital regional período 2007-2016	Base de datos CONAF 2007-2016 (CONAF Chile, s. f.)
4. Planes para el cambio climático y su vinculación con los asentamientos humanos	Planes para el cambio climático	Nº de acciones en planes gubernamentales para el cambio climático año 2022 que presenten directa relación con los asentamientos humanos	MMA Chile (2015), MMA Chile (2017), MOP Chile & MMA Chile (2017), MMA Chile & MINVU Chile (2018), GORE RMS & MMA Chile (2012)

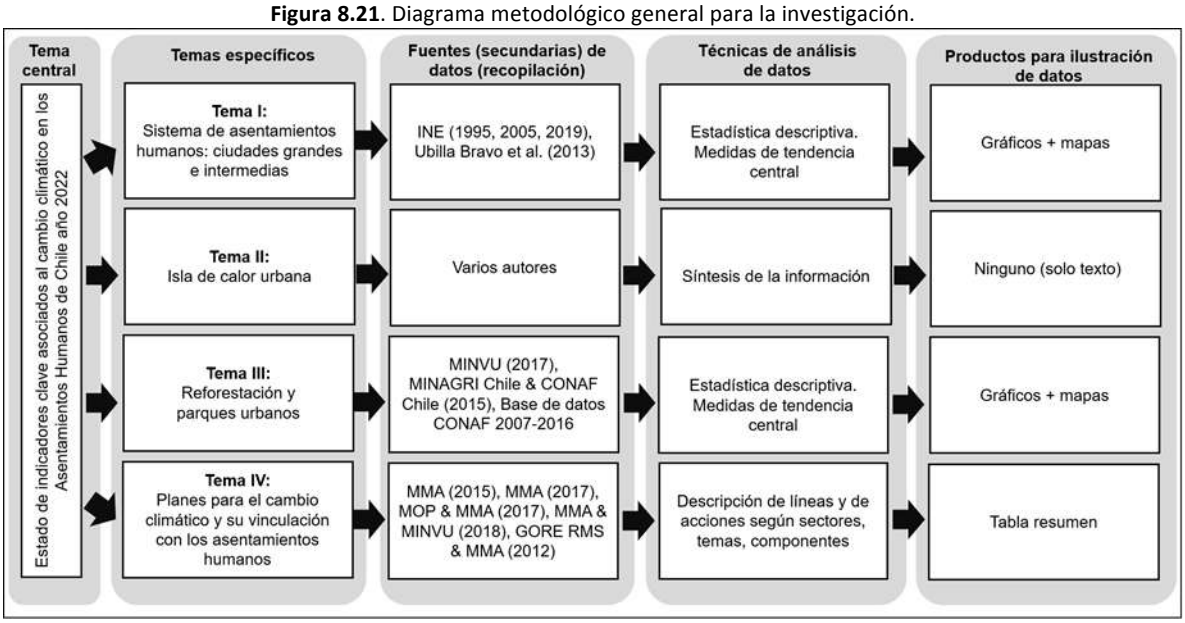
Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, rama de la estadística que recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen de posición en tablas o gráficos (Hernández Sampieri et al., 2010).

La

Figura 8.21 resume la estrategia general metodología seleccionada para este informe considerando cada uno de los temas específicos del estudio, señalando los métodos de recopilación, las técnicas de análisis de datos y el producto obtenido para cada uno de ellos.

Figura 8.21. Diagrama metodológico general para la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

8.1.6.3. Consideraciones preliminares para el ordenamiento territorial y el cambio climático en los asentamientos humanos

De forma preliminar se identifican tres aspectos a considerar en el ordenamiento territorial y el cambio climático y ambiental. El primero implica una mirada integral a los asentamientos humanos intermedios y la dinámica de su periurbano teniendo presente el enfoque analítico y sistémico en su comprensión. El segundo es la adaptación de estos sistemas territoriales hacia los efectos del cambio climático y ambiental, donde se debe considerar una equilibrada distribución de usos del suelo entre las áreas construidas y los espacios verdes. Un último aspecto dice relación con la formalización de procesos de gobernanza territorial y climática emergentes, esta formalización tiene como ventaja la validación y legitimación de los acuerdos que se tomen en estas materias.

8.1.6.3.1. Riesgos potenciales por asentamientos humanos

En Chile se aprecia que no existen estudios sobre riesgos potenciales de asentamientos humanos a escala nacional con una visión global. Sin embargo, sí es posible encontrar algunos estudios científicos sobre estos fenómenos en algunas ciudades específicas del país. En este sentido destaca el Primer Catastro Nacional de Desastres Naturales (SERNAGEOMIN, 2017), el estudio de Riesgos potenciales derivado de procesos naturales en los principales asentamientos de la Región Metropolitana de Santiago (Ubilla Bravo et al., 2013), el Diagnóstico de amenazas naturales y exposición sistemas estratégicos de la Región de Atacama

(GORE Atacama, 2014) y un caso particular aplicado para Rapa Nui (Castillo Soto, 2001), entre otros.

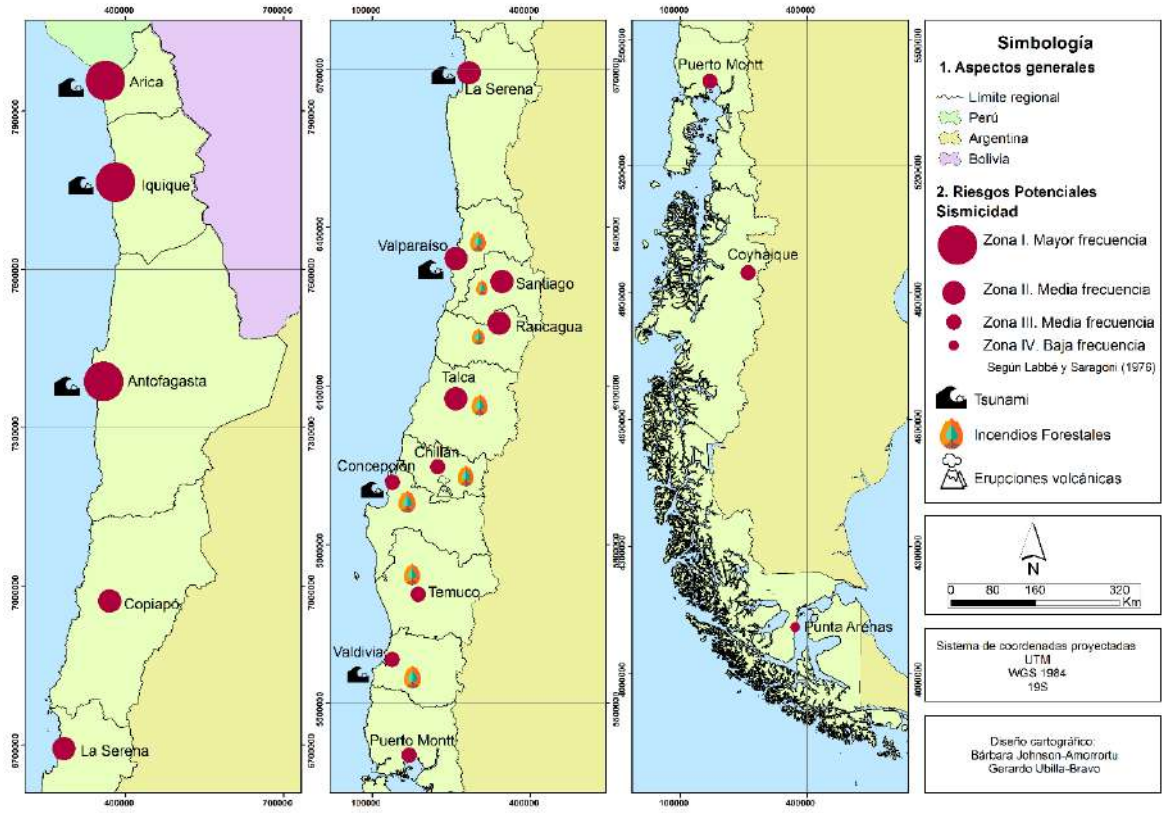
En cuanto a los riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos (capitales regionales) de Chile, (**Ver Figura 8.22**) es posible mencionar que de las dieciséis capitales regionales, siete cuentan con riesgo de Tsunami por ser ciudades costeras, exceptuando la ciudad de Puerto Montt, que gracias a la posición y orientación de la ciudad y ante la protección natural que conforma el Seno de Reloncaví y las islas que rodean la costa, se considera poco probable la afectación por efectos de un tsunami (Saavedra Rojas, 2007; Vilaró Caldera, 2017)[8].

En cuanto a los riesgos por incendios forestales, de acuerdo a lo mencionado por Riveros et al. (2018), las ciudades de tienen mayor susceptibilidad a incendios forestales son los asentamientos humanos de la zona central. En este sentido, las ciudades de Valparaíso, Santiago, Rancagua, Talca, Chillán, Concepción, Temuco y Valdivia tienen mayor probabilidad de sufrir incendios forestales en sus alrededores. Se debe tener en cuenta que uno de los factores que más influye en la ignición de ecosistemas vegetacionales corresponde a la imprudencia humana.

Finalmente, en cuanto al riesgo por erupciones volcánicas, la única capital regional que presenta un riesgo alto por volcanismo es Chillán, debido a la presencia del complejo volcánico Nevados de Chillán (Sanhueza Lepe, 2021). Sin perjuicio de lo anterior, también se considera necesario avanzar en estudios específicos para conocer si podría afectar a otras capitales regionales teniendo en cuenta el alcance de las nubes de piroclastos o de lahares siguiendo los cursos de agua superficiales.

[8] Inclusive en una situación extrema como fue el terremoto del 22 de mayo de 1960 y su posterior tsunami que afectó las costas de la región, en Puerto Montt no se tuvieron registros de anormalidades en las mareas.

Figura 8.22. Riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos en Chile.



Fuente: Ubilla-Bravo y Johnson-Amorrortu (2019). La fuente de los datos asociados a riesgo potenciales de sismicidad es Labbé y Saragoni (1976).

Cambiando de escala, aquí se revisa el caso de los riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos para la Región Metropolitana de Santiago considerando el estudio de Ubilla Bravo et al. (2013). En relación con el Gran Santiago, los principales riesgos corresponden a procesos asociados a remoción en masa, aluviones y anegamientos por impermeabilización de suelo. En relación con los otros asentamientos humanos intermedios subregionales, la mayoría corresponden a riesgos por desbordes del río Mapocho y de sus afluentes, inundación por mal drenaje del suelo y superficialidad del nivel freático, desprendimiento por desestabilización del laderas e ignición de incendios. En el **Cuadro 8.16** se muestra el resumen de los riesgos potenciales para cada uno de los asentamientos humanos mayores en la RMS.

Cuadro 8.16. Riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos en la Región Metropolitana de Santiago, año 2013.

Asentamiento	**Principales riesgos potenciales**
Metrópoli de Santiago	- Riesgo de remoción en masa en el piedmont andino - Aluviones por aumento explosivo en los niveles pluviométricos de las cuencas - Anegamiento por exceso de urbanización e impermeabilización del suelo
Peñaflor	- Desborde del río Mapocho
Colina	- Desborde del estero Colina y desprendimientos del cerro La Guaca
Melipilla	- Ignición de incendios - Desborde del río Mapocho
Talagante	- Desborde del río Mapocho - Inundación por mal drenaje y nivel freático alto
Buin	- Media susceptibilidad a desborde de río Maipo
El Monte	- Desborde del río Mapocho - Mal drenaje - Nivel freático alto
Paine	- Sin riesgos potenciales en el área urbana
Curacaví	- Susceptibilidad a deslizamientos y desprendimientos por erosión de las laderas (presencia de cárcavas) - Desborde del estero Puangue y Cuyuncaví
Isla de Maipo	- Desborde - Afloramiento de napas
Lampa	- Desborde del estero
Batuco	- Inundación por mal drenaje del suelo
La Islita	- Inundación por mal drenaje del suelo - Desborde del río Maipo
Hospital	- Desborde del río Angostura - Inundación por mal drenaje
Alto Jahuel	- Ignición de incendios forestales - Deslizamientos desde los cerros colindantes
San José de Maipo	- Remoción en masa del cerro Divisadero - Zonas de inundación
Tiltil	- Proceso de remoción en masa, inundaciones por desbordes y susceptibilidad a incendios forestales
Bajos de San Agustín	- Susceptibilidad a procesos de remoción en masa
Farellones	- Remoción en masa sobre las redes viales conectoras
Padre Hurtado	- Susceptibilidad de desborde por canales de regadío en zonas de expansión urbana
Pirque	- Susceptibilidad a inundaciones
Alhué	- Ignición de incendios forestales - Desborde
Noviciado	- Inundaciones por acumulación de aguas lluvia en suelos de mal drenaje
Polpaico	- Inundaciones por desborde

Fuente: Ubilla Bravo et al., (2013).

8.1.6.3.2. Isla de calor urbana (ICU): consideraciones y situación en ciudades de Chile

En las últimas décadas casi la totalidad de la población rural de América Latina y el Caribe ha migrado hacia áreas metropolitanas, ciudades medianas y pequeñas, transformándola en una de las regiones más urbanizadas del mundo al concentrar

el 80% de su población en áreas urbanas (Duque Franco y Montoya Garay, 2021). En Chile también ha habido la migración desde áreas rurales a zonas urbanas, y se constata que el 87,8% de la población reside en estas últimas (INE Chile, 2018). Esto ha generado impactos sobre el componente socio ambiental del territorio, al perturbar diversos ecosistemas y condicionar la calidad de vida de los habitantes. En efecto, las Naciones Unidas (NU, s. f.) afirma que las ciudades producen más del 60% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a pesar de que abarcan menos del 2% de la superficie terrestre. Es por ello que las áreas urbanas se transforman en un espacio indispensable para proponer acciones que mitiguen los efectos del cambio climático (Sánchez Rodríguez, 2013).

Las modificaciones climáticas que implica la urbanización, como el incremento de temperaturas y la disminución de la humedad y ventilación atmosférica, junto a la sustitución de uso y cobertura de suelos naturales por superficies urbanas, ha favorecido el establecimiento de islas de calor urbanas (ICU) (Sarricolea Espinoza, Aliste Almuna, Castro y Escobedo Catalán, 2008). Según Capelli de Steffens, Píccolo, Hernández González, Navarrette y Lara (1997), este fenómeno se define como “el exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la acción antrópica”, mientras que Smith y Andrade (2013) lo declaran como gradiente térmico entre áreas urbanas y su entorno rural o natural, siendo la ciudad comparativamente más caliente.

Generalmente, las ciudades tienden a ser más cálidas que su periferia. No obstante, la forma e intensidad de la isla de calor podrá variar con el tiempo y el espacio dependiendo de los intercambios energéticos en su interior, así como también de las características meteorológicas, geográficas y urbanas (Capelli de Steffens, Píccolo, Hernández González y Navarrette, 2001). Respecto a estas últimas, los materiales de superficies urbanas poseen un bajo albedo que se manifiesta en su gran capacidad para absorber, almacenar y emitir calor, en contraste con su baja capacidad de almacenar agua, situación que propicia condiciones para que la temperatura en áreas urbanas sea mayor que las temperaturas del espacio circundante o entorno rural (Romero Aravena y Molina, 2008; Therán Nieto, Rodríguez Potes, Mouthon Celedon y Manjarres De León, 2019).

Esta diferencia térmica se hace evidente por la noche, dado que los materiales utilizados para las edificaciones almacenan el calor durante el día y luego emiten radiación durante la noche, siendo las zonas densamente urbanizadas o

altamente impermeables las que presentan valores de temperatura más elevados (Irarrázaval, 2011). Adicionalmente, las actividades humanas que se desarrollan en el día (respiración, transporte y calefacción, entre otras) también aportan calor, fomentando el peak de intensidad de la ICU en la noche (Sarricolea Espinoza et al., 2008). Contrariamente, durante la mañana las temperaturas atmosféricas tienden a ser más elevadas en la periferia de la ciudad y/o en zonas rurales, debido a que existe una mayor cobertura natural que logra reflejar, absorber y emitir la energía solar de forma más rápida (Romero Aravena y Molina, 2008), mientras que en el interior de las ciudades la intensidad de las ICU es débil e incluso negativa, o bien llamadas islas frías, producto de las edificaciones que producen sombra y de sus materiales de construcción (Gómez Sarria, 2014). Luego aparecen las micro islas de calor en la ciudad, sobre todo en áreas industrializadas, que se hacen más evidentes al transcurrir el día. Además, se ha encontrado una relación directa entre la rugosidad urbana y geometría de las calles con la intensidad de las ICU. Según Eliasson (1994) y Therán Nieto et al. (2019), la orientación longitudinal de las calles (Norte-Sur) junto a la reducida visión del cielo, debido a la rugosidad o altitud de las edificaciones, influye en las características de las islas de calor.

Dentro de la morfología urbana también existen espacios cuya temperatura es relativamente fría en comparación con el entorno edificado. Los parques y áreas verdes, denominados como islas de frescor o islas frías, contribuyen a enfriar los espacios construidos y a regular la temperatura, siendo fundamental para la modificación y alteración de las ICU (Gómez Lopera, 2005; Honjo et al., 2003; Moreno-García, 1994).

En cuanto a las características geográficas, se ha establecido que la orografía o topografía son relevantes para determinar el clima local puesto que generan efectos sobre la temperatura, aunque en menor medida que los relacionados con la urbanización (Jiménez y Palacio, 2012). La altura y ubicación de la superficie urbana, ya sea sobre laderas o planicies, también influyen sobre la captación de luz solar (Smith y Romero, 2016).

En relación con las características meteorológicas, la formación de ICU depende de las condiciones favorables en cada estacionalidad, es decir, generalmente las islas de calor son evidentes en época estival debido a las altas temperaturas, vientos débiles y cielo despejado. De lo contrario, cuando las condiciones son desfavorables es posible que la ICU desaparezca o incluso no ocurra (Smith y

Andrade, 2013). Es por ello que este fenómeno se hace menos frecuente en otoño o invierno, ya que las características meteorológicas (fuertes vientos y cielos cubiertos) dificultan la llegada de radiación solar a la superficie urbana, siendo menos probable la creación de islas de calor (Smith y Andrade, 2013). Sin embargo, resulta complejo estandarizar la intensidad de este fenómeno de acuerdo a la estacionalidad, dado que dependerá tanto de la localización geográfica de la ciudad, como de su entorno y clima (Sarricolea y Martín-Vide, 2013). De hecho, diferentes investigaciones han obtenido como resultado una máxima intensidad de ICU en diferentes estacionalidades (Gómez Sarria, 2014).

Entre las consecuencias de las ICU, se presenta la generación de contaminantes fotoquímicos y formación de zonas de convergencia de aire contaminado sobre todo en áreas con mayor densidad de población, menor vegetación, con alto nivel de impermeabilización, y por lo general durante la época de verano. Todo lo anterior provoca un aumento del disconfort térmico y, por lo tanto, pérdidas de la calidad de vida en las ciudades (Gómez Lopera, 2005). Por consiguiente, las islas de calor se consideran como indicadores de degradación ambiental debido a sus repercusiones sobre la salud de la población y ecosistemas, destacando su influencia sobre el calentamiento climático con la emisión de GEI (Molina, Romero Aravena y Sarricolea Espinoza, 2009).

8.1.6.3.3. Situación general de las ICU en ciudades de Chile por macro zonas geográficas

A lo largo de los últimos años se han realizado diferentes investigaciones respecto al comportamiento de las islas de calor urbanas en Chile, donde en su mayoría se escoge como área de estudio la ciudad de Santiago. A continuación, se presentan los principales resultados y conclusiones de las ICU en el país según macrozona geográfica.

En el norte grande de Chile, Henríquez Ruiz y Quense Abarzúa (2013) llevaron a cabo una investigación sobre las ICU en Antofagasta y Calama. En ambas ciudades las zonas céntricas consolidadas coinciden con una mayor concentración de temperatura; así como también en ambas existe un aumento de los días cálidos o porción cálida por década y disminución de la cantidad de noches/días fríos o porción fría por década. Se destaca la influencia de las islas de frío en el clima urbano, en particular en las escasas áreas vegetacionales en Antofagasta y el oasis de Calama, enfatizando que esta última posee singularidad térmica dado que

posee temperaturas más frías y una mayor actividad vegetal en comparación con las condiciones desérticas predominantes (Henríquez Ruiz y Quense Abarzúa, 2013). La ciudad de Copiapó se comporta como isla fría durante las mañanas y tardes de invierno, pero en las noches es más cálida que su entorno rural; mientras que en verano las ICU más intensas ocurren en la mañana o en la noche, disminuyendo su temperatura en las tardes (Gómez Sarria, 2014). Este comportamiento se denomina efecto "oasis", siendo común en ciudades áridas que actúan como isla de frío o de frescor en las tardes e isla de calor en las noches, en comparación con su entorno no urbano (Correa, Ruiz y Cantón, 2010).

En la zona central, Molina *et al*. (2009) indican que la distribución de temperaturas en Valparaíso está condicionada principalmente por la urbanización, la vegetación al interior de las cuencas y el mar, mientras que Smith y Andrade (2013) incluye la rugosidad de las edificaciones y la exposición de laderas como factores significativos para esta ciudad. Durante las mañanas, la temperatura es mayor en zonas más elevadas (laderas de los cerros), a mediodía las altas temperaturas se trasladan hacia las zonas más bajas de la cuenca, situándose en este sector durante la noche; cabe mencionar que las superficies cercanas al mar son las zonas más cálidas (Molina et al., 2009). En relación con la distribución de temperaturas y los estratos socioeconómicos, se indica que durante las mañanas las áreas más frías se asocian a la población de mayor ingreso, y en las noches a la de menor ingreso, debido a que estas últimas tienden a habitar en superficies que mantienen la vegetación natural (laderas o quebradas) y cuya urbanización es precaria debido a la dificultad para construir (Molina et al., 2009).

En relación con el caso del Área Metropolitana de Santiago, de acuerdo con Aceituno G. y Ulriksen U. (1981), durante la noche se observa una diferencia térmica de 3°C a 4°C entre el centro de la capital y su periferia, siendo esta última menos cálida, mientras que los valores diurnos son triviales para definir un fenómeno de islas de calor. Romero Aravena y Molina (2008) plantean que durante la estación veraniega la distribución de temperaturas al interior de la capital se modifica en el transcurso del día. Durante la mañana se observa temperaturas más elevadas en la zona exterior al límite urbano, dado que existe una mayor superficie natural que logra absorber rápidamente la energía solar incidente. Luego, para mediodía aparecen núcleos cálidos dentro de la ciudad, cuya temperatura es mayor o similar que en el área rural. Por último, en la noche las temperaturas presentan una distribución inversa a la mañana, es decir, la

ciudad es notablemente más cálida que el espacio rural. Molina et al. (2009) complementan que en invierno la situación es semejante pero la intensidad de las ICU está más focalizada en ciertos sectores de la ciudad, y la diferencia térmica es menos notoria. Por otro lado, Sarricolea y Martín-Vide (2013) realizan una investigación para todas las estaciones concluyendo que la formación de núcleos cálidos coincide con las superficies de mayor densidad construida y también con las asociadas a actividades industriales. Además, afirman que en general las áreas rurales son más frías que las urbanas, y que los cursos de agua son más cálidos puesto que poseen una alta capacidad de almacenar calor e inercia térmica (Sarricolea y Martín-Vide, 2013). En complemento con lo anterior Smith y Romero (2016) estudian los factores explicativos de la distribución espacial de las temperaturas en Santiago, indicando que las coberturas vegetales y superficies impermeables son los factores más influyentes sobre la formación de ICU en las noches, adicionalmente menciona que el sector oriente de la capital posee temperaturas similares a las zonas rurales debido al enfriamiento que producen las brisas originadas en el piedemonte andino. Se destaca la influencia de las superficies vegetacionales sobre el comportamiento térmico en Santiago, considerando que las áreas altamente urbanizadas y con un porcentaje considerable de espacios verdes poseen una menor temperatura que las áreas altamente urbanizadas pero con un mínimo o nulo porcentaje (Romero Aravena y Molina, 2008). De esta forma, las coberturas vegetacionales son consideradas como una solución fundamental para mitigar y controlar la extensión e intensidad de las ICU (Honjo et al., 2003), consiguiendo diferencias térmicas entre parques y áreas urbanas colindantes que alcanzan incluso los 4°C, actuando como verdaderas islas de frescor (Smith y Romero, 2016).

En el caso de Rancagua, Sarricolea Espinoza et al. (2008) señalan que la isla de calor urbana alcanza su máxima intensidad en verano y primavera, presentando núcleos cálidos y una temperatura que disminuye hacia la periferia de la ciudad. Situación similar -pero con menor intensidad- ocurre en otoño e invierno, donde la ICU posee una menor extensión espacial y magnitud en esta última. Respecto a las variables que explican la distribución de temperaturas, la distancia a fuentes húmedas, densidad poblacional y elevación topográfica corresponden a las más significativas (Sarricolea Espinoza et al., 2008). Esta última, junto a la cercanía a fuentes húmedas, tienden a disminuir la temperatura, mientras que la densidad poblacional y una menor elevación aumenta la temperatura. Por otro lado, Moya Castillo (2020) concluye que el factor más explicativo de la diferencia térmica en la ciudad de Curicó es la distancia de zonas urbanas a fuentes húmedas, lo sigue la

densidad de población y la vegetación, en tanto la elevación topográfica es la menos influyente. La isla de calor será más intensa cuando aumente la densidad y la distancia entre zonas urbanas y fuentes húmedas, o bien, si disminuye la elevación y la superficie vegetacional (Moya Castillo, 2020).

En la zona sur de Chile, Capelli de Steffens et al. (2001) suponen que los cerros que limitan con la ciudad de Temuco, junto a la cercanía del río Cautín, influyen sobre la formación de la isla de calor diurna: durante el día se observa una mayor temperatura en el sector céntrico y más poblado, y una menor temperatura en las superficies cercanas al río y al cerro. En horario nocturno, las zonas más pobladas son más cálidas, no obstante, la intensidad de la ICU no es considerable (Capelli de Steffens et al., 2001).

En conclusión, el comportamiento e intensidad de las islas de calor depende de múltiples factores explicativos donde se aprecian características de tipo geográfica, meteorológica y de la configuración urbana de cada ciudad del país. La relación de estas en conjunto permite apreciar la variación y distribución de temperaturas en los espacios urbanos. Todos estos estudios permiten conocer la especificidad de cada territorio, ya sea en zonas áridas, semiáridas o húmedas; donde se constata asimismo la dificultad de plantear solo un modelo explicativo del fenómeno de la ICU.

8.1.6.4. Parques urbanos[9] y Reforestación

8.1.6.4.1. Parques Urbanos

En cuanto a los parques urbanos, el catastro realizado por el MINVU identificó un total de 1.678 parques urbanos con más de 5.000 m^2, que totalizan 5.389 hectáreas de superficie a nivel país. Las ciudades capitales regionales con el mayor número de parques son: Santiago Metropolitano con 709, de los cuales el 71% corresponde a parques menores (entre 0,5 y 2 ha), seguido de Concepción Metropolitano con 69 parques urbanos, lo que equivale al 77% de parques menores. El total nacional y el detalle por tramo según tamaño puede ser observado en el siguiente **Cuadro 8.17**.

[9] Cabe recordar al lector que este subacápite proviene de la versión anterior de este informe (Ubilla-Bravo y Johnson-Amorrortu, 2019). La presente versión tiene modificaciones menores de forma.

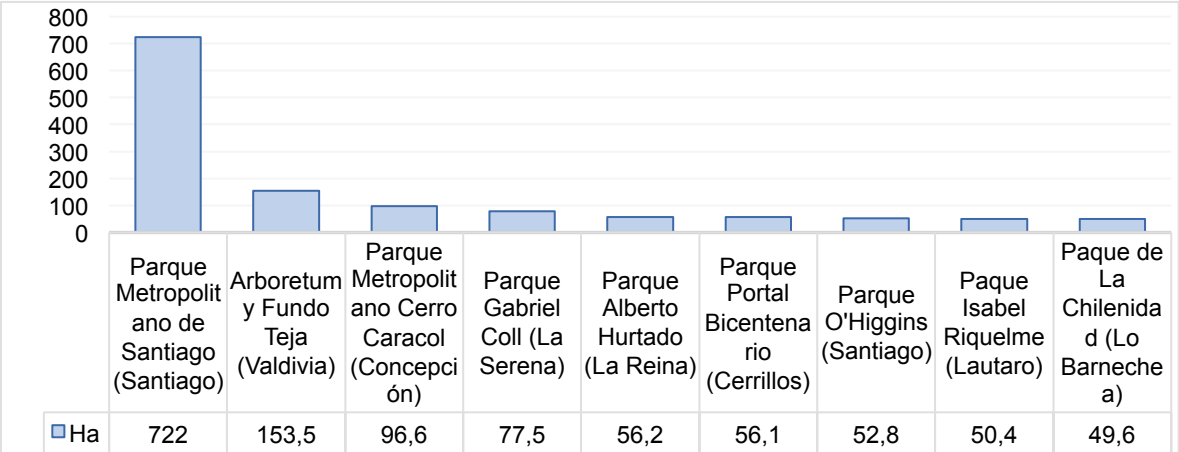
Cuadro 8.17. Número y superficie de parques urbanos por tramo de tamaño.

tramo de tamaño del parque	número de parques urbanos	superficie de parques urbanos (en ha)
parques menores	1.169	1.190
parques intermedios	432	1.778
parques mayores	77	2.421
Total nacional	**1.678**	**5.389**

Fuente: elaboración propia a partir de MINVU Chile (2017).

Respecto de los diez parques más grandes a nivel nacional, el primero corresponde al Parque Metropolitano Cerro San Cristóbal (**Ver Figura 8.23**). Luego, los tres parques más grandes se encuentran en la ciudad de Valdivia, con el Arboretum de isla Teja, le sigue Concepción con el Parque Metropolitano Cerro Caracol, y finalmente la Serena con el Parque Gabriel Coll. Cabe destacar que, de los diez parques, más de la mitad se localizan en el Gran Santiago.

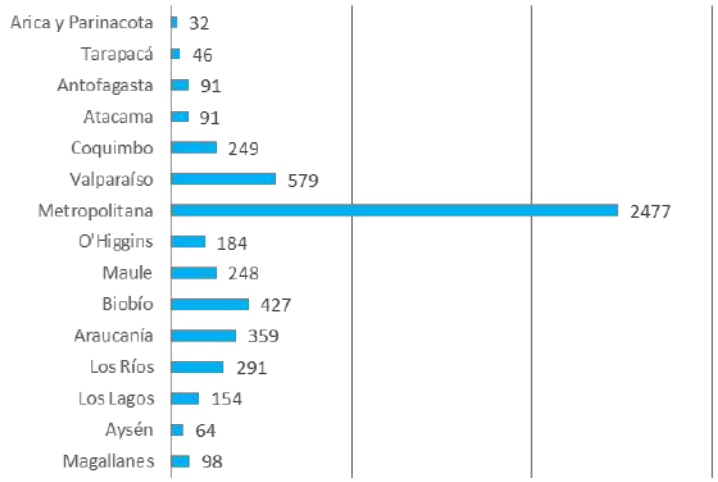
Figura 8.23. Los diez parques más grandes a nivel nacional (en ha).



Fuente: elaboración propia a partir de MINVU Chile (2017).

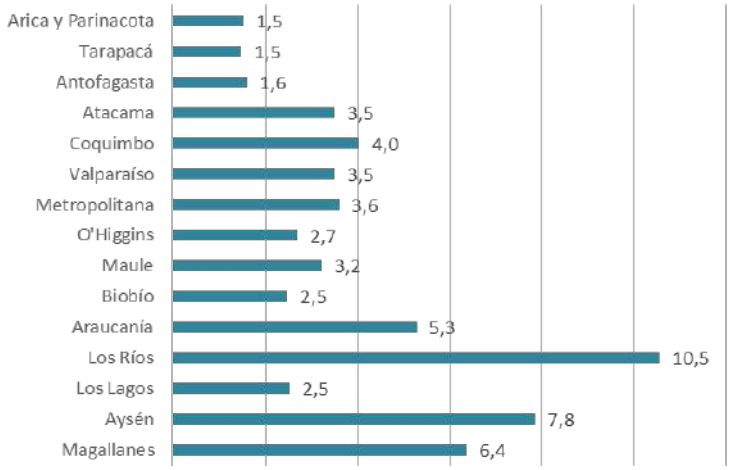
Teniendo presente los parques urbanos por región, la Región Metropolitana de Santiago posee la mayor cantidad de hectáreas de parques urbanos (2.477 ha), seguida de las regiones de Valparaíso (579 ha) y Biobío (427 ha) (**Ver Figura 8.24**). En tanto, La región de Arica y Parinacota (32 ha) y la región de Tarapacá (46 ha) contienen la menor cantidad de hectáreas de parques urbanos del país. Respecto a la superficie de parque (superficie de área verde) en m^2 por habitante, destaca la región de Los Ríos, con 10,5 m^2 de parque por habitante urbano (**Ver Figura 8.25**). Sin embargo, la situación del resto de las regiones del país es preocupante porque no cumplen con el mínimo de 9 m^2 / habitante de áreas verdes recomendada por la OMS según señala el MMA (2012).

Figura 8.24. Superficie (ha) de parques urbanos por región.



Fuente: MINVU Chile (2017).

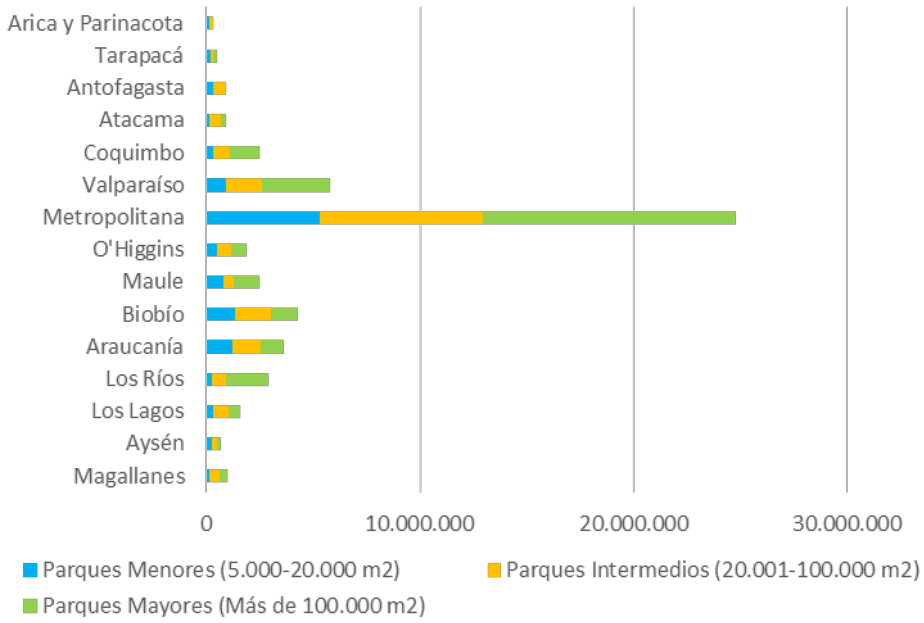
Figura 8.25. Superficie de parque por habitante (m^2 / persona).



Fuente: MINVU Chile (2017).

Respecto de la superficie de parques urbanos por tramo de tamaño y región (**Ver Figura 8.26**), es posible mencionar que trece de las quince regiones que existían al 2016 cuentan con parques urbanos de más de 100.000 m^2 (parques mayores), concentrándose los más grandes en las regiones Metropolitana de Santiago y Valparaíso. Respecto de los parques intermedios (parques urbanos de entre 20.000 y 100.000 m^2), es posible destacar que se encuentran en la totalidad de las regiones existentes en Chile en 2016, siendo las Regiones Metropolitana de Santiago, Valparaíso y Biobío las que contienen la mayor cantidad en hectáreas de parques intermedios. El mismo patrón se repite respecto de los parques menores (parques urbanos de entre 5.000 y 20.000 m^2).

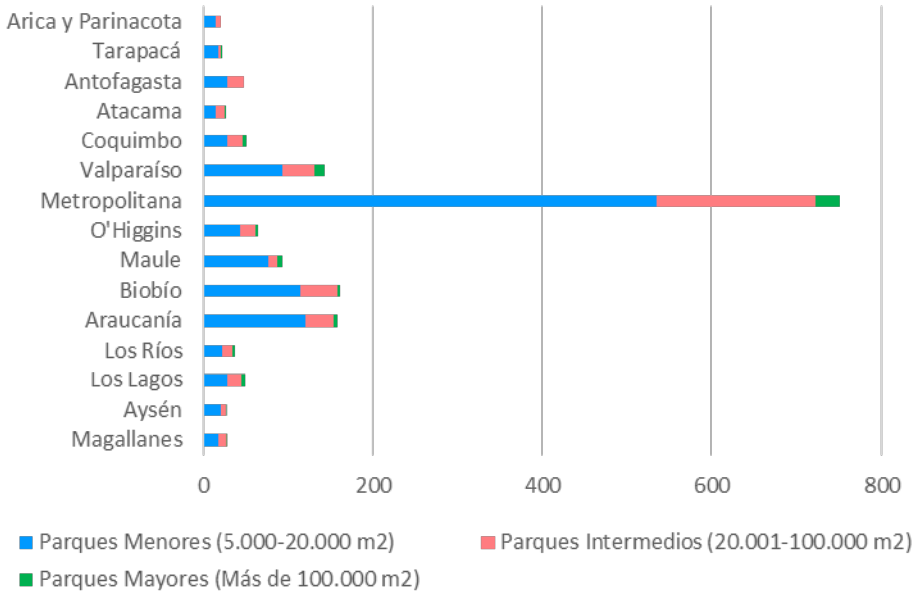
Figura 8.26. Superficie de parques urbanos por tramo de tamaño y región.



Fuente: MINVU Chile (2017).

En cuanto al número de parques urbanos por tramo de tamaño y región (**Ver Figura 8.27**), es posible mencionar que los parques de más de 100.000 m^2 son reducidos en cantidad. Es decir, que la caracterización de parques urbanos para Chile se identifica por albergar (en número) muchos parques menores, algunos parques intermedios y una muy baja cantidad de parques mayores. A pesar de que trece de las quince regiones que existían en Chile al año 2016 cuentan con áreas verdes de más de 100.000 m^2, estas se limitan a solo un parque urbano. La Región Metropolitana de Santiago es la que posee la mayor cantidad de parques menores, diferenciándose en comparación a las demás regiones. Sin embargo, posee una menor cantidad de parques intermedios y muy pocos parques mayores. Le siguen en número las regiones de Valparaíso y Biobío, las que repiten el mismo patrón.

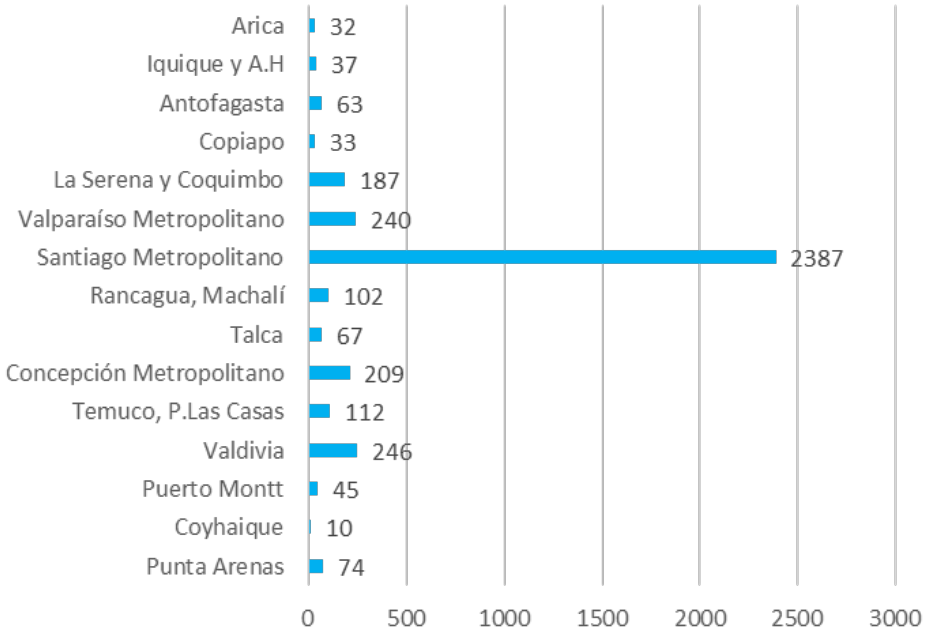
Figura 8.27. Número de parques urbanos por tramo de tamaño y región.



Fuente: MINVU Chile (2017).

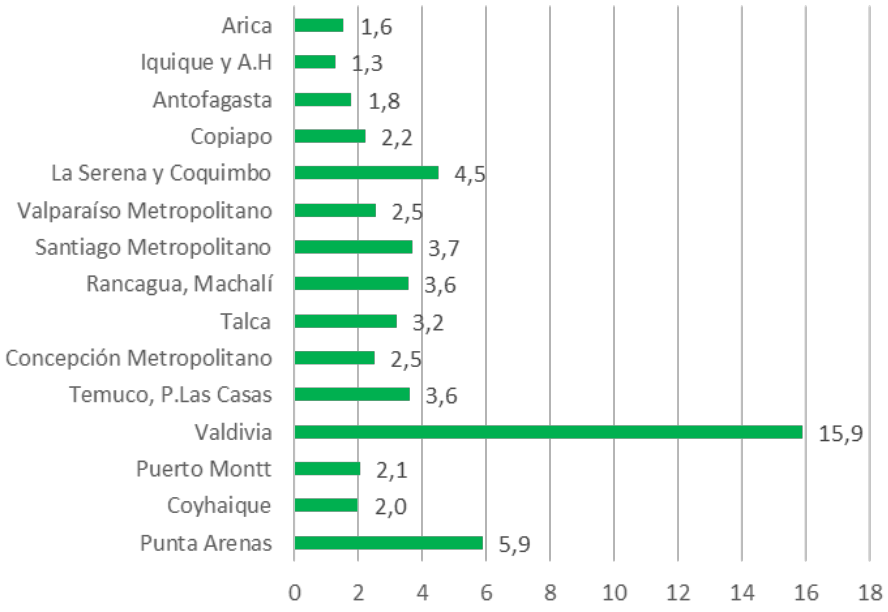
Respecto a la superficie (en ha) de parques existentes por ciudad capital, la mayor cantidad de hectáreas de parques urbanos está en Santiago, Valdivia y Valparaíso (**Ver Figura 8.28**). En cuanto a la superficie (en ha) de parques existentes por habitante (**Ver Figura 8.29**), destaca la ciudad de Valdivia, la cual presenta la mayor cantidad de hectáreas de parque por habitante, esto ya se mencionaba anteriormente en el gráfico de superficie de m^2 / habitante de áreas verdes, donde la región de Los Ríos era la única que cumplía el estándar señalado por la OMS (MMA Chile, 2012).

Figura 8.28. Superficie (ha) de parques existentes por ciudad capital.



Fuente: MINVU Chile (2017).

Figura 8.29. Superficie (ha) de parques existentes por habitante.



Fuente: MINVU Chile (2017).

8.1.6.4.2. Reforestación

El Programa de arborización "Un chileno, Un Árbol"

"Un chileno, Un Árbol" es un programa de reforestación urbana ejecutado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) a partir del año 2010 desde Arica a Punta Arenas y establece una meta de 5 a 6 millones de árboles plantados. El principal

objetivo consiste en promover la generación de servicios ecosistémicos mediante el fomento del arbolado urbano, considerando el uso de plantas con valor patrimonial y cultural, contribuyendo a la difusión de sus beneficios que proporcionan a la sociedad para mejorar la calidad de vida de la población. Las arborizaciones se focalizan en aquellas zonas más vulnerables económicamente y con menos vegetación urbana pero siempre considerando la sostenibilidad de las zonas arboladas. Las especies se plantan en avenidas, calles, pasajes, jardines, cerros islas, interior de propiedad privada, entre otros (CONAF Chile, s. f.).

El área de trabajo se divide en dos grandes grupos: las zonas urbanas y zonas periurbanas:

> Zonas urbanas: considera todo aquel conjunto de viviendas concentradas y su zona buffer (2 kilómetros). En esta zona se pueden constituir "bosques", según la definición vigente10, pero en la práctica lo que se busca constituir es un parque o una gran área de recreación.
>
> Zonas periurbanas: considera una zona exterior a la zona urbana (10 kilómetros) y algunas zonas necesarias de arborizar por la influencia que tiene sobre zonas urbanas. En general en estas zonas no se puede constituir "bosques".

El programa fomenta el uso de especies nativas y exóticas. Entre las especies nativas destaca el Quillay, Peumo, Araucaria, Toromiro y Palma Chilena, entre otras. Entre las especies exóticas destaca el Ciprés Macrocarpa, la Acacia de Hoja Azul y el Encino (CONAF Chile, s. f.).

Programa de arborización "+ Árboles para Chile"

"+ Árboles para Chile" es otro programa de arborización ejecutado por la CONAF, el que tiene como uno de sus principales objetivos mejorar la calidad de vida de los habitantes a través de la reforestación urbana. Al igual que el programa anterior, las arborizaciones se focalizan en aquellas zonas más vulnerables económicamente y con menos vegetación urbana, pero siempre considerando la sostenibilidad de las zonas arboladas y las necesidades y particularidades tanto naturales como antrópicas de cada región. La entrega de árboles durante el 2014

[10] Definición de **bosque**: Sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 m², con un ancho mínimo de 40 metros, con cobertura de copa arbórea que supere el 10% de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25% en circunstancias más favorables (Ley N° 19.561, 1998).

correspondió a 2.394.499 plantas, de los cuales el 56% corresponde especies nativas. Para el año 2018 incorporó la creación de 116 Programas Comunitarios en las comunas con menos recursos y menor cantidad de áreas verdes (MINAGRI Chile y CONAF Chile, 2015).

En las 32 unidades productivas de CONAF, a la fecha, se trabaja con 314 especies distintas, entre nativas y exóticas. Hacia el primer semestre del año 2015 la entrega de plantas realizada a nivel nacional ascendía de 285 especies, provenientes de las diversas unidades productivas. Durante el año 2014 se ingresaron a inventario 4.667.943 nuevas plantas correspondientes a 186 especies, las que provienen de producción, compra y donación (MINAGRI Chile y CONAF Chile, 2015).

Reforestación a escala nacional

En cuanto a las iniciativas de reforestación por capital regional a cargo de la CONAF analizando las tablas y gráficos que se presentan a continuación, es posible destacar que durante el período 2007-2016, estas presentaron algunas particularidades.

En primer lugar, analizando las bases de datos de la CONAF[11] es necesario mencionar que las capitales regionales del país no presentan altas cantidades de reforestación, ya que, al ser zonas altamente urbanizadas, dificultan la labor de encontrar espacios deshabitados para forestar y/o reforestar. En este sentido, las mayores hectáreas de reforestación se encuentran en las zonas más rurales o silvestres de cada región. En segundo lugar, analizando las capitales regionales llama la atención que las mayores campañas de reforestación se dirigieron a las zonas centro-sur del país. Destacaron las ciudades de Concepción, Temuco, Valdivia y Coyhaique, donde las campañas de reforestación se mantuvieron casi ininterrumpidas durante el período 2007-2016. En tercer lugar, resalta positivamente la ciudad de Valdivia, la que obtuvo la mayor cantidad de hectáreas reforestadas durante el periodo. En este sentido se aprecia el año 2013 con más de 1.200 ha reforestadas. En cuarto lugar y, por el contrario, se observa un pobre avance en las ciudades nortinas del país, donde las campañas de reforestación se mantuvieron casi nulas en el periodo ya mencionado. En este sentido, las únicas ciudades con campañas de reforestación casi ininterrumpidas para el período mencionado fueron Arica y La Serena, ambas con menos de 10 hectáreas reforestadas para el año 2016.

[11] http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/estadisticas-forestales/

Según Reynolds et al. (2005, en Castillo Oyarce, 2018) la desertificación es un proceso que se incentiva por medio de la deforestación. En este caso, la desertificación perpetuada por la baja reforestación en el norte del país afectaría directamente el avance de la desertificación hacia la zona central. Según la Cámara de diputados de Chile (2012) este fenómeno se manifiesta con mayor fuerza en las siguientes macrozonas agroecológicas: la precordillera de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, la faja costera de la región de Tarapacá hasta la de Coquimbo y las áreas ocupadas por las comunidades agrícolas de la región de Atacama y Coquimbo, entre otras. De aquí al año 2030, entre las latitudes en que se ubican Arica y Chiloé, ocurrirá un calentamiento promedio de 2 a 4 grados Celsius, con intensificación de la aridez en la zona norte, avance del desierto hacia el sur, reducción hídrica en la zona central, aumento de precipitaciones en la zona sur y disminución de los glaciares. El avance del desierto en Chile a regiones semiáridas y australes se ha estimado en 0,4 km por año, lo que implica en el escenario más optimista la región de Coquimbo estaría incluida en el desierto de Atacama, y en el más pesimista, el desierto avanzaría hasta la región de Valparaíso.

La ciudad de Santiago también destaca negativamente, ya que la capital nacional tuvo medidas casi nulas de reforestación en el período mencionado, exceptuando los años 2009 y 2016. Sin embargo, las hectáreas reforestadas al 2016 no significaron ni la décima parte de las hectáreas reforestadas el año 2009. Por último, la ciudad de Rancagua también presentó una situación crítica, ya que es la única ciudad que no ha tenido ninguna campaña de reforestación en el periodo mencionado.

Cuadro 8.18. Superficie reforestada (ha) por capital regional período 2007-2016.

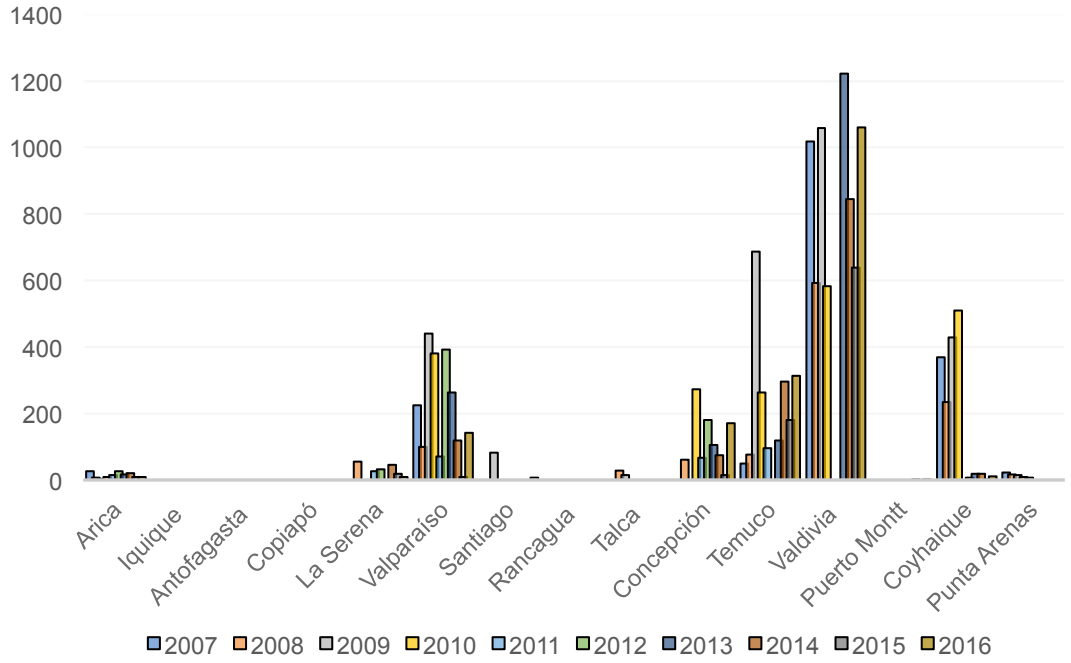
Región	Capital	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Arica y Parinacota	Arica	26,8	6,9	2,6	9,2	14,5	26,1	16,7	20,9	8,2	8,4
Tarapacá	Iquique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antofagasta	Antofagasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atacama	Copiapó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coquimbo	La Serena	-	55,9	-	-	27,2	32,9		45	18,2	9,5
Valparaíso	Valparaíso	225,6	99	440	380,5	70	392,2	263,4	119,1	8	142,8
RMS	Santiago[12]	-	-	82,7	-	-	-	-	-	-	6,6
Libertador Bernardo O'Higgins	Rancagua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maule	Talca	-	28,3	15,6	-	-	-	-	-	-	-
Biobío	Concepción	-	61,3	-	272,9	65,9	179,7	104,9	73,6	15,6	171,2
Araucanía	Temuco	49,7	77,2	686	263,8	96,4	-	119,1	295,4	181,1	312,4
Los Ríos	Valdivia	1.019	592,1	1.058,8	582,9	-	-	1.223,2	844,8	637,8	1.061,2

[12] Considera las comunas de La Florida, La Reina, Maipú, Peñalolén y Pudahuel.

Región	Capital	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Los Lagos	Puerto Montt	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	0,5
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coyhaique	368,5	233,6	428,1	510,6	-	6,2	18,9	19,2	0,2	11,4
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	22,7	16,8	14,3	9,5	6,1	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de CONAF Chile (s. f.).

Figura 8.30. Superficie reforestada (ha) por capital regional período 2007-2016.



Fuente: elaboración propia a partir de CONAF Chile (s. f.).

8.1.6.5. Planes para el cambio climático: vinculación con los asentamientos humanos[13]

Aquí se dan a conocer las acciones sobre cambio climático de los principales planes que fueron desarrollados por ministerios del Estado de Chile y un caso regional. Se destacan solo aquellas líneas de trabajo y acciones que tienen directa relación con los asentamientos humanos, eliminándose las de otros sectores o enfoques. Los instrumentos que se consideran y se describen a continuación son: (i) el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MMA Chile, 2015), (ii) el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (MMA Chile, 2017), (iii) el Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022 (MOP Chile y MMA Chile, 2017), (iv) Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022 (MMA Chile y MINVU Chile, 2018) y (v) la Propuesta Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Región Metropolitana de Santiago o Plan CAS (GORE RMS y MMA Chile, 2012).

[13] Cabe recordar al lector que este subacápite proviene de la versión anterior de este informe (Ubilla-Bravo y Johnson-Amorrortu, 2019). La presente versión tiene modificaciones menores de forma.

Cuadro 8.19. Línea de trabajo sectorial y acciones para el cambio climático asociado a asentamientos humanos.

Sector [tema]	Acción
Ciudades	1. Planificación y ordenamiento territorial para la consideración de la incorporación de las variables del cambio climático en el desarrollo del territorio, de manera de enfrentar adecuadamente las olas de calor, inundaciones o sequias, u otros problemas asociados, como también para la adaptación a las nuevas condiciones climáticas.
	2. Desarrollo de mapas de vulnerabilidad de la ciudad e identificación de zonas de riesgo frente a eventos meteorológicos a los que se expone las zonas pobladas y principalmente las urbanas producto del cambio climático.
	3. Plan de contingencia y capacidad de respuesta de los servicios de la ciudad frente a emergencias de distinta índole: eventos extremos, destrucción de infraestructura mayor, emergencias sanitarias, abastecimiento de agua y alimentos, etc.
	4. Desarrollo de líneas de acción específicas para los recursos hídricos, la energía y la salud, considerando las características de las ciudades en cuanto a: población, actividades económicas, fuentes de abastecimiento de aguas y energía, etc.
	5. Desarrollo de líneas de acción para otros sectores y servicios de importancia en la ciudad y que puedan verse influidos por los efectos del cambio climático.
	6. Educación de la población en: la protección y el uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos, los planes de contingencia de la ciudad frente a emergencias, las zonas de riesgo y vulnerabilidad frente a eventos extremos y otros temas de relevancia para la ciudad.

Fuente: adaptación propia a partir de MMA Chile (2015, p. 65).

Cuadro 8.20: Líneas de trabajo sectorial y acciones para el cambio climático asociado a asentamientos humanos. Eje de adaptación.

Línea de trabajo	Acción
LA2: Generación, análisis y actualización de información sobre vulnerabilidad y riesgos frente cambio climático.	MA 4. Evaluar los riesgos de sistemas naturales y humanos frente a los impactos del cambio climático, que permitan priorizar las áreas y sectores críticos, para ser incorporados oportunamente en la planificación.
	MA 5. Generar y actualizar mapas de vulnerabilidad en el territorio nacional.
LA3: Elaboración, implementación y actualización de planes sectoriales de adaptación.	MA11. Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades.

Fuente: adaptación propia a partir de MMA Chile (2017, p. 49).

Cuadro 8.21. Líneas y acciones de adaptación para el cambio climático. Tema infraestructura asociado a asentamientos humanos.

Línea de acción	Acción
1. Cambios metodológicos para incorporar la gestión del riesgo hidro climático futuro en la evaluación, diseño y planificación de servicios de infraestructura.	MEDIDA 1: Incorporación de cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo.
	MEDIDA 4: Incorporación de cambios metodológicos en la etapa de diseño de obras de infraestructura asociadas a conectividad y de protección del territorio que se pueden ver afectadas por eventos extremos de origen hidrometereológico.
	MEDIDA 5: Generar programas de protección del territorio frente a lluvias intensas.
3. Monitoreo de vulnerabilidad de la infraestructura.	MEDIDA 9: Revisión periódica de obras fluviales, de drenaje y viales.

Fuente: adaptación propia a partir de MOP Chile y MMA Chile (2017, p. 54).

Cuadro 8.22. Líneas de trabajo sectorial y acciones de adaptación para el cambio climático. Tema Ciudades.

Línea de Acción	Acción
Línea de acción 1: Instrumentos de planificación territorial y normas urbanas	1. Perfeccionar la identificación del riesgo en las distintas escalas de planificación territorial.
	2. Mejorar la identificación y protección de áreas de valor ambiental relevantes para las ciudades.
	3. Avanzar en la definición de estándares de planificación y urbanización para evitar lesiones o pérdida de vidas, medios de subsistencia y bienes ante impactos climáticos.
Línea de acción 2: Movilidad urbana	4. Avanzar hacia una planificación urbana integrada, incorporando elementos de movilidad urbana.
	5. Fomentar la intermodalidad, incorporando modos colectivos y no motorizados.
	6. Mejorar el sistema de transporte público de las ciudades.
Línea de acción 3: Inversión en infraestructura	7. Fortalecer la adaptación al cambio climático desde la perspectiva de la infraestructura pública.
	8. Impulsar la gestión del agua frente a los impactos del cambio climático.
	9. Incorporar el cambio climático en la evaluación social de proyectos de ciudad.
	10. Impulsar proyectos de infraestructura verde en ciudades.
Línea de acción 4: Espacios públicos	11. Avanzar hacia una concepción de espacio público como soporte para la adaptación al cambio climático.
	12. Reducir el consumo de energía en el espacio público.
	13. Fomentar la utilización eficiente del recurso hídrico en el espacio público.
Línea de acción 5: Edificios públicos	14. Desarrollar edificación pública sustentable.
	15. Reducir el consumo de energía en el Sector Público.
	16. Mejorar la eficiencia energética de equipamientos.
Línea de acción 6: Viviendas	17. Reducir la demanda energética en calefacción para nuevas viviendas.
	18. Adecuar el acondicionamiento térmico de viviendas existentes.
	19. Impulsar la calificación de la eficiencia energética de las viviendas.
Línea de acción 7: Reducción de riesgo de desastres y manejo de impactos	20. Fortalecer la gobernanza del sistema de alerta temprana a escalas subnacionales ante riesgos de desastres vinculados al cambio climático.
	21. Promover la actualización de los planes de emergencia comunales en el marco de esta agenda de adaptación al cambio climático y la reducción de riesgo de desastres.
	22. Estudiar el impacto de las olas de calor sumado al efecto de islas de calor urbanas.

Fuente: adaptación propia a partir de MMA Chile y MINVU Chile (2018).

Cuadro 8.23. Componentes y acciones de adaptación para el cambio climático asociado a asentamientos humanos. Caso de la RMS.

Componente	Acción
1. Uso de Suelo: Reducción de amenazas de calor extremo e inundaciones.	Medida 2: Factor verde en nuevas construcciones (públicos y comerciales).
	Medida 3: Utilización de canales de riego existentes a lo largo del piedemonte Andino para de la minimización del riesgo de inundación.
2. Vulnerabilidad: Reducción de la exposición a amenazas.	Medida 5: Manejo y creación de áreas verdes urbanos a través de participación ciudadana.
3. Agua.	Medida 7: Reducción de la demanda de agua potable mediante la introducción de instalaciones sanitarias de bajo consumo de agua en viviendas y hoteles existentes.
	Medida 8: Concienciación pública sobre el tratamiento y el re uso de aguas grises y la implementación del sistema en nuevas áreas residenciales.
4. Energía.	Medida 14: Reducir el consumo energético en edificios.

Fuente: adaptación propia a partir de GORE RMS y MMA Chile (2012, p. 11).

8.1.6.6. Reflexiones finales

8.1.6.6.1. Asociado al clima urbano sobre el bienestar humano y las acciones para el cambio climático y ambiental

El clima urbano tiene influencia directa o indirecta sobre la salud humana, la calidad de vida, la sensación de confort, así como del uso y frecuencia de los espacios públicos, entre otros aspectos (Castillo Valdivia, 2020), convirtiéndose en un componente indispensable para alcanzar la estabilidad y bienestar humano. Cabe constatar que dicho confort y el nivel de calidad climática dentro de una ciudad es heterogéneo, dado que varía de acuerdo a la interacción entre el clima urbano y los aspectos geomorfológicos, la estructura o morfología urbana, los criterios urbanísticos y la estructura social (Smith Guerra y Henríquez Ruiz, 2021). Considerando lo anterior, pensamos que se debe tener en cuenta el concepto de confort climático, entendido como la percepción de los habitantes sobre el espacio público exterior y el uso que le otorgan. Entre sus componentes destaca el confort térmico, que se refiere al estado de satisfacción de una persona con la temperatura y el ambiente que lo rodea (Baquero Larriva, 2021). Por el contrario, el disconfort térmico responde a la excesiva concentración de calor y/o frío que genera efectos sobre la salud de las personas y zonas de convergencia de aire contaminado, como también, un aumento del consumo energético para aclimatación (Mercado, Esteves y Filippín, 2010). Estudiar y comprender el comportamiento del confort térmico es de gran interés para avanzar en la evaluación de los efectos del clima urbano sobre la salud humana y calidad de vida, especialmente en el contexto de cambio climático (Therán Nieto et al., 2019).

En este sentido cabe preguntarse ¿cómo se pueden afrontar e intervenir los efectos que genera el clima urbano sobre la sociedad, el medioambiente y la economía? Aquí pensamos que es fundamental que la planificación urbana se guíe bajo el escenario actual de cambio climático y ambiental. Para esto se deben generar construcciones más eficientes y ecológicas que permitan reducir la emisión de gases de efecto invernadero, de tal manera que los asentamientos humanos puedan adaptarse a las consecuencias y riesgos crecientes (Costello et al., 2009). La incorporación de infraestructuras verdes, enfocadas en sustituir las superficies sólidas por superficies blandas y permeables, también permiten una mayor absorción de agua y, por tanto, reducir la intensidad de las ICU, transformándose en una de las principales herramientas para combatir el calor (Monsalves-Gavilán, Pincheira-Ulbrich y Rojo Mendoza, 2013). La geometría

urbana también cumple un rol importante en la regulación de temperaturas, considerando que las edificaciones influyen sobre la incidencia de luz solar en la superficie, por esta razón, la altura de las futuras edificaciones debe considerar los criterios climáticos (Irarrázaval, 2011).

Junto a ello, se debe gestionar el crecimiento urbano en áreas sensibles a las variaciones del clima, mediante la regulación y zonificación climática. Esto implica identificar sectores homogéneos en una escala local, según la estructura y cobertura urbana (entre otros criterios), para facilitar la evaluación de los factores que inciden en la distribución térmica de la ciudad (Jiménez y Palacio, 2012; Therán Nieto et al., 2019). En este sentido, los planes de arbolado urbano son una buena solución para enfrentar el calor de forma local, tal como ya se planteó en los resultados de este informe. Para avanzar de buena manera, los habitantes de los barrios también deben asumir el compromiso de mantener y proteger las áreas verdes en sectores públicos (Irarrázaval, 2011).

A modo de cierre de esta primera parte de la reflexión y desde una perspectiva global, se reconoce el trabajo de Monsalves-Gavilán et al. (2013) quienes proponen una serie de acciones que apuntan a la adaptación al cambio climático desde un enfoque urbano. Estas son: (1) incluir los efectos del cambio climático en los instrumentos de planificación territorial; (2) incrementar la superficie vegetacional para mitigar las temperaturas extremas; (3) limitar la construcción de viviendas o servicios públicos en sectores de riesgo; (4) fomentar el diseño de planes de adaptación que incluyan a la población vulnerable; y (5) aplicar medidas de conservación y correcta distribución del agua.

8.1.6.6.2. Sobre la contribución de este informe y una mirada al futuro

Este trabajo es un aporte a una mirada global sobre algunos temas clave para conocer algunos aspectos del cambio climático y ambiental de los asentamientos humanos en Chile para el año 2022. Este apunta a contribuir con esta mirada en un nuevo capítulo de asentamientos humanos dentro de las publicaciones sobre "El Estado del Medio Ambiente en Chile" llevadas a cabo por la Universidad de Chile. En las versiones anteriores de este capítulo (Durán de la Fuente, Medina y Orrego, 2000; Saa Vidal y Orozco, 2010; Saa Vidal y Vallejos, 2013; Saa Vidal y Donoso Zamorano, 2016) no se trató directamente el cambio climático. Recién la versión anterior del capítulo (Saa Vidal et al., 2019) considera este tema basado a

su vez en la versión anterior de este informe (Ubilla-Bravo y Johnson-Amorrortu, 2019).

El cambio climático y ambiental es un tema vigente que seguirá siendo parte de la agenda política en el siglo XXI. En el futuro esperamos seguir colaborando con nuevas investigaciones, cuyo trabajo implicará la inserción de nuevos indicadores y la aplicación de nuevas metodologías para proponer una evaluación global en la materia. Este trabajo espera ser un aporte o insumo para todas aquellas personas e instituciones que se interesen en la materia tanto de un punto de vista político (formulación de políticas públicas y planes), técnico (ejecución de proyectos y estudios) o académico (desarrollo de nuevos ejes de investigación y publicaciones científicas). El propósito es la promoción y fortalecimiento de la justicia ambiental en Chile, asegurando una buena calidad de vida y óptimas condiciones socio ambientales para la población.

8.2. CALIDAD DE VIDA Y MEDIO AMBIENTE URBANO

8.2.1. Calidad de Vida Urbana

La calidad de vida urbana de las ciudades, también conocida como bienestar territorial urbano, hace referencia a la interacción entre múltiples dimensiones propias de los territorios urbanos que afectan positiva o negativamente la calidad de vida o bienestar de las personas que los habitan (UAI, 2020; Corporación Ciudades, 2020; Orellana et al., 2021). Este concepto entrega una herramienta adicional para la planificación urbana y la toma de decisiones de políticas públicas, entregando variables ambientales, sociales y de calidad de vida que resultan novedosas respecto a los tradicionales indicadores económicos (Consejo de Políticas de Infraestructura, 2019). Varias instituciones públicas y privadas estudian y analizan este concepto.

El Estado de Chile aborda este asunto mediante el Sistema de Indicadores y Estándares del Desarrollo Urbano (SIEDU), cuya principal función es la medición de variables y atributos urbanos que afectan la calidad de vida de las personas (INE, s.f. a). El SIEDU *"se estructura a partir de ocho compromisos establecidos tanto por la Política Nacional de Desarrollo Urbano, como por la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III y las directrices planteadas por la OCDE"* (INE; s.f. a). Estos son: a) *Mejor acceso a servicios y equipamientos públicos básicos*; b) *Mejor acceso a movilidad sustentable*; c) *Mejor calidad del medio ambiente urbano*; d) *Mayor*

integración social y calidad de barrios y viviendas; e) *Más y mejor planificación de ciudades y regiones*; f) *Mayor crecimiento económico inclusivo y sostenible para el desarrollo urbano*; g) *Mayor protección del patrimonio cultural*; y h) *Mayor y mejor participación de la sociedad civil en las decisiones de desarrollo urbano.* (INE, s.f. b)

El Centro de Inteligencia Territorial (CIT) de la Universidad Adolfo Ibáñez (UAI), en colaboración con la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), desarrolló el Indicador de Bienestar Territorial, que mide 4 dimensiones asociadas a la calidad de vida urbana de diferentes ciudades del país:

- **Accesibilidad**: referida al uso potencial de equipamientos y servicios. Sus indicadores miden el acceso a áreas verdes, equipamientos culturales, deportivos y de salud y servicios públicos y de educación.
- **Ambiental**: mide el nivel de confort de los entornos urbanos a partir de mediciones de amplitud térmica y cobertura vegetal.
- **Socioeconómico**: muestra la realidad social y económica de los territorios a partir del nivel socioeconómico y de segregación existente en sus poblaciones.
- **Infraestructura**: considera los elementos de la vivienda y su entorno a partir de indicadores sobre infraestructura básica y de vivienda.

Por otra parte, la Corporación Ciudades publicó el año 2020 su proyecto del "**Atlas de Bienestar Territorial"**. En este se representa para 22 ciudades del país una serie de cartografías que ilustran los indicadores de tres de las anteriores dimensiones: Accesibilidad, Ambiental e Infraestructura.

También el Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Universidad Católica, en conjunto con la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), desarrolla desde el año 2011 la medición del Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU). En su primera versión se estudiaron 69 comunas, las que al año 2020 aumentaron a 99 (además de 6 estudiadas a partir del Censo 2017) (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020). Este índice considera 6 dimensiones sobre la vida en zonas urbanas: vivienda y su entorno, salud y medio ambiente, ambientes de negocio, condiciones socio-culturales, condiciones laborales y, por último, conectividad y movilidad (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020).

8.2.1.1. Calidad de vida urbana y bienestar territorial por comunas

En la última versión del ICVU, publicada en 2021, se analiza la evolución de las ciudades entre 2011 y 2020[14]. El ICVU se divide en 4 niveles: bajo, medio bajo, medio alto y alto; mientras los territorios se clasifican en ciudades intermedias, áreas metropolitanas emergentes, áreas metropolitanas (consolidadas) y la Región Metropolitana (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020).

Dentro de las ciudades intermedias, entre los años 2011 y 2020, 13 comunas mejoran su ICVU, 12 lo mantienen y solo una baja de categoría. Entre las que suben de categoría destacan las comunas de Punta Arenas, que pasó de un índice 'medio alto' a uno 'alto'; Valdivia, que subió desde la categoría de 'medio bajo' a 'medio alto' y Arica, que pasó de 'bajo' a 'medio bajo'. Osorno se mantiene en un nivel 'medio bajo' mientras que Los Ángeles y Copiapó se mantuvieron en un nivel 'bajo'. Constitución bajó desde 'medio bajo' a 'bajo' (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020).

Dentro de las áreas metropolitanas emergentes, entre 2011 y 2020 se mantuvieron en el mismo nivel 11 comunas, entre ellas La Serena (medio alto), Antofagasta (medio alto), Puerto Montt (medio bajo) y Coquimbo (medio bajo). Mejoraron su ICVU 5 comunas, entre ellas Rancagua y Talca, ambas pasando desde un nivel 'medio bajo' a uno 'medio alto'. Ninguna comuna de áreas metropolitanas emergentes disminuyó su ICVU en el periodo mencionado (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020).

Entre las áreas metropolitanas consolidadas, 5 comunas mejoraron su ICVU, 7 lo mantuvieron y 3 disminuyeron de categoría entre los años 2011 y 2020. Entre estas, se mantuvieron en el mismo nivel las comunas de Viña del Mar y Concepción (ambas en nivel 'alto'), mientras que Valparaíso disminuye desde 'medio alto' a 'medio bajo'. Subieron de categoría San Pedro de la Paz ('medio alto' a 'alto') y Villa Alemana ('medio bajo' a 'medio alto') (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020).

Finalmente, en la Región Metropolitana suben de categoría 7 comunas entre 2011 y 2020, destacándose las comunas de Peñalolén y Estación Central, pasando ambas de 'medio bajo' a 'medio alto'. Se mantienen en las mismas categorías

[14] Al momento del desarrollo de este capítulo, todavía no se contaba con el ICVU del 2023". Para conocer la última versión del ICVU, consultar siguiente enlace: https://estudiosurbanos.uc.cl/documento/indice-de-calidad-de-vida-urbana-icvu-2022/

dentro de ese periodo 25 comunas, entre ellas Santiago (alto), La Florida (medio alto), San Bernardo (bajo) y Las Condes (alto). Bajaron de categoría dentro del periodo 10 comunas, entre las cuales destacan Puente Alto (de 'alto' a 'bajo') y Maipú (de 'alto' a 'medio bajo') (Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, 2020).

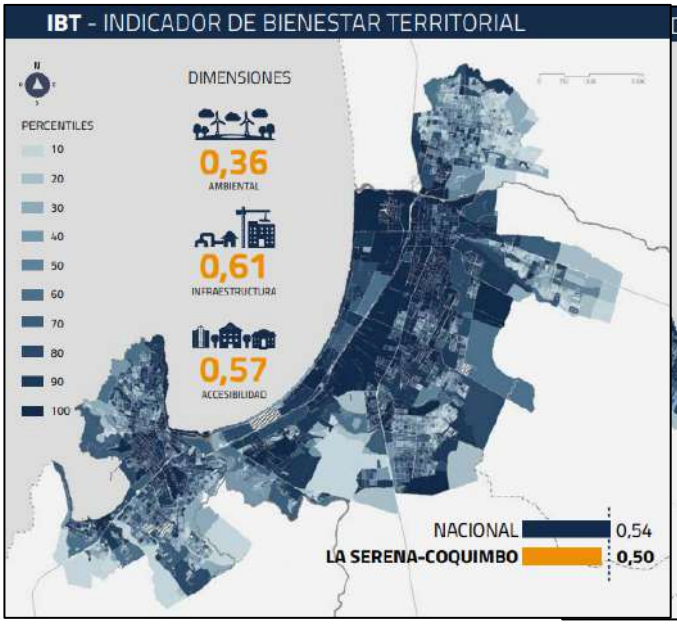
El Indicador de Bienestar Territorial que reporta Corporación Ciudades (2020), (**Ver Figura 8.31 a 8.34**) ponderando todas las dimensiones mencionadas, entrega un promedio a nivel nacional de 0,54 (entre los valores posibles de 0 a 1). Respecto a algunas grandes ciudades relevantes de destacar, por debajo del promedio nacional se encuentran Antofagasta (0,53), La Serena – Coquimbo (0,50), el Gran Santiago (0,52), Valdivia (0,46), Puerto Montt – Puerto Varas (0,46) y Punta Arenas (0,49). Por sobre el Índice nacional se encuentran las ciudades de Arica (0,56), Iquique – Alto Hospicio (0,64), Copiapó – Tierra Amarilla (0,55), el Gran Valparaíso (0,59) y el Gran Concepción (0,65) (Corporación Ciudades, 2020). En el **Cuadro 8.24** se detallan 22 ciudades y sus índices para las tres dimensiones consideradas para el Atlas de Bienestar Territorial:

Cuadro 8.24. Indicador de Bienestar Territorial (IBT) en ciudades de Chile, año 2020.

Ciudad	IBT	Dimensiones		
		Ambiental	Infraestructura	Accesibilidad
Arica	0,56	0,47	0,59	0,59
Iquique - Alto Hospicio	0,64	0,63	0,58	0,60
Antofagasta	0,53	0,37	0,63	0,60
Calama	0,48	0,39	0,57	0,53
Copiapó - Tierra Amarilla	0,55	0,33	0,60	0,70
La Serena - Coquimbo	0,50	0,36	0,61	0,57
Gran Santiago	0,52	0,32	0,64	0,63
Gran Valparaíso	0,59	0,56	0,60	0,56
Quillota - La Cruz - La Calera	0,48	0,37	0,61	0,51
San Antonio - Cartagena - Santo Domingo	0,47	0,48	0,54	0,47
Rancagua - Machalí - El Olivar	0,58	0,47	0,61	0,61
Curicó – Molina	0,51	0,42	0,60	0,54
Talca – Maule	0,55	0,44	0,61	0,60
Chillán Chillán Viejo	0,55	0,46	0,61	0,57
Gran Concepción	0,65	0,65	0,57	0,61
Los Ángeles	0,43	0,34	0,62	0,43
Temuco - Padre Las Casas	0,52	0,35	0,59	0,64
Valdivia	0,46	0,44	0,44	0,47
Osorno	0,46	0,47	0,47	0,43
Puerto Montt - Puerto Varas	0,46	0,30	0,54	0,61
Coyhaique	0,51	0,39	0,53	0,65
Punta Arenas	0,49	0,35	0,53	0,64

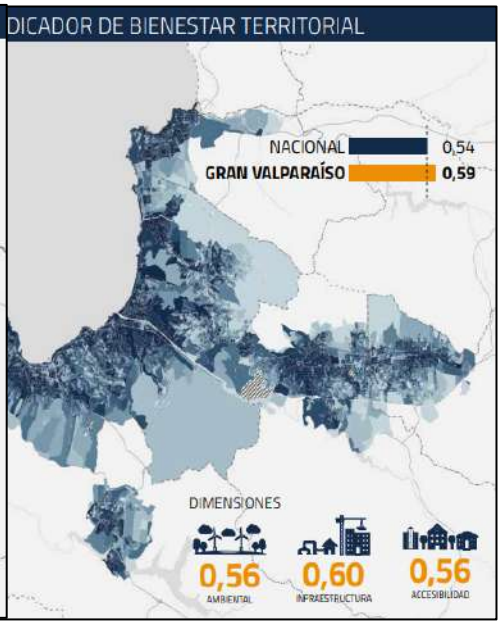
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Corporación Ciudades, 2020.

Figura 8.31. La Serena – Coquimbo.



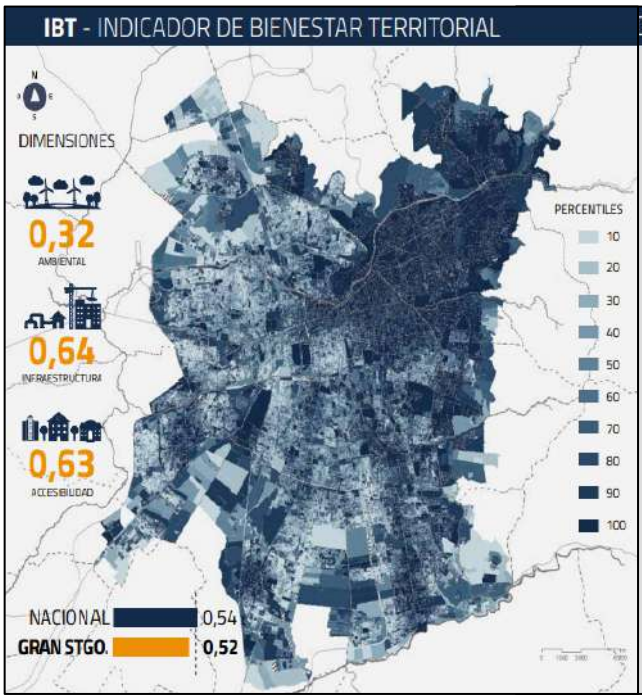
Fuente: Elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

Figura 8.32. Gran Valparaíso.



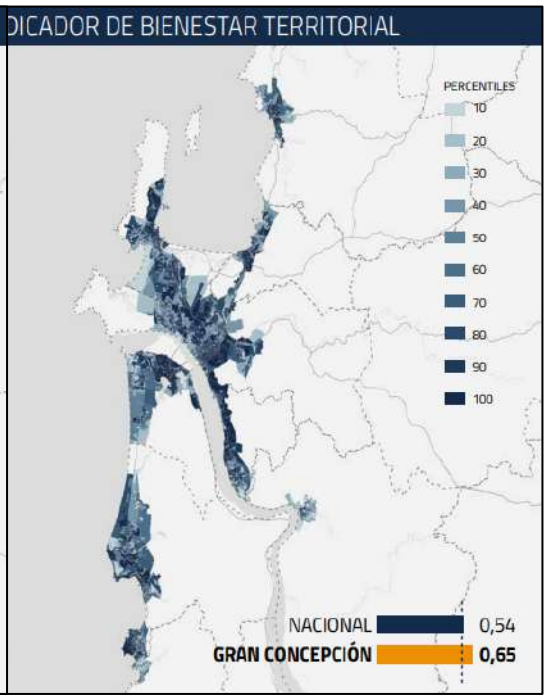
Fuente: Elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

Figura 8.33. Gran Santiago



Fuente: Elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

Figura 8.34. Gran Concepción



Fuente: Elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

8.2.2.2. La vivienda y el déficit habitacional

La Cámara Chilena de la Construcción (CChC, 2019) define el déficit habitacional (DH) como la cantidad de nuevas viviendas necesarias para *"reemplazar las viviendas inhabitables y para entregar una vivienda a las familias allegadas"*. Esta definición corresponde al déficit habitacional de carácter cuantitativo, una de las tres formas de medirlo (Salinas, 2021) y la que se usará en adelante. Según la Encuesta Casen del año 2017, en ese momento se contaba con un DH de 739.603 viviendas para 2.218.809 millones de personas (CChC, 2019). Un 58% de este déficit correspondía a familias allegadas (425.660 viviendas) y un 42% a viviendas irrecuperables (313.943 viviendas). Estas cifras, comparándolas con la medición previa de la Encuesta Casen del año 2015, muestran un aumento de 13% en el DH, el que se compone de un aumento de 35% en el DH por allegamiento y de una disminución de 7% en el DH por deterioro de viviendas (CChC, 2019).

Respecto de la evolución del DH entre los años 2015 y 2017, esta depende bastante de segmento socioeconómico. El DH aumentó en 10% para las familias de menores ingresos (deciles I al VI), que constituían en 2017 el 72% del déficit total (535.082 viviendas para 1.658.754 personas), aumentando 37% el déficit por allegamiento y disminuyendo 9% el déficit por deterioro. Para las familias de ingresos medios (deciles VII al IX), que representaban un 25% del total de déficit (185.995 viviendas para 576.584 personas), el DH total aumentó un 28% entre ambas mediciones, aumentando el déficit por allegamiento en 36% y el déficit por deterioro en un 11%. Finalmente, para las familias de mayores ingresos (decil X), que representaban un 3% del DH en 2017 (18.526 viviendas para 57.431 personas), el déficit total disminuyó un 11%, disminuyendo en 2% el DH por allegamiento y en 30% el DH por deterioro (CChC, 2019).

Al año 2021, según la fundación TECHO-Chile son más de 500 mil las familias que se encuentran en situación de déficit habitacional por allegamiento en condiciones de habitabilidad muy precarias en espacios reducidos (Gálvez, 2021).

El déficit habitacional no quiere decir necesariamente que hay menos viviendas que familias que las necesitan, de hecho, es todo lo contrario. Para el año 2017 se estimaba un parque habitacional de aproximadamente 6.266.422 viviendas mínimamente aptas (descontando las construcciones irrecuperables), las que, respecto de los 5.651.637 hogares contabilizados para el periodo, dan un promedio de 0,9 hogares por vivienda (Ferrer, 2018). De acuerdo al último Censo, mientras se contabilizaban 393.613 hogares sin una vivienda que habitar, en

paralelo existían 665.908 viviendas sin un hogar que las habite (Ferrer, 2018). Existe entonces en Chile un escenario de subutilización del parque habitacional. Muchas de estas viviendas desocupadas se encuentran abandonadas o a la espera de su adquisición o arriendo (Ferrer, 2018).

Si el problema dependiera netamente de la construcción de nuevas viviendas, el déficit no se solucionaría hasta dentro de 2 o 3 décadas según Sebastián Bowel, director ejecutivo de TECHO-Chile (Gálvez, 2021). Coincide con lo anterior la Cámara Chilena de la Construcción, quienes estiman que se necesitarían unos 31 años para satisfacer las necesidades habitaciones de las familias allegadas más vulnerables que habitan en la capital de Chile (San Juan, 2021). Se deben explorar soluciones complementarias a la construcción, tal como plantea Salvador Ferrer (2018): teóricamente 'sobran' viviendas en Chile, por lo que apuntar al stock habitacional construido, mediante ayuda estatal a la adquisición y arriendo, es una medida fundamental en el problema del DH, pudiendo reducirlo hasta en una cuarta parte sin necesidad de nuevas construcciones. Además, se puede atacar el problema del allegamiento, muchas veces atribuido a la localización dentro de puntos con buen acceso a servicios, mediante la densificación de lotes o proyectos de ampliación en zonas con altas tasas de familias allegadas (Ferrer, 2018).

8.2.2.2.1. Los campamentos en Chile en 2021 y su clasificación

El problema del acceso a la vivienda es una realidad creciente en Chile, principalmente producto del alto costo de los arriendos, de los bajos ingresos y, además, de la necesidad de independizarse de las familias allegadas. Este problema ha crecido aún más a raíz de la crisis social y económica que vive actualmente el país, la que comenzó con el "Estallido Social" en octubre de 2019 y que se ha profundizado enormemente desde el año 2020 producto de la pandemia global de COVID-19. En este contexto, son miles de familias las que han optado por instalar sus viviendas al interior de campamentos.

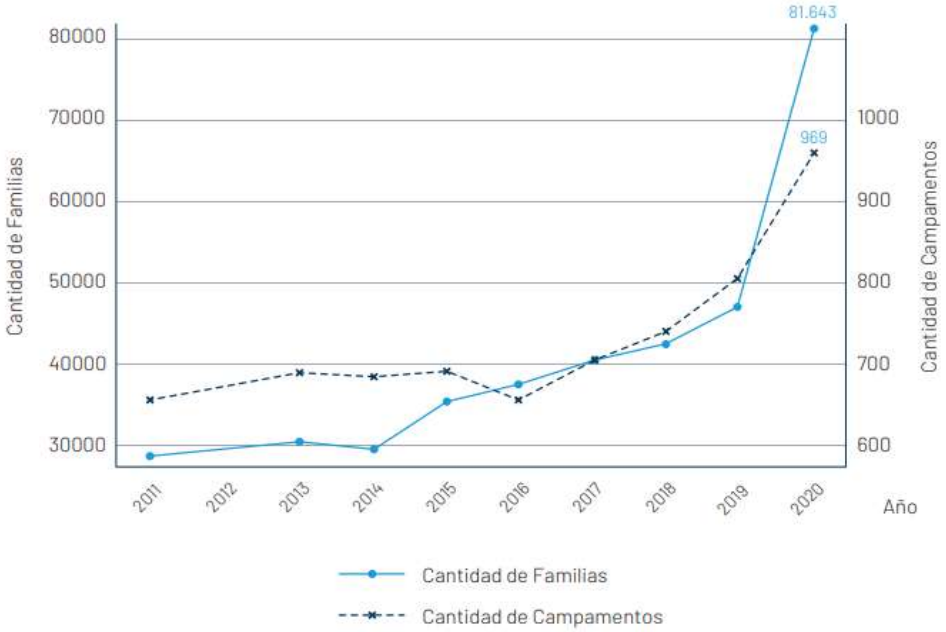
Un campamento es definido por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo como un asentamiento de ocho o más hogares que habitan un terreno en forma irregular, carecen de al menos uno de los tres servicios básicos (agua potable, electricidad y alcantarillado) y cuyas viviendas son de materiales precarios y están agrupadas en una unidad socio-territorial definida (MINVU, 2021a).

La actual crisis socioeconómica no solo ha llevado al aumento de los campamentos en Chile, sino que también al aumento del tamaño de estos. Esta realidad levanta la necesidad de distinguir y clasificar los tipos de campamentos según su tamaño, lo que fue recogido por la fundación TECHO-Chile, a través de su Centro de Estudios Socio territoriales (CES), y por la Fundación Vivienda en su Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021. Este presenta cuatro categorías de campamentos en función del número de familias que los conforman: a) pequeños (entre 8 y 20 familias); b) intermedios (entre 21 y 40 familias); c) grandes (entre 41 y 80 familias); y d) macro-campamentos (más de 80 familias). Adicionalmente, los asentamientos de menos de 8 hogares se conocen como micro-campamentos (CES, 2021).

8.2.2.2.2 Número de campamentos y de hogares que los habitan

En el año 2011, el MINVU presentó los resultados de su Catastro Nacional de Campamentos, según el cual existían en ese momento un total de 657 los que eran habitados por 27.378 familias. Entre 2018 y 2019, el MINVU actualizó su catastro, constatando que, a nivel nacional, los campamentos aumentaron a 802 asentamientos y los hogares a 47.050. Es decir, entre ambos catastros los campamentos crecieron aproximadamente un 22% y los hogares aumentarían en poco menos de un 72%. El último catastro publicado por TECHO en 2021 entregaría tasas de crecimiento muy similares a las del MINVU, pero para un periodo mucho más corto, evidenciando la agudización de este problema: en 2021, los campamentos habrían llegado a un total de 969 asentamientos, siendo habitados por 81.643 familias. Esto representa un aumento de 20,3% para los asentamientos y de 73,5% para las familias, respecto al catastro de 2019. La **Figura 8.35** resume la tendencia al alza de los campamentos y hogares que los habitan durante la última década:

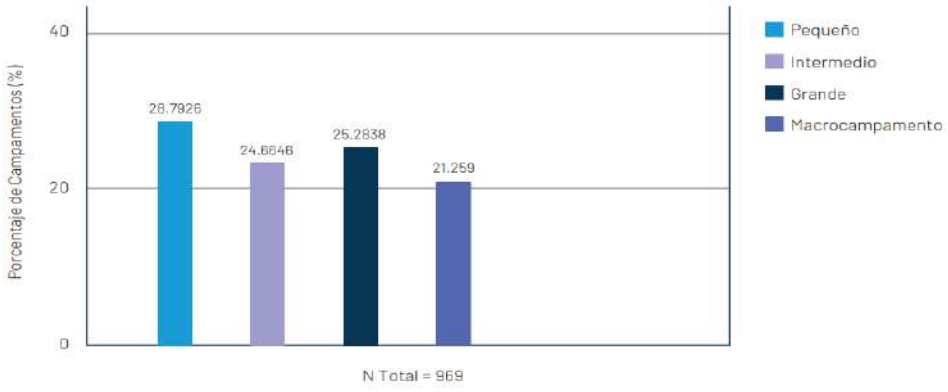
Figura 8.35. Evolución histórica de la campamentación en Chile.



Fuente: CES Chile, 2021.

Según el Catastro 2021, la clasificación de campamentos por tamaño muestra que los asentamientos pequeños son los más frecuentes, con 28,8% del total, seguido por los grandes (25,3%), los intermedios (24,7%) y, finalmente, los macro-campamentos, con 21,2% del total. La **Figura 8.36** muestra la distribución por tamaño de los campamentos:

Figura 8.36. Tipos de campamentos según tamaño en Chile (2021).



Fuente: CES Chile, 2021.

8.2.2.2.3. Características de pobreza en la población de campamentos

Para poder caracterizar socioeconómicamente a la población habitante de campamentos en Chile se tomó un sub-muestra (no representativa) de hogares identificados en los datos muestrales de la Encuesta CASEN 2020 en Pandemia. Para esto se homologaron como características de los hogares las registradas para

los jefes de cada hogar. Un hogar se consideró parte de un campamento cuando cumplía con las siguientes características: a) no disponer de sistema de eliminación de excretas o disponer de uno distinto al alcantarillado (fosa séptica, cajón, letrina o baño químico); b) tener un acceso deficitario a servicios básicos; c) tener una condición de tenencia informal de la vivienda; y d) que esta sea de materiales precarios reutilizados, una choza, una mediagua o una vivienda de emergencia (MIDESO, 2021a).

Al analizar la variable de pobreza por ingresos se obtiene que, del total de hogares en campamentos, un 25,4% corresponde a pobres extremos, un 17% a pobres no extremos y un 57,6% a hogares no pobres. En cuanto a la escolaridad alcanzada por los respectivos jefes de hogar esta llega a los 9,3 años en promedio. Un 27,1% de la sub-muestra tiene como máximo nivel educativo alcanzado la enseñanza básica incompleta, un 20,3% la enseñanza media humanista incompleta y un 30,5% la enseñanza media humanista completa (MIDESO, 2021b).

Sobre la condición de actividad laboral, un 62,7% de los jefes de hogares en campamentos se encuentran activos, un 30,5% inactivos y solamente un 6,8% desocupados. Además, un 94,2% de estos están afiliados a FONASA, un 1,7% a alguna Isapre y un 3,4% no está afiliado a ningún sistema previsional de salud. Finalmente, el ingreso autónomo promedio para la sub-muestra es de aproximadamente 279.827 pesos chilenos. Todos estos datos corresponden a estimaciones no representativas (MIDESO, 2021b).

8.2.2.2.4. La población extranjera que vive en campamentos

La migración es un fenómeno que ha crecido significativamente durante los últimos años, asociado en muchos casos a familias en situación de pobreza y vulnerabilidad que migran en busca de mejores oportunidades. En este contexto, un número apreciable de estas familias enfrentan dificultades en el acceso a la vivienda al llegar al país, siendo los campamentos su mejor oportunidad para insertarse.

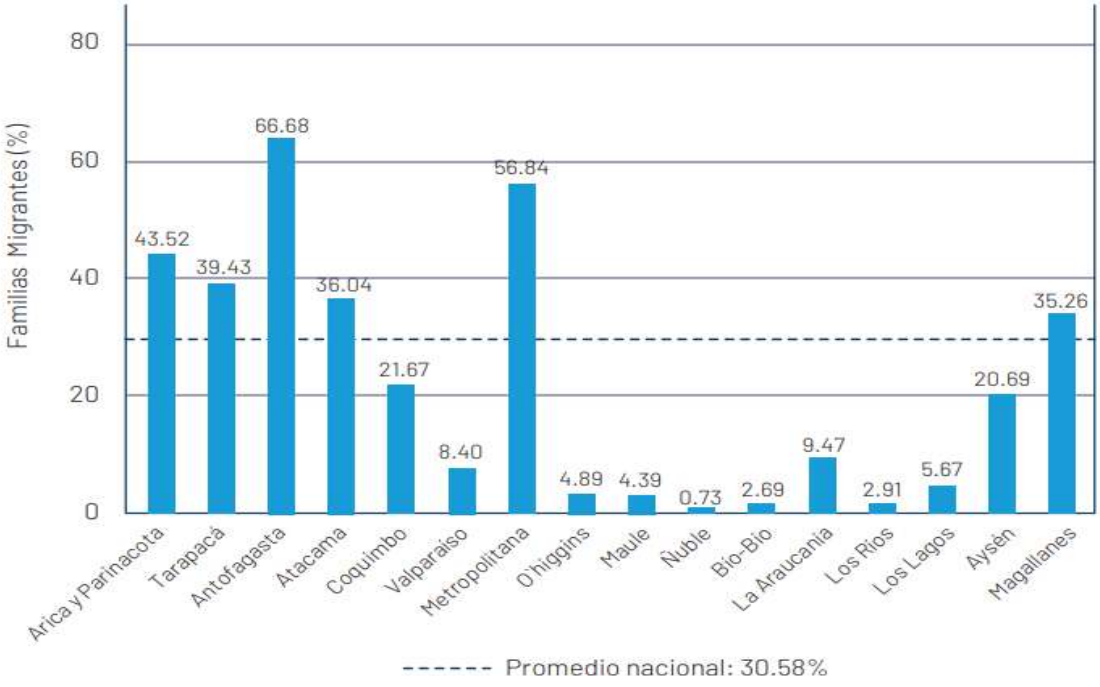
En el año 2011 el MINVU consideró relevante incluir a las familias migrantes en su catastro de campamentos, cuyos resultados informaron que solo el 1,2% de las familias incluidas tenían un jefe de hogar extranjero. Sin embargo, el MINVU reconoce como altamente probable que las familias migrantes estén sub-representadas en este catastro, debido a que muchas familias podrían no haber declarado su nacionalidad para evitar discriminaciones por parte de vecinos o a

raíz de encontrarse en una situación de migración irregular. Pese a la baja proporción a nivel nacional, algunas regiones mostraron una mayor presencia de familias migrantes, especialmente en la zona norte, debido a la cercanía con los límites fronterizos con Perú y Bolivia. Por ejemplo, en la región de Arica y Parinacota un 26% de las familias de campamentos eran migrantes. A nivel nacional, los hogares registrados provenían de 4 países: Perú (con 64% de los jefes de hogar), Bolivia (21%), Argentina (8%) y Colombia (7%).

En el catastro del MINVU publicado en el año 2019 se aprecia un gran aumento en la proporción de familias con jefe de hogar extranjero al interior de campamentos, alcanzando un 30,3% del total, es decir, un aumento de más de 26 puntos porcentuales respecto a 2011. En el catastro publicado por TECHO en 2021, las familias migrantes alcanzarían las 24.964, es decir, casi 30,6% del total de familias en campamentos. Con solo 0,3 puntos de diferencia entre ambos catastros, se podría decir que la proporción de migrantes en campamentos se ha mantenido estable a nivel nacional en estos últimos años. Considerando que el catastro del MINVU se hizo entre 2018 y 2019 y el de TECHO entre los años 2020 y 2021, estos representan, respectivamente, la situación anterior y posterior al inicio de la pandemia y la crisis socioeconómica que esta ha generado. Pese a lo anterior, y al no apreciarse diferencias entre la proporción de familias migrantes y chilenas entre ambos catastros, se podría concluir que la pandemia las afectó de igual manera.

En cuanto al último catastro, la proporción de familias migrantes en campamentos ha tenido abruptos aumentos desde 2011 en varias regiones. La **Figura 8.37** resume la situación:

Figura 8.37. Proporción de hogares migrantes en campamentos por región (2021).



Fuente: CES Chile, 2021.

La región de Antofagasta muestra la mayor concentración de familias migrantes respecto al total regional de familias en campamentos, con el 66,7%, es decir, solo un tercio de las familias son chilenas. Le sigue la región Metropolitana con 56,8%. Por sobre el promedio nacional también se encuentran las regiones de Arica y Parinacota (43,5%), Tarapacá (39,4%), Atacama (36%) y Magallanes (35,26). Por otro lado, en las regiones de Los Ríos (2,9%), Biobío (2,7%) y Ñuble (0,7%) se aprecia una presencia mínima de extranjeros.

Según la base de datos del Catastro de Campamentos de 2019 del MINVU, el total de hogares migrantes registrados entre 2018 y 2019 sería de 24.763. Casi el 87% de estas familias proviene de solo 3 países: Bolivia (40,9%), Colombia (27,1%) y Perú (19,6%). El **Cuadro 8.25** muestra la frecuencia absoluta y relativa de los hogares según su nacionalidad:

Cuadro 8.25. Nacionalidad de familias migrantes en campamento (2019).

País de origen	Cantidad de hogares	Frecuencia relativa
Bolivia	10.132	40,9%
Colombia	6.714	27,1%
Perú	4.850	19,6%
Ecuador	1.050	4,2%
Haití	746	3.0%
Rep. Dominicana	331	1,3%
Venezuela	345	1,4%

Otros	332	1,3%
Sin datos	263	1,1%
Total	**24.763**	**100%**

Fuente: MINVU, 2021.

A partir de la información obtenida de CASEN 2020, el total de hogares migrantes habitantes de campamentos en Chile (según jefes de hogar) representan aproximadamente el 27% del total de hogares, mientras se distribuyen entre 3 nacionalidades: boliviana (55,5%), peruana (27,8%) y colombiana (16,7%) (resultados no representativos).

8.2.2.2.5. Distribución regional de los campamentos en Chile por región y grandes ciudades

El Catastro Nacional de Campamentos 2020 – 2021 muestra la distribución de los campamentos y las familias que los habitan a lo largo de las regiones del país. La siguiente tabla muestra esta distribución y la importancia relativa de cada región respecto al total nacional de familias y campamentos:

Cuadro 8.26. Nivel de campamentación por región y su importancia relativa a nivel nacional (2021).

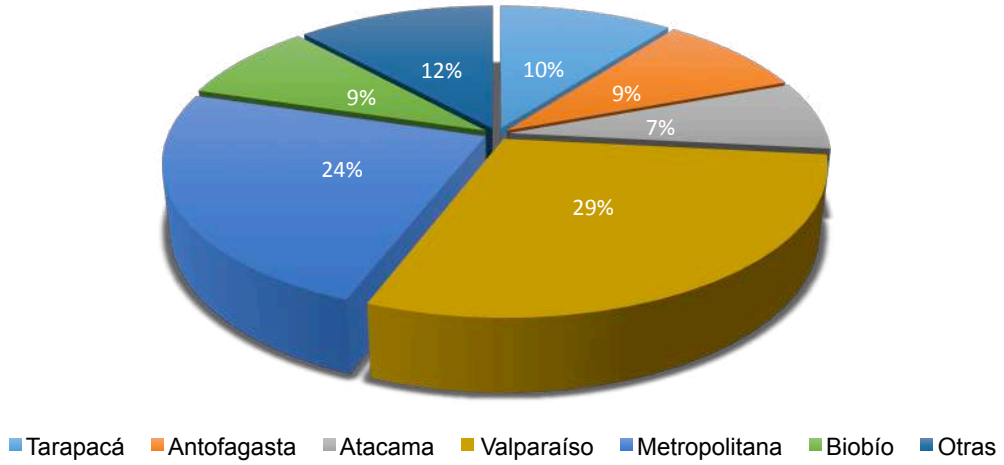
Cantidad de campamentos y familias por región y su importancia relativa				
Región	**N° Familias**	**Importancia relativa**	**N° campamentos**	**Importancia relativa**
Arica y Parinacota	1.119	1,37%	10	1,03
Tarapacá	8.458	10,36%	62	6,40%
Antofagasta	7.298	8,94%	89	9,18%
Coquimbo	1.920	2,35%	32	3,30%
Valparaíso	23.843	29,20%	225	23,22%
Metropolitana	19.444	23,82%	138	14,24%
O'Higgins	900	1,10%	36	3,72%
Maule	114	0,14%	8	0,83%
Ñuble	412	0,50%	13	1,34%
Biobío	6.957	8,52%	122	12,59%
La Araucanía	1.458	1,79%	48	4,95%
Los Ríos	687	0,84%	20	2,06%
Aysén	145	0,18%	3	0,31%
Magallanes	156	0,19%	2	0,21%
Total	**81.643**	**100%**	**969**	**100%**

Fuente: CES Chile, 2021.

Con 29,2% y 23,8%, respectivamente, las regiones de Valparaíso y Metropolitana concentran a más de la mitad de las familias que viven en campamentos en Chile el 2021; les siguen Tarapacá (10,4%), Antofagasta (8,9%) y Biobío (8,5%). En cuanto a la distribución de campamentos, esta es más homogénea entre regiones que la distribución de los hogares. Las regiones con mayor número de

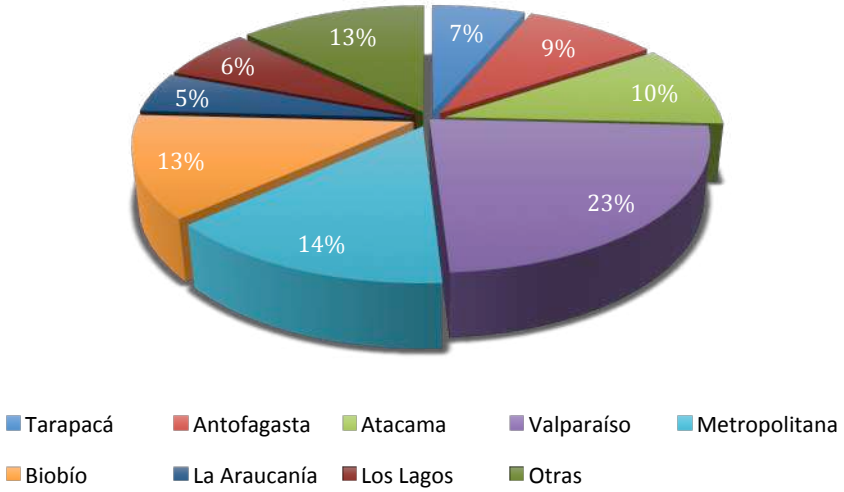
campamentos son Valparaíso (23,2%), la Metropolitana (14,2%) y Biobío (12,6%). Las **Figuras 8.38** y **8.39** permiten apreciar visualmente lo anterior:

Figura 8.38. Importancia relativa de hogares en campamentos por región.



Fuente: elaboración propia a partir CES Chile, 2021.

Figura 8.39. Importancia relativa de campamentos por región respecto al total nacional (2021).



Fuente: elaboración propia a partir CES Chile, 2021.

El **Cuadro 8.27** muestra la variación por región del número de familias y campamentos entre los catastros de 2019 y 2021:

Cuadro 8.27. Variación de la campamentación en Chile entre 2019 y 2021.

Región	N° Familias (2019)	N° Familias (2021)	Variación Familias	N° Campamentos (2019)	N° Campamentos (2021)	Variación Campamentos
Arica y Parinacota	326	1.119	243,25%	7	10	42,86%
Tarapacá	4.084	8.458	107,10%	40	62	55,00%
Antofagasta	7.641	7.298	-4,49%	79	89	12,66%
Atacama	4.648	6.015	29,41%	73	99	35,62%
Coquimbo	1.019	1.920	88,42%	25	32	28,00%
Valparaíso	11.228	23.843	112,35%	181	225	24,31%
Metropolitana	5.991	19.444	224,55%	90	138	53,33%
O'Higgins	1.271	900	-29,19%	48	36	-25,00%
Maule	152	114	-25,00%	11	8	-27,27%
Ñuble	401	412	2,74%	21	13	-38,10%
Biobío	6.346	6.957	9,63%	131	122	-6,87%
La Araucanía	351	1.458	315,38%	21	48	-128,57%
Los Ríos	1.197	687	-42,61%	25	20	-20,00%
Los Lagos	2.090	2.717	30,00%	43	62	44,19%
Aysén	252	145	-42,46%	6	3	-50,00%
Magallanes	53	156	194,34%	1	2	100,00%
Total	47.050	81.643	73,52%	802	969	20,82%

Fuente: CES Chile, 2021.

En cuanto a la distribución de campamentos en comunas y ciudades, las que concentran el mayor número de campamentos respecto al total nacional son Viña del Mar (8,77%), Copiapó (6,81%), Antofagasta (6,19%) y Alto Hospicio (5,06%). Entre las ciudades grandes que menos campamentos concentran están La Serena (0,52%), Valdivia (0,52%), Coyhaique (0,21%) y Punta Arenas (0,21%). Las familias en campamentos de Chile se concentran en mayor medida en Viña del Mar (11,34%), Alto Hospicio (9,29%) y San Antonio (7,27%).

En el **Cuadro 8.28** se muestran las ciudades y comunas que mayor campamentación presentan respecto al total de cada región:

Cuadro 8.28. Número de hogares y campamentos en ciudades y comunas con mayor campamentación de cada región.

Región	Comuna/ Ciudad	N° de campamentos	Importancia respecto a la región	N° de familias	Importancia respecto a la región
Arica y Parinacota	Arica	10	100%	1.119	100%
Tarapacá	Alto Hospicio	49	79,0%	7.587	89,7%
Antofagasta	Antofagasta	60	67,4%	5.184	71,0%
Atacama	Copiapó	66	66,7%	3.514	58,4%
Coquimbo	Coquimbo	10	31,3%	604	31,5%
	La Serena	5	15,6%	606	31,6%
Valparaíso	San Antonio	15	6,7%	5.932	24,9%
	Valparaíso	53	23,6%	3.247	13,6%
	Viña del Mar	85	37,8%	9.260	38,8%
Metropolitana	Cerrillos	3	2,2%	3.031	15,6%
	Colina	11	8,0%	3.433	17,7%
	Lampa	25	18,1%	3.709	19,1%
	Maipú	11	8,0%	1.397	7,2%
	Puente Alto	10	7,2%	3.476	17,9%
O'Higgins	Rancagua	6	16,7%	249	27,7%
Maule	Constitución	6	75,0%	80	70,2%
Ñuble	Quirihue	1	7,7%	150	36,4%
	San Nicolás	2	15,4%	100	24,3%
Biobío	Concepción	15	12,3%	1.381	19,9%
	Lota	20	16,4%	1.573	22,6%
	Talcahuano	24	19,7%	1.702	24,5%
La Araucanía	Temuco	34	70,8%	1.040	71,3%
Los Ríos	Valdivia	5	25,0%	311	45,3%
Los Lagos	Osorno	16	25,8%	965	35,5%
	Puerto Montt	17	27,4%	689	25,4%
Aysén	Coyhaique	2	66,7%	125	86,2%
Magallanes	Punta Arenas	2	100%	156	100%
Total	47.050	81.643	73,52%	802	969

Fuente: elaboración propia a partir de CES Chile, 2021.

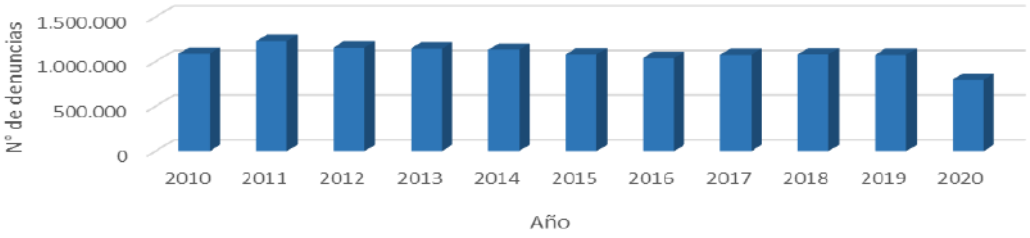
8.2.3. Seguridad Pública

Un aspecto importante de las zonas urbanas y, sobre todo, de las grandes ciudades es la seguridad pública. Dos indicadores son esenciales para describir este aspecto en Chile: las detenciones y las denuncias de delitos. Las detenciones se refieren a los *"delitos conocidos por las policías a través de hechos flagrantes"*, mientras que las denuncias son los *"reportes que realizan las personas a las policías por los delitos de los cuales son víctimas"* (CEAD, s.f.).

Las estadísticas a nivel nacional, regional y comunal muestran el número total de denuncias y detenciones en cada territorio seleccionado. Para la comparabilidad de comunas de las grandes metrópolis (Santiago, Valparaíso y Concepción), se muestran, además, las tasas de denuncias y detenciones cada 100 mil habitantes, indicado por la población de cada comuna. Dicha tasa se obtiene dividiendo el total de denuncias/detenciones de un periodo de tiempo por la población de referencia para el mismo periodo (a partir de la población estimada por el INE según datos del Censo 2017); luego, ese resultado se multiplica por 100 mil (CEAD, s.f).

A nivel nacional, entre 2010 y 2019 las denuncias de delitos se han mantenido relativamente estables por sobre el millón de denuncias anuales, con una leve tendencia a la baja entre 2012 y 2016 y un leve aumento entre 2017 y 2019. Durante el año 2020, producto de la pandemia por COVID-19, se observa una disminución de aproximadamente 26% en el número total de denuncias en Chile: de 1.078.509 denuncias totales en 2019 se pasa a solo 795.050 en 2020 (**Ver Figura 8.40**).

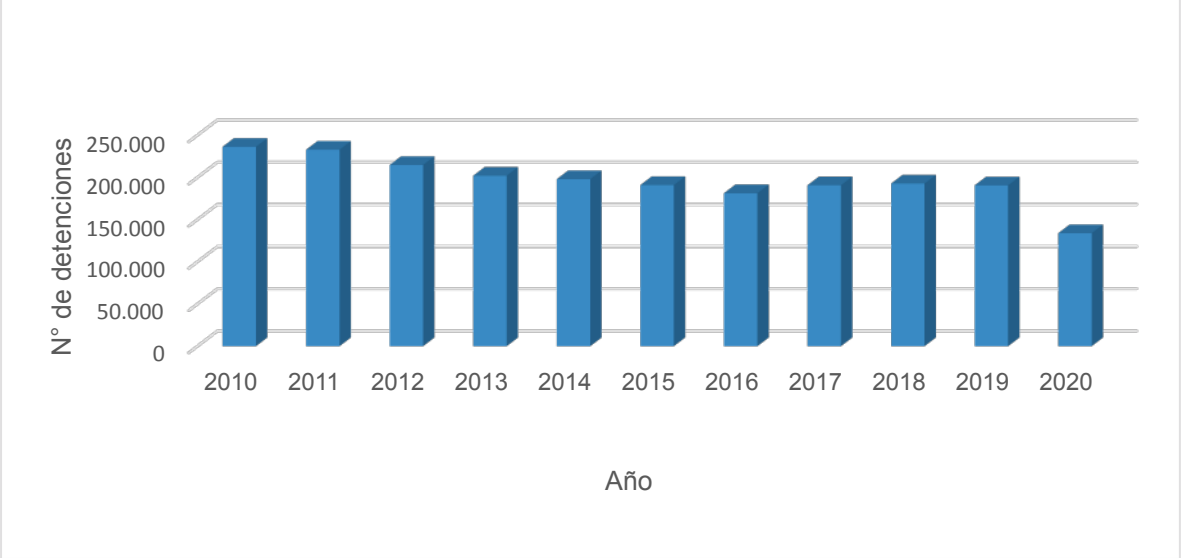
Figura 8.40. Número total de denuncias de delitos en Chile 2010-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

En cuanto a las detenciones totales en Chile, entre 2010 y 2016 se observa una tendencia constante a la baja, pasando de 236.151 a 181.184 detenciones anuales. Entre 2017 y 2018 las detenciones aumentan, sobrepasando las 190 mil anuales, para caer abruptamente en 2020 a 133.838, casi un 30% menos que el año anterior, una disminución similar a la ocurrida con las denuncias. Ver **Figura 8.41**.

Figura 8.41. Número total de detenciones en Chile, periodo 2010-2020.

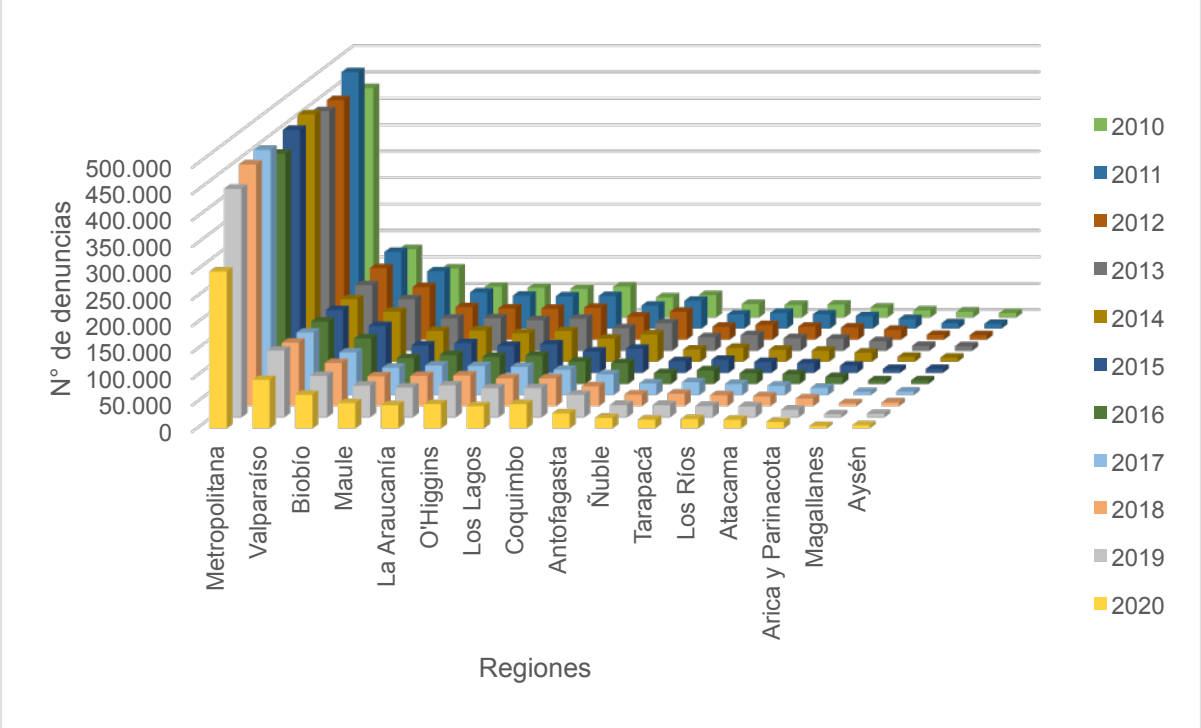


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

8.2.3.1. Seguridad pública en regiones

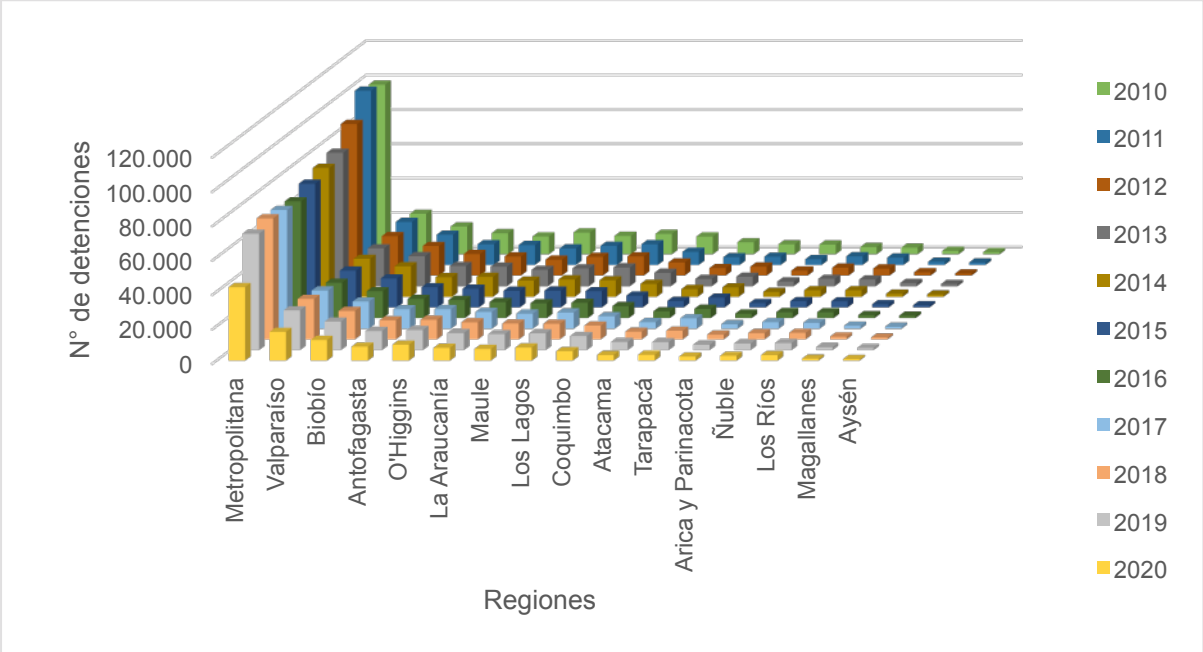
A nivel regional, tanto las denuncias como las detenciones se concentran en las regiones Metropolitana, de Valparaíso y del Biobío. En promedio, entre 2010 y 2020 la región Metropolitana concentra 41% de las denuncias y 38% de las detenciones anuales y, tanto para las denuncias como para las detenciones, Valparaíso concreta un 11% y Biobío un 8% de estas. Las regiones de Magallanes y Aysén son las que menos denuncias y detenciones presentan a nivel nacional, teniendo ambas regiones un 1% en promedio del total nacional en las dos categorías. Estos resultados se asocian directamente a la distribución poblacional de Chile, donde las regiones con más población presentan mayor número de detenciones y denuncias de delitos. Todas las regiones muestran disminuciones en la cantidad de denuncias y detenciones durante 2020 respecto al año anterior, sin embargo, estas son más abruptas en las regiones con mayor número de denuncias y detenciones. Ver **Figuras 8.42** y **8.43**

Figura 8.42. Denuncias de delitos en Chile por región 2010-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Figura 8.43. Detenciones en Chile por región, periodo 2010-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

8.2.3.2. Seguridad pública en las metrópolis

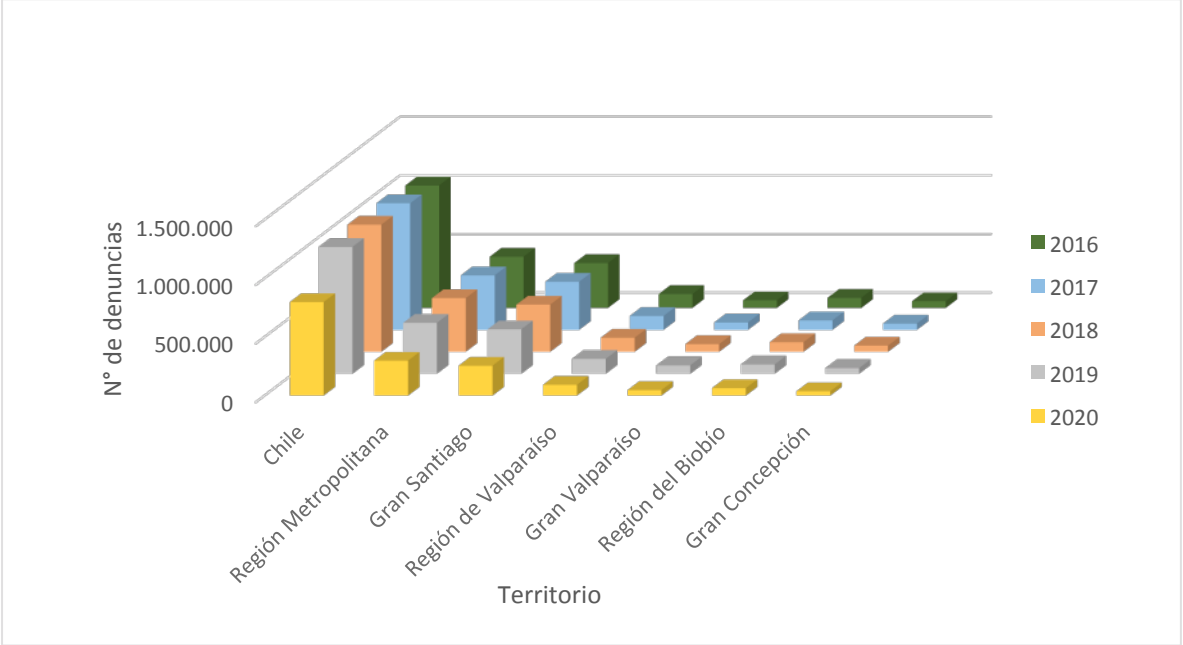
Respecto a las grandes metrópolis de Chile, estas concentran gran parte de las denuncias y detenciones de sus respectivas regiones. El Gran Santiago, en promedio para el periodo entre 2016 y 2020, acumula el 87% de las denuncias y el

89% de las detenciones de la región Metropolitana. Por su parte, en promedio para el mismo periodo, el Gran Valparaíso concentra 54% de las denuncias y 56% de las detenciones de su región, mientras el Gran Concepción representa el 63% de las denuncias y el 65% de las detenciones del Biobío. Resulta llamativo que las tres metrópolis concentren más detenciones que denuncias a nivel regional (**Ver Figuras 8.44 y 8.45**).

A nivel nacional para el periodo 2016-2020, el Gran Santiago representa en promedio el 36% de las denuncias y el 35% de las detenciones de Chile, el Gran Valparaíso 6% de las denuncias y 7% de las detenciones y, por último, el Gran Concepción un 5% de las denuncias y un 6% de las detenciones.

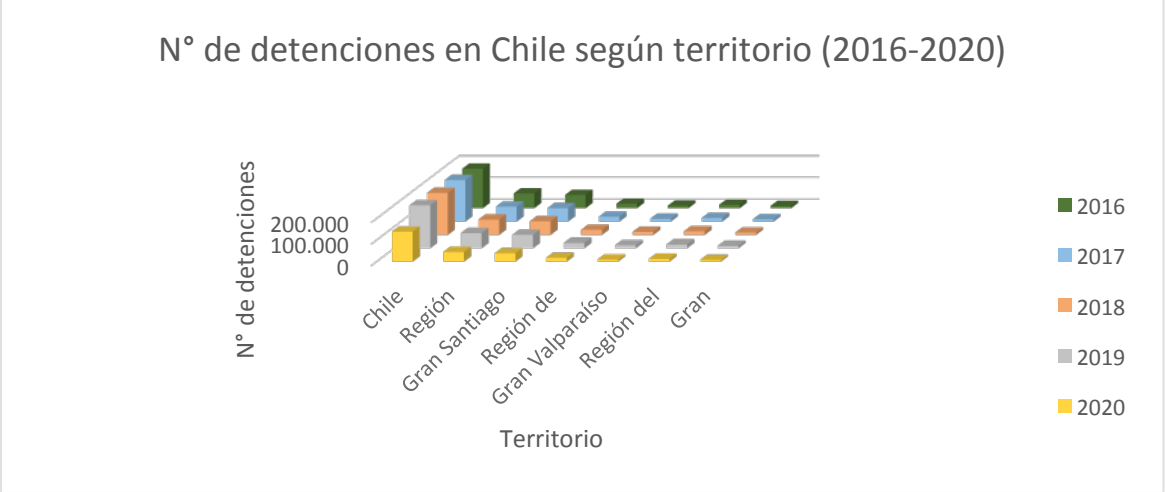
El año 2020, producto de la pandemia, se aprecia una disminución de las denuncias respecto al año 2019 de 33% para el Gran Santiago, 34% para el Gran Valparaíso y de 23% para el Gran Concepción. En cuanto a las detenciones, la disminución entre ambos años fue de 38%, 31% y 30%, respectivamente, para las metrópolis de Santiago, Valparaíso y Concepción.

Figura 8.44. Denuncias de delitos en Chile, según territorios 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Figura 8.45. Detenciones en Chile, según territorios, periodo 2016-2020.

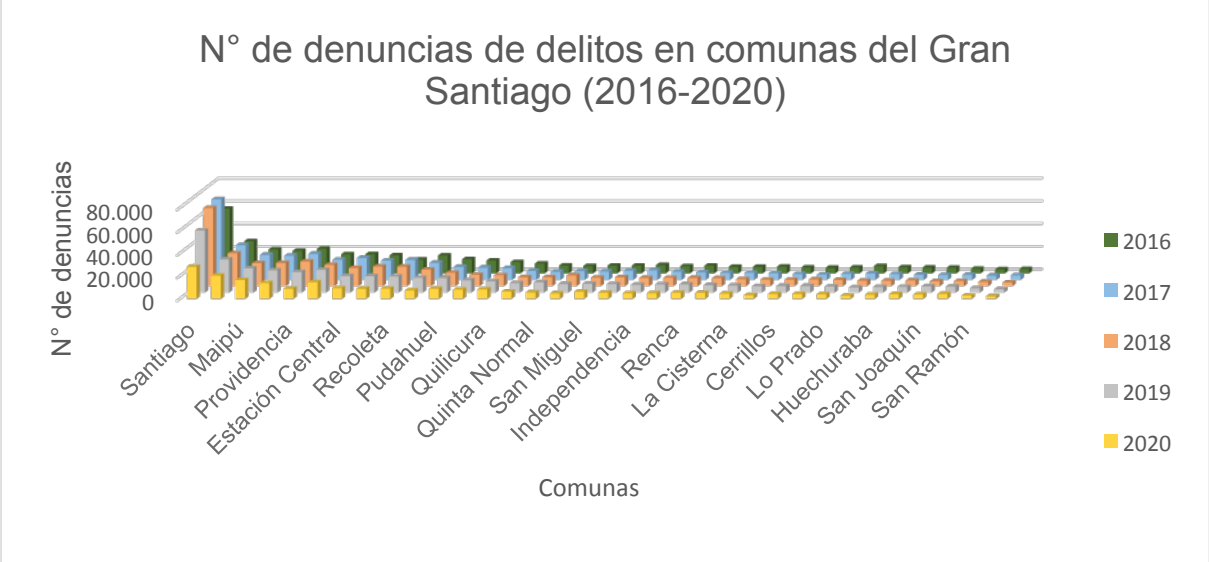


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

8.2.3.2.1. Seguridad pública en el Gran Santiago

Al adentrarse en las comunas del Gran Santiago para el periodo 2016-2020, se tiene que las comunas con mayor cantidad de denuncias son Santiago (58.864 denuncias anuales en promedio), Puente Alto (27.422), Maipú (20.178), La Florida (18.992) y Providencia (18.641). Estas cinco comunas acumulan en promedio, aproximadamente, un 39% de todas las denuncias realizadas durante el periodo. Las comunas con menor cantidad de denuncias en promedio son Lo Espejo (4.433), San Ramón (3.507) y Lo Barnechea (3.215) (**Ver Figura 8.46**).

Figura 8.46. Denuncias de delitos en comunas del Gran Santiago, periodo 2016-2020.



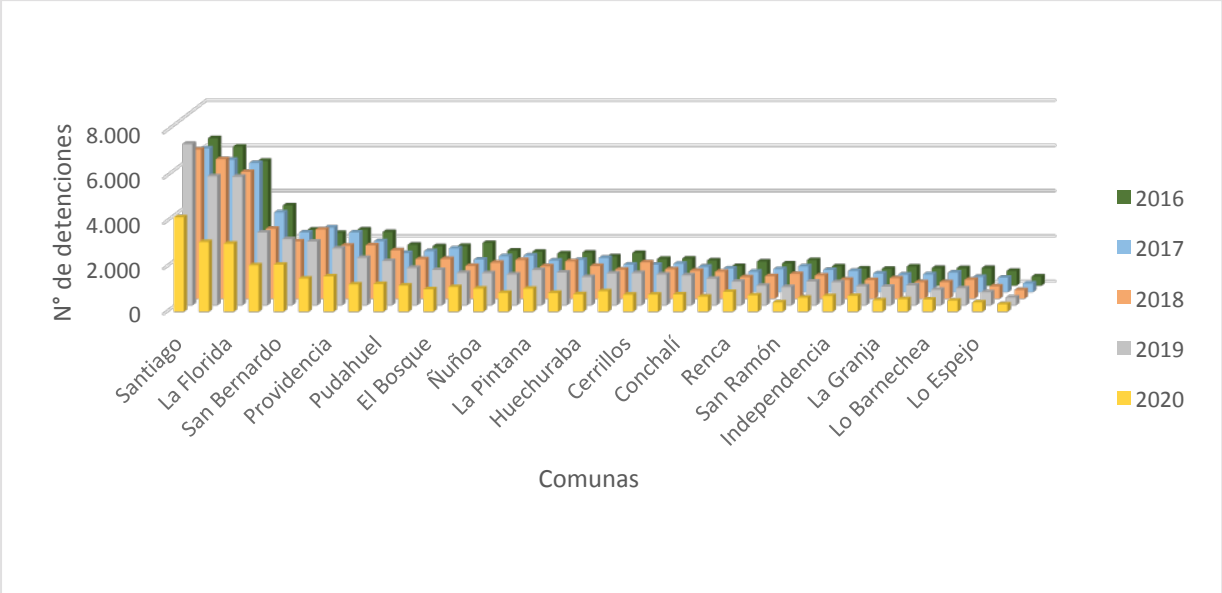
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Las comunas con más detenciones, para el mismo periodo, son Santiago (6.154 detenciones anuales en promedio), Puente Alto (5.391), La Florida (5.105), Maipú

(3.088) y San Bernardo (2.530). Las anteriores comunas representan casi un 39% en promedio de las detenciones anuales para el periodo 2016-2020. Las comunas con menor cantidad de detenciones en promedio son Pedro Aguirre Cerda (707), Lo Espejo (566) y Vitacura (370).

El alto número de denuncias y detenciones de las comunas mencionadas se puede explicar, en parte, a la mayor cantidad de habitantes y trabajadores que viven y circulan por estas comunas (**Ver Figura 8.47**).

Figura 8.47. Detenciones en comunas del Gran Santiago, periodo 2016-2020.

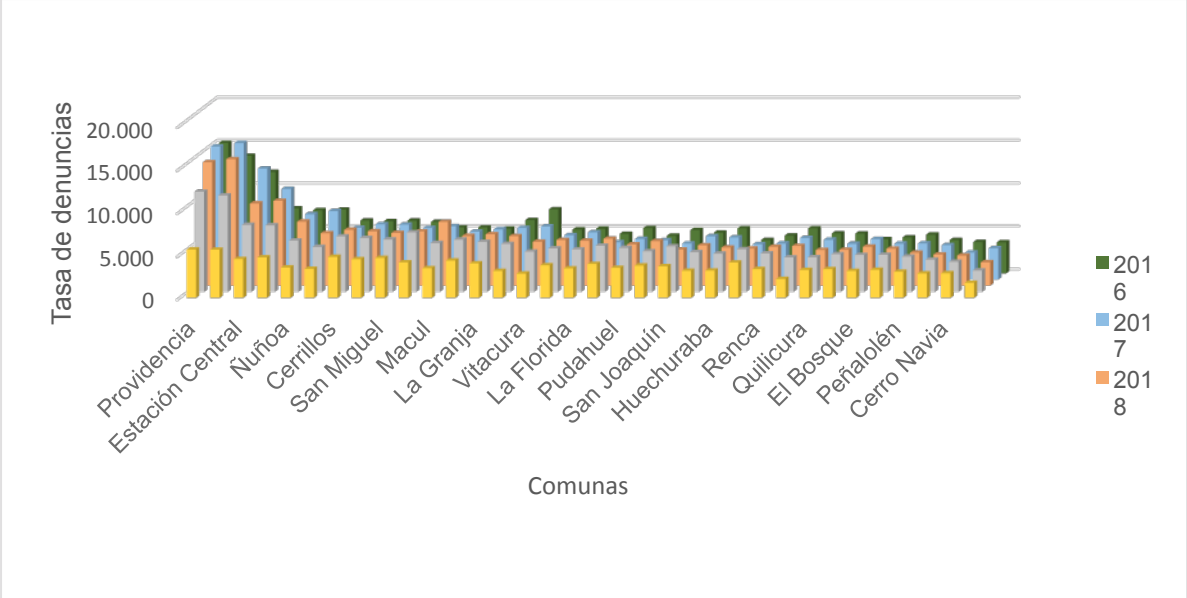


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Para determinar la cantidad denuncias y detenciones según el total de habitantes, es decir, apreciar la criminalidad, independientemente de la cantidad de habitantes, se calculan tasas de denuncias y detenciones cada 100 mil habitantes para el periodo 2016-2020.

A partir de lo anterior, se establece que las comunas con mayores tasas de denuncias cada 100 mil habitantes son Providencia (tasa promedio de 12.450 denuncias), Santiago (12.206), Estación Central (9.310), Recoleta (8.078) y Ñuñoa (6.378). Por otro lado, las comunas con menores tasas de denuncias son Maipú (3.616), Cerro Navia (3.330) y Lo Barnechea (2.839). En general para las comunas del gran Santiago, se aprecia una tendencia a la disminución de la tasa de denuncias durante el periodo, la que se agudiza en 2020 producto de la pandemia por COVID-19 (**Ver Figura 8.48)**.

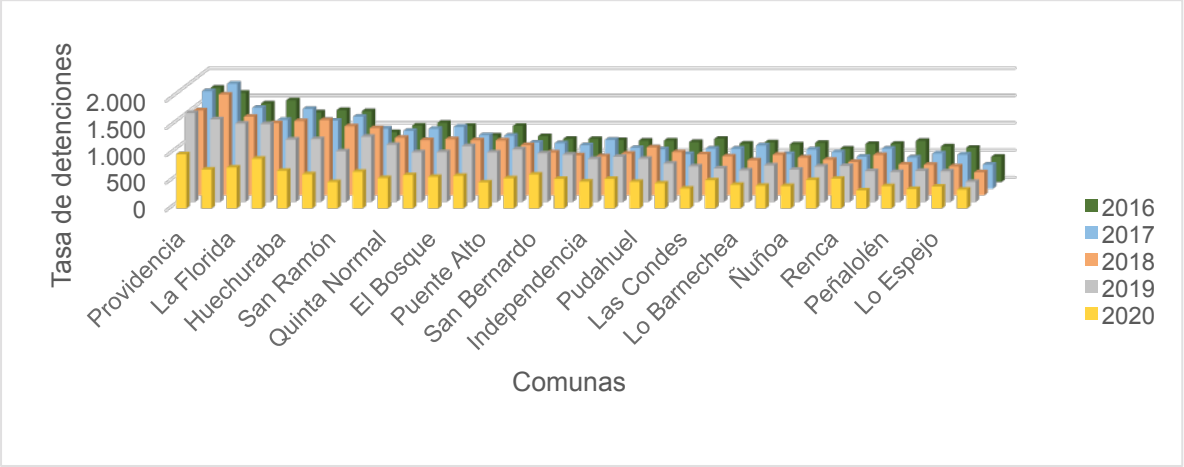
Figura 8.48. Tasa de denuncias de delitos por cada 100 mil hab.en Gran Santiago, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Las comunas del Gran Santiago con mayor tasa de detenciones cada 100 mil habitantes son Providencia (tasa de 1.535 detenciones), Estación Central (1.523), La Florida (1.306), La Reina (1.281) y Huechuraba (1.184). Las comunas con menor tasa de detenciones son Maipú (554), Cerro Navia (546) y Vitacura (406). A diferencia de las denuncias, las tasas de detenciones para varias de las comunas del Gran Santiago muestran cierta estabilidad entre 2016 y 2019. Pese a lo anterior, todas las comunas del Gran Santiago muestran una disminución de esta tasa en 2020 (**Ver Figura 8.49**).

Figura 8.49. Tasa de denuncias de delitos por cada 100 mil hab. en Gran Santiago, periodo 2016-2020.

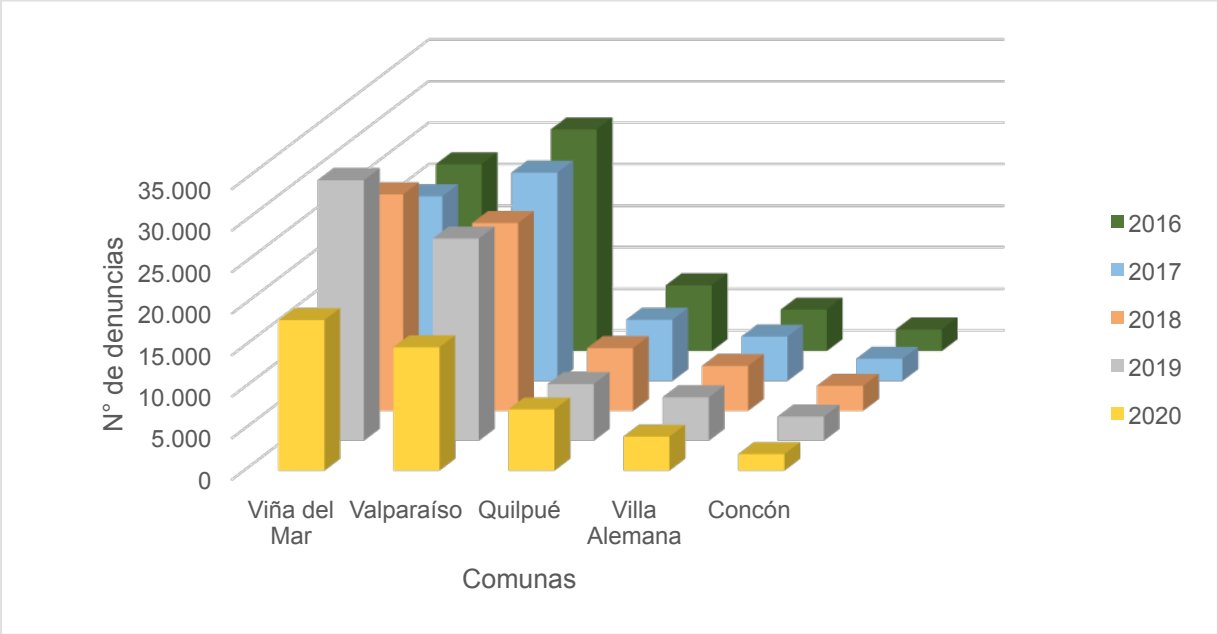


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

8.2.3.2.2. Seguridad pública en el Gran Valparaíso

Pasando ahora al Gran Valparaíso, para el mismo periodo previamente analizado se tiene que Viña del Mar y Valparaíso son las dos comunas con la mayor cantidad de denuncias de la metrópolis: con un promedio de 24.056 y 22.713 denuncias, respectivamente. Esto se traduce en que ambas comunas representan, en promedio, el 76% de las denuncias del Gran Valparaíso. Una diferencia evidente entre ambas para es que Viña del Mar muestra una tendencia al alza (exceptuando 2020) mientras que en Valparaíso las denuncias han tendido a disminuir en el periodo. De hecho, Viña del Mar se encontraba por debajo de Valparaíso entre 2016 y 2017, para luego superarlo (**Ver Figura 8.50**).

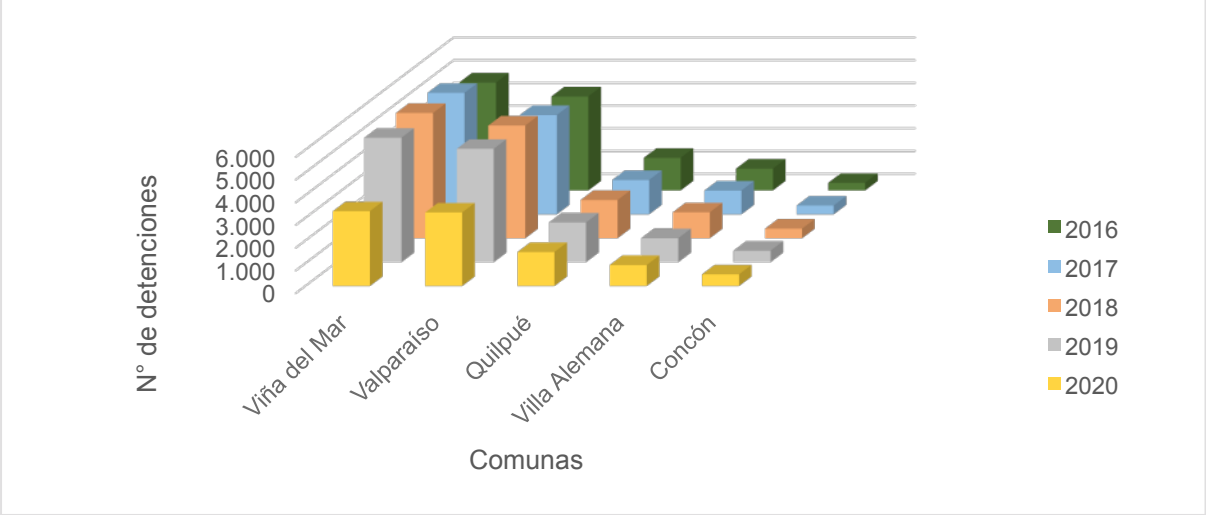
Figura 8.50. Número de denuncias de delitos en comunas del Gran Valparaíso, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Por otro lado, el 75% de las detenciones anuales del Gran Valparaíso, en promedio desde 2016 a 2020, se concentran en las comunas de Viña del Mar y Valparaíso, con 4.877 y 4.340 detenciones anuales promedio, respectivamente. Ambas comunas muestran tendencias al alza en sus tasas de detenciones entre 2016 y 2019 (**Ver Figura 8.51**).

Figura 8.51. Número de detenciones en comunas del Gran Valparaíso, periodo 2016-2020**.**

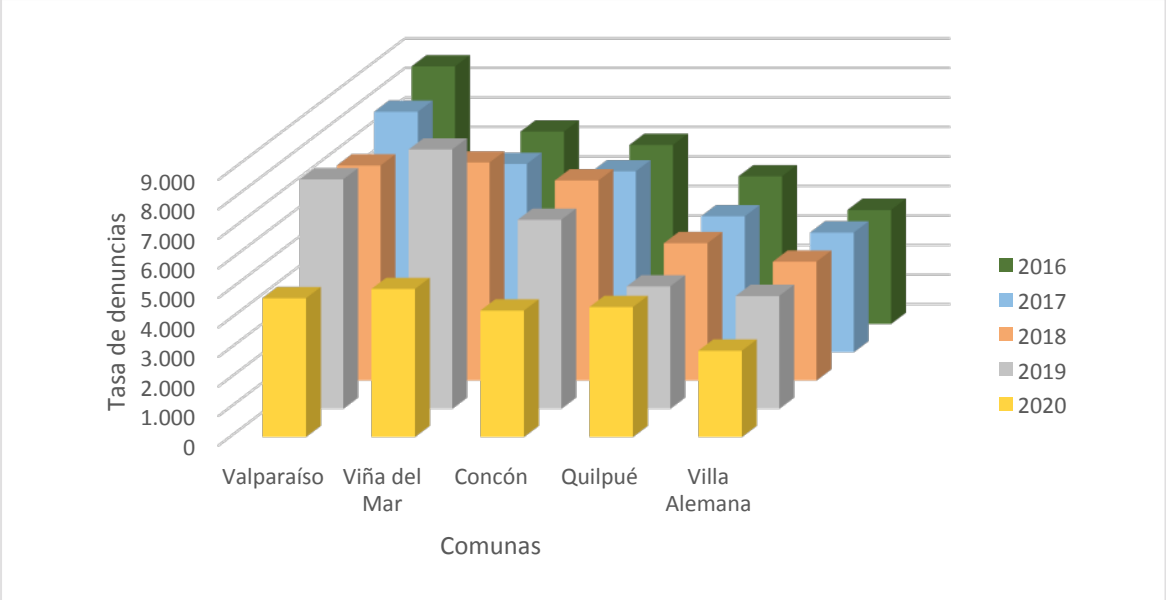


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Controlando por la cantidad de habitantes para obtener tasas cada 100 mil habitantes, se tiene que Viña del Mar y Valparaíso se mantienen a la cabeza en cuanto a denuncias y detenciones promedio para el periodo. En las cifras totales Viña del Mar de encontraba por sobre Valparaíso, mientras que para las tasas cada 100 mil habitantes se observan que Valparaíso toma el primer lugar.

La tasa de denuncias promedio es de 7.323 para Valparaíso y de 6.814 para Viña del Mar. Mientras las tasas de Valparaíso tienen a disminuir en el periodo, las de Viña del Mar presentan un aumento hasta el año 2019. En ambos casos las tasas de denuncias disminuyen abruptamente en el 2020, al igual que para las comunas de Concón y Villa Alemana. Resulta llamativo el caso de Quilpué, cuya tasa de denuncias aumenta aproximadamente un 6% en 2020 respecto a 2019 (**Ver Figura 8.52**).

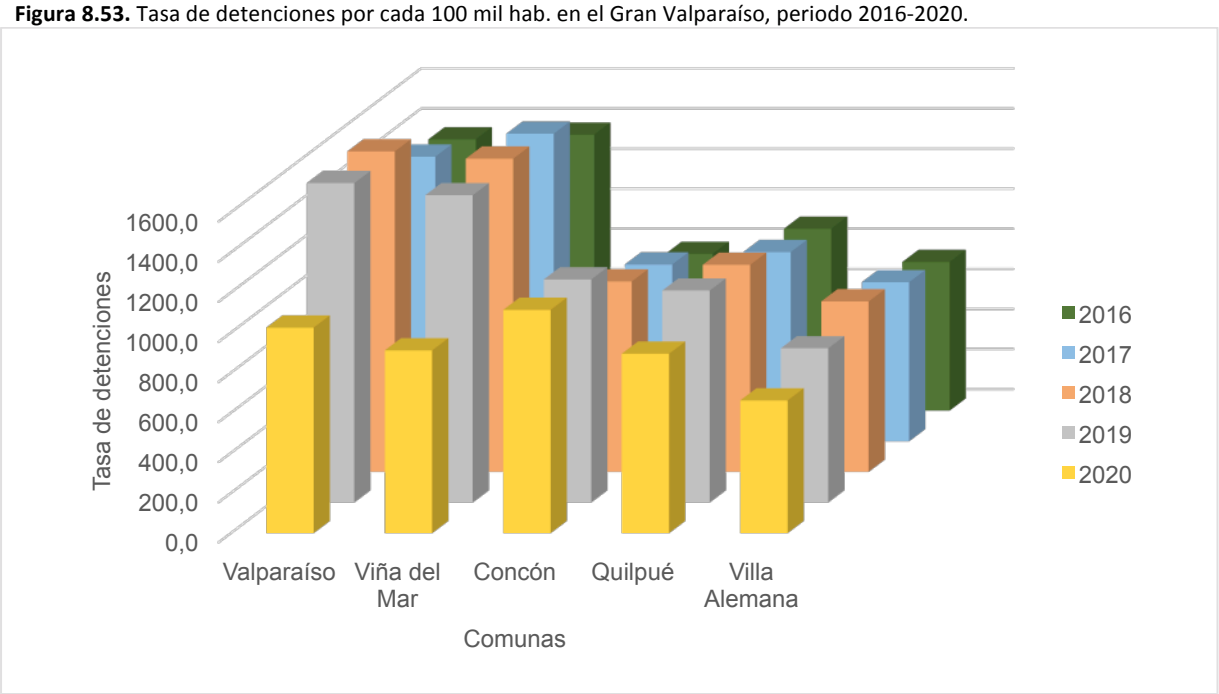
Figura 8.52. Tasa de denuncias de delitos por 100 mil hab. en el Gran Valparaíso, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

La tasa de detenciones promedio para el periodo es de 1.398 detenciones para Valparaíso y de 1.383 para Viña del Mar. En este caso, ambas comunas muestran tendencias al alza en sus tasas de detenciones hasta 2019. Todas las comunas del Gran Valparaíso muestran disminuciones en sus tasas de detenciones en 2020 respecto a 2019, con excepción de Concón, cuya tasa se mantiene estable (**Ver Figura 8.53**).

Figura 8.53. Tasa de detenciones por cada 100 mil hab. en el Gran Valparaíso, periodo 2016-2020.



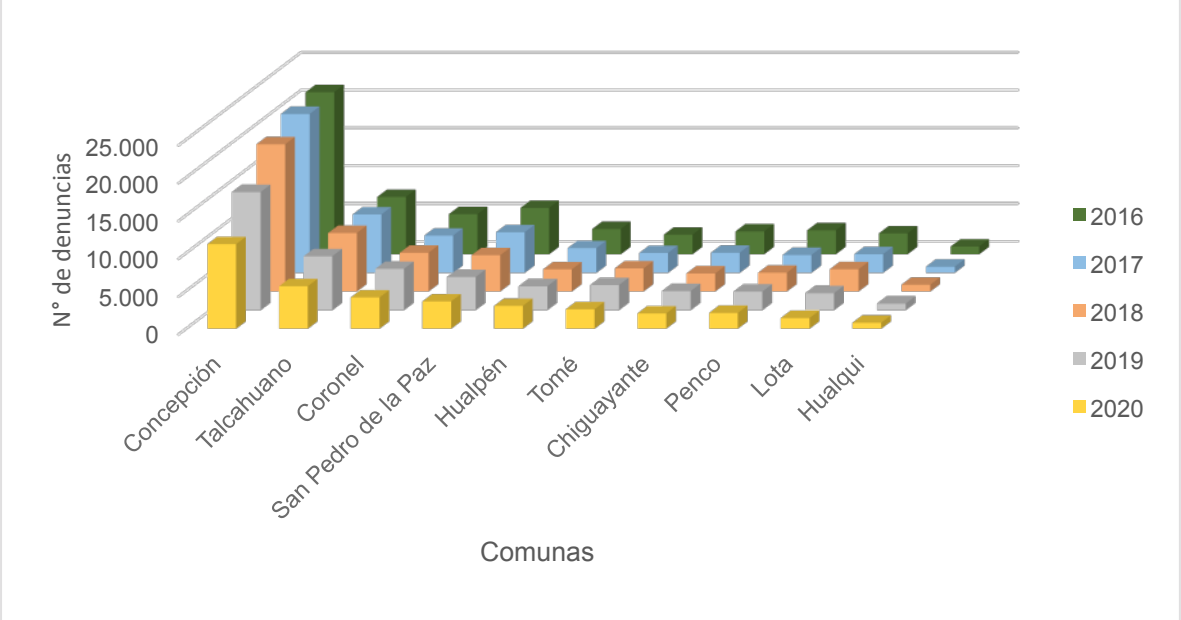
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

8.2.3.2.3. Seguridad pública en el Gran Concepción

Al analizar las estadísticas de seguridad pública en el Gran Concepción para el periodo 2016-2020, se tiene que, en promedio, las comunas con mayor cantidad de denuncias anuales de delitos son Concepción (17.748), Talcahuano (7.159) y Coronel (4.992). Estas tres comunas acumulan aproximadamente el 61% de las denuncias totales promedio del Gran Concepción. La que tiene menos denuncias es Hualqui, con 880 denuncias promedio (**Ver Figura 8.54**).

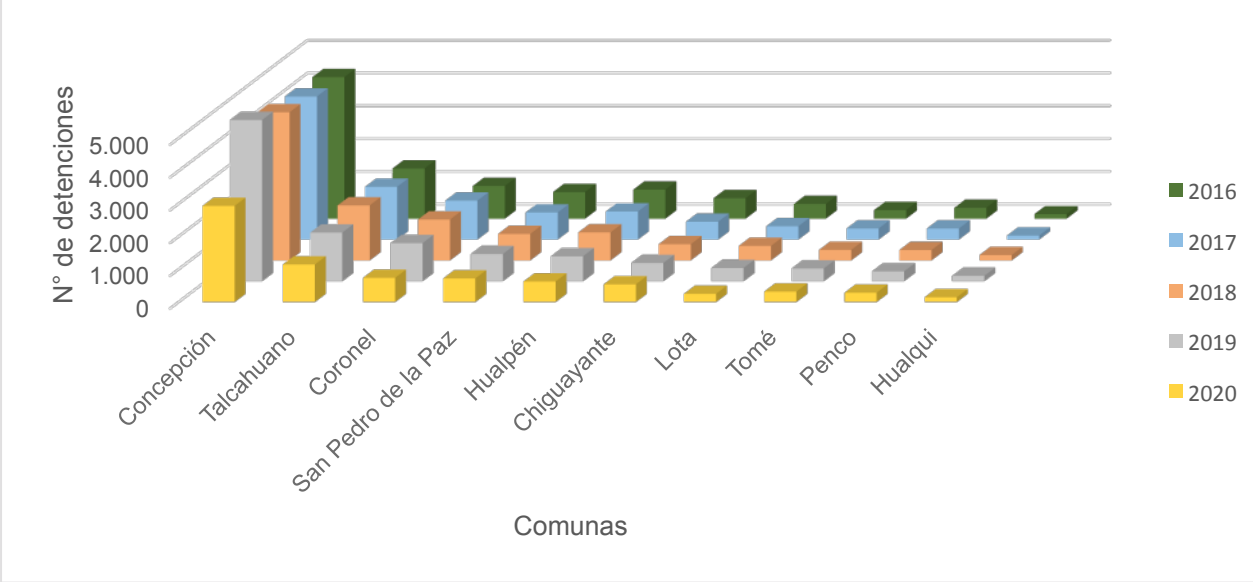
Al igual que con las denuncias, las comunas con mayor cantidad de detenciones en promedio para el periodo son Concepción (4.211), Talcahuano (1.491) y Coronel (1.067); acumulando el 67% de las detenciones anuales promedio del Gran Concepción. En tanto, la que cuenta con menos es Hualqui, con solo 148 detenciones anuales en promedio (**Ver Figura 8.55**).

Figura 8.54. Denuncia de delitos Gran Concepción, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

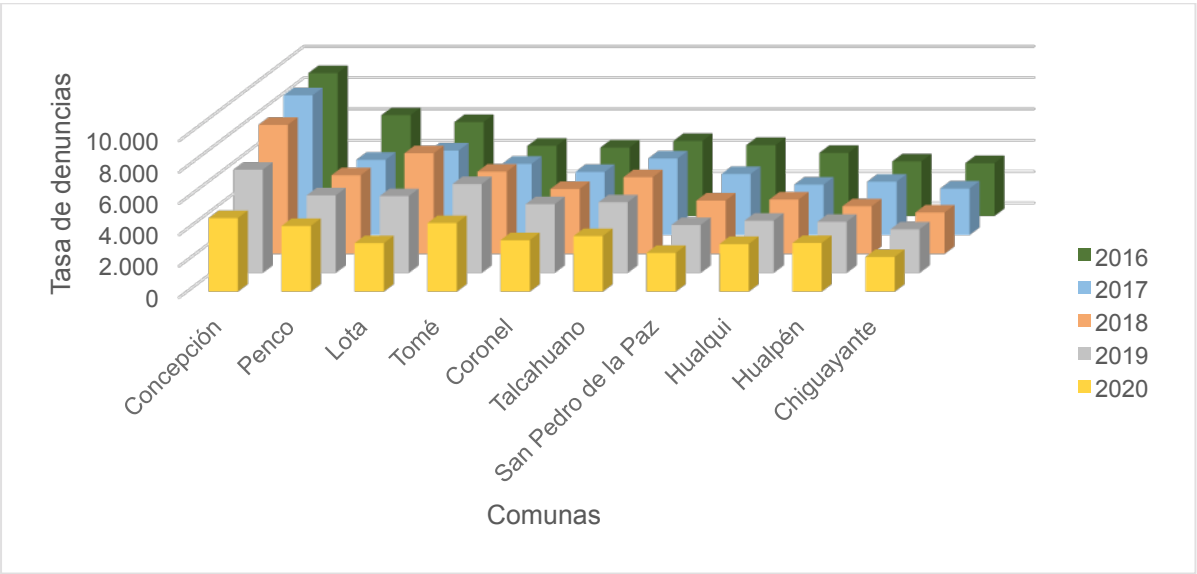
Figura 8.55. Detenciones en el Gran Concepción, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Las comunas del Gran Concepción con la mayor tasa promedio de denuncias cada 100 habitantes para el periodo son: Concepción (7.515), Penco (5.163) y Lota (5.081). Chiguayante es la comuna con la menor tasa de denuncias (2.797). La mayoría de las comunas muestran tendencias a la baja en sus tasas de denuncias, destacándose Concepción con una disminución de casi 49% entre 2016 y 2019. Todas las comunas presentan una diminución de sus tasas en el año 2020 respecto al 2019 (**Ver Figura 8.56**).

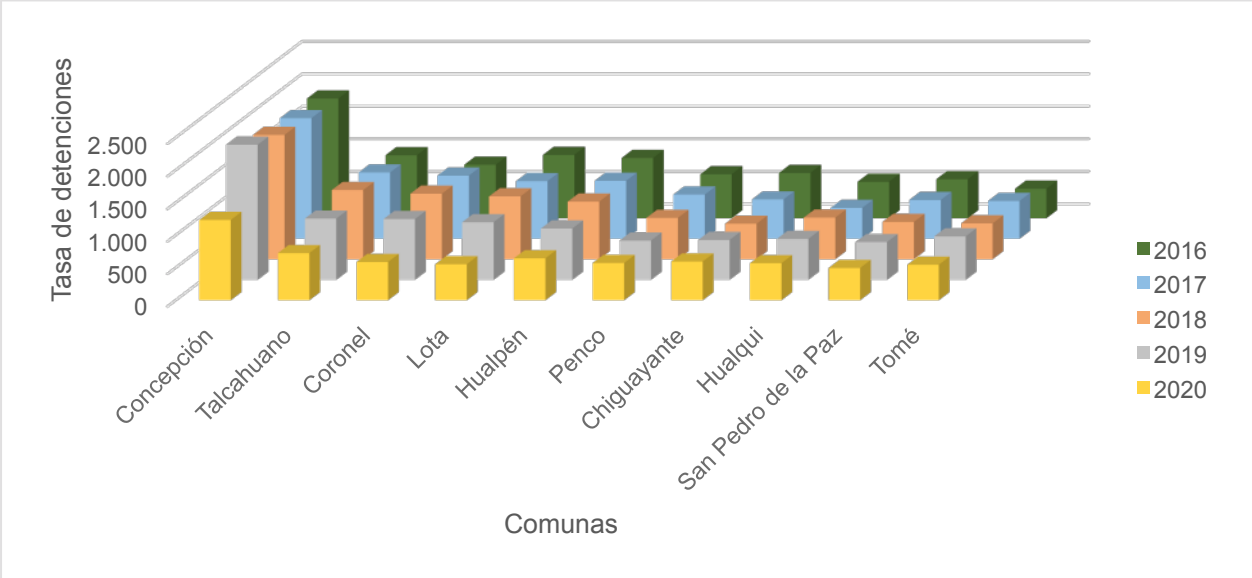
Figura 8.56. Tasa de denuncia de delitos por cada 100 mil habitantes en el Gran Concepción, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

Finalmente, en cuanto a las tasas de detenciones promedio cada 100 mil habitantes, las comunas del Gran Concepción con las más altas tasas son Concepción (1.782), Talcahuano (943) y Coronel (864); mientras que Tomé sería la comuna con la menor tasa: 559. A diferencia de la situación observada con la tasa de denuncias, las comunas tienden a mantenerse estables entre 2016 y 2019, mostrando tanto leves aumentos y como pequeñas disminuciones. Todas las comunas muestran disminuciones en sus tasas al año 2020 respecto a 2019 (**Ver Figura 8.57**).

Figura 8.57. Tasa de detenciones por cada 100 mil hab. Gran Concepción, periodo 2016-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Centro de Estudios y Análisis del Delito, 2021.

8.3. CALIDAD AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

8.3.1. Los Servicios Básicos

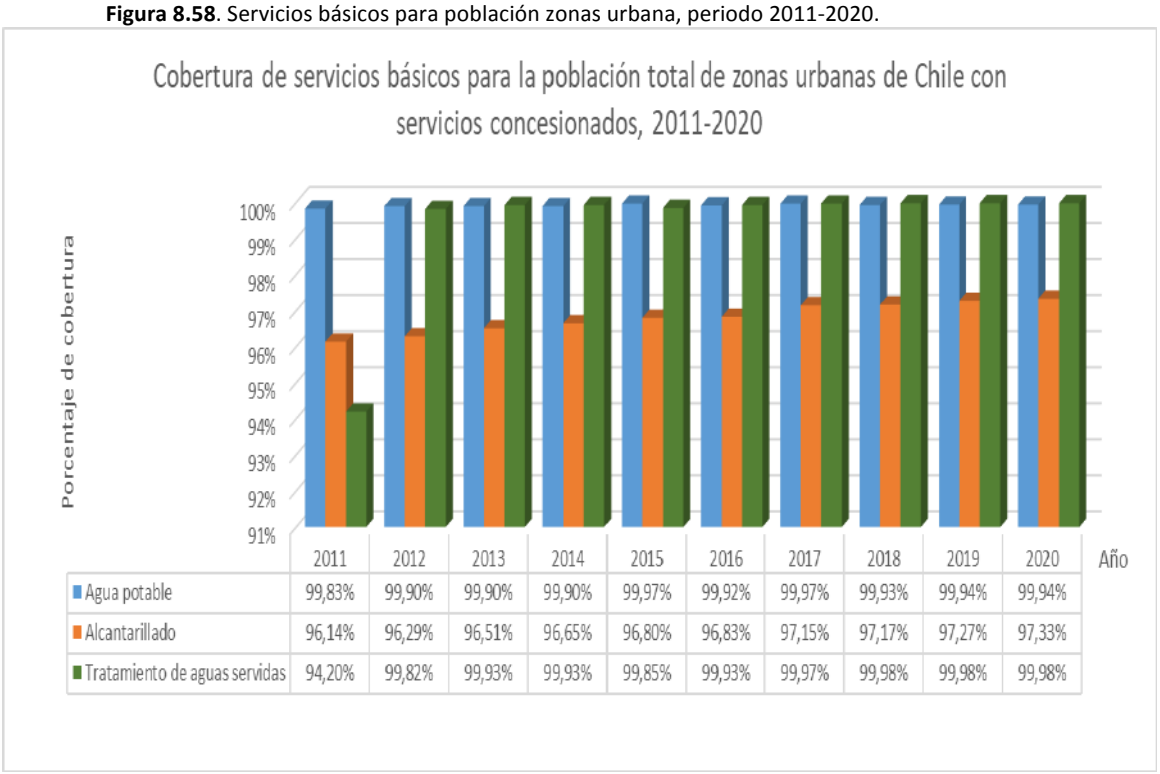
De gran importancia tanto para los asentamientos urbanos como para el impacto que estos tienen en el medio ambiente tiene que ver con el acceso a los servicios básicos de sus poblaciones. Grandes concentraciones de personas en espacios urbanos requieren de sistemas continuos y eficaces de distribución de Agua Potable, de Alcantarillado y de Tratamiento de Aguas Servidas. El **Agua Potable** (AP) es entendida como agua segura y adecuada para el consumo y uso humano, elaborada mediante un proceso industrial que capta agua cruda de fuentes naturales, mejora su calidad y la distribuye a la población objetivo. **El Alcantarillado** es un sistema de saneamiento que, mediante una red hidráulica,

recolecta y transporta aguas servidas (o residuales domésticas) para darles disposición final, pudiendo incluir o no un tratamiento previo a su lanzamiento en los cauces de aguas superficiales. Finalmente, el tratamiento de **Aguas Servidas** es un proceso mediante el cual se limpian las aguas residuales y se extraen los residuos sólidos de estas para disponerlas en medios naturales, con el objetivo de evitar la contaminación de estos entornos y no perjudicar a la flora y fauna que los habitan.

En Chile, estos servicios están concesionados en la mayoría de las zonas urbanas. La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) calcula cada año el número de población cubierta por estos y su porcentaje de cobertura en las zonas urbanas concesionadas. Las coberturas de Agua Potable y Alcantarillado se calculan respecto de la población total para el territorio objetivo, según las estimaciones censales vigentes. Mientras que la cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas se calcula (desde 2011) sobre la población con acceso efectivo a Alcantarillado (las aguas servidas que no son recolectadas por el sistema de Alcantarillado no pueden ser tratadas por el respectivo sistema).

En la Figura **8.58** se muestran los porcentajes de cobertura de estos tres servicios para el periodo 2011-2020:

Figura 8.58. Servicios básicos para población zonas urbana, periodo 2011-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de SISS, 2011-2020.

La cobertura de **Agua Potable** para la población de zonas urbanas en Chile muestra variaciones (positivas y una negativa en 2016) y estancamientos durante el ciclo, mostrando un aumento neto desde 99,83% en 2011 a 99,94% en 2020. La cobertura de **Alcantarillado**, en tanto, aumentó durante el transcurso de los años definidos, pasando de un 96,14% en 2011 a un 99,33% en 2020. Al inicio del período, la cobertura del **Tratamiento de Aguas Servidas** alcanzaba un 94,20%, aumentando sustantivamente a 99,82% en el año 2012. El resto del ciclo mostraría estancamientos y variaciones (positivas y una negativa en 2015), manteniéndose estable en 99,98% los últimos tres años.

8.3.1.1. Acceso a Servicios Básicos por regiones

Sobre la cobertura de **Agua Potable** por regiones, se tiene que al año 2017 solamente cuatro regiones estaban por debajo de 100% de cobertura: Tarapacá (99,9%), Atacama (99,8%), Valparaíso (99,9%) y (99,8%) (sin datos para Ñuble). En 2018, el panorama se mantiene similar para todas las regiones, mostrando retrocesos las regiones de Coquimbo (a 99,9%) y Valparaíso (a 99,5%). En los años 2019 y 2020 todas las regiones alcanzaron el 100% de cobertura, con la excepción de Valparaíso, que se mantiene en el 99,5% de cobertura (**Ver Cuadro 8.29**).

Cuadro 8.29. Cobertura agua potable zonas urbanas de Chile, por regiones 2017-2020.

Cobertura de Agua Potable en zonas urbanas de Chile, por región (2017-2020)								
Región	**2017**		**2018**		**2019**		**2020**	
	Pob. abastecida	**Cobertura**	**Pob. abastecida**	**Cobertura**	**Pob. abastecida**	**Cobertura**	**Pob. abastecida**	**Cobertura**
Arica y Parinacota	195.506	100,0%	199.944	100,0%	214.015	100%	218.374	100%
Tarapacá	294.535	99,9%	301.227	99,9%	333.519	100%	345.374	100%
Antofagasta	531.884	100,0%	540.270	100,0%	596.244	100%	612.198	100%
Atacama	229.148	99,8%	234.478	99,8%	250.865	100%	253.450	100%
Coquimbo	548.543	100,0%	560.590	99,9%	598.105	100%	608.926	100%
Valparaíso	1.459.562	99,9%	1.485.637	99,5%	1.555.821	99,5%	1.575.865	99,5%
Metropolitana	6.641.509	100,0%	6.791.072	100,0%	7.372.215	100%	7.565.609	100%
O´Higgins	552.425	100,0%	564.873	100,0%	594.828	100%	602.815	100%
Maule	575.733	100,0%	588.102	100,0%	617.939	100%	623.481	100%
Ñuble	-	-	270.360	100,0%	282.455	100%	285.133	100%
Biobío	1.522.638	100,0%	1.286.842	100,0%	1.335.368	100%	1.341.140	100%
La Araucanía	528.437	99,8%	540.758	99,9%	560.270	100%	566.097	100%
Los Ríos	225.223	100,0%	230.648	100,0%	240.653	100%	242.341	100%
Los Lagos	509.635	100,0%	521.195	100,0%	556.040	100%	561.106	100%
Aysén	74.873	100,0%	76.573	100,0%	78.365	100%	78.825	100%
Magallanes	139.408	100,0%	142.568	100,0%	149.869	100%	152.925	100%
Total	**14.029.059**	**99,97%**	**14.335.137**	**99,93%**	**15.336.571**	**99,94%**	**15.633.659**	**99,94%**

Fuente: elaboración propia a partir de SISS, 2017-2020.

La cobertura de **Alcantarillado** por regiones muestra evoluciones más dispares. Al año 2017, el nivel de cobertura más alto se encontraba en las regiones de

Antofagasta (99,9%), Arica y Parinacota (99,7%), Metropolitana y Magallanes (ambas con 98,8%). Mientras las regiones con menos cobertura eran O'Higgins (89,2%), Valparaíso (93,7%) y Los Ríos (94,4%). A 2020, solo dos regiones muestran una disminución neta de su cobertura (en Ñuble también disminuye, pero a contar de 2018); dos muestran coberturas netas invariables (Atacama y Metropolitana) y todas las demás regiones presentan una mejoría neta en sus coberturas. Al final del periodo, las regiones de Antofagasta (99,8%), Arica y Parinacota (99,2%) y la Metropolitana (98,9%) tendrían los niveles más altos de cobertura; mientras los niveles más bajos serían nuevamente de las regiones de O'Higgins (90,0%), Valparaíso (93,4%) y Los Ríos (94,8%) (**Ver Cuadro 8.30**).

Cuadro 8.30. Cobertura alcantarillado por zonas urbanas concesionadas por regiones, 2017-2020.

Cobertura de Alcantarillado en zonas urbanas concesionadas de Chile, por región (2017-2020)								
Región	**2017**		**2018**		**2019**		**2020**	
	Pob. saneada	**Cobertura**	**Pob. saneada**	**Cobertura**	**Pob. saneada**	**Cobertura**	**Pob. saneada**	**Cobertura**
Arica y Parinacota	194.878	99,7%	199.348	99,7%	213.419	99,7%	216.701	99,2%
Tarapacá	289.246	98,1%	296.028	98,2%	327.937	98,3%	339.827	98,3%
Antofagasta	531.116	99,9%	539.092	99,8%	595.023	99,8%	610.943	99,8%
Atacama	224.081	97,5%	227.444	96,8%	244.111	97,3%	247.076	97,5%
Coquimbo	533.773	97,3%	546.347	97,4%	583.415	97,5%	593.395	97,4%
Valparaíso	1.369.506	93,7%	1.395.061	93,4%	1.459.657	93,3%	1.478.962	93,4%
Metropolitana	6.561.069	98,8%	6.711.355	98,8%	7.288.249	98,9%	7.482.106	98,9%
O´Higgins	492.616	89,2%	505.138	89,4%	533.931	89,8%	542.637	90,0%
Maule	559.689	97,2%	572.585	97,3%	601.786	97,3%	608.057	97,5%
Ñuble	-	-	260.267	96,3%	272.069	96,3%	273.966	96,1%
Biobío	1.455.754	95,6%	1.230.802	95,6%	1.277.923	95,7%	1.285.813	95,9%
La Araucanía	507.671	95,9%	519.793	96,0%	539.404	96,3%	545.858	96,4%
Los Ríos	212.694	94,4%	218.231	94,6%	227.855	94,7%	229.636	94,8%
Los Lagos	490.167	96,2%	503.517	96,6%	537.469	96,6%	542.474	96,7%
Aysén	72.334	96,6%	74.061	96,7%	75.849	96,8%	76.378	96,9%
Magallanes	137.689	98,8%	140.807	98,8%	148.037	98,8%	151.020	98,8%
Total	**13.632.283**	**97,15%**	**13.939.876**	**97,17%**	**14.926.134**	**97,27%**	**15.224.849**	**97,33%**

Fuente: elaboración propia a partir de SISS, 2011-2020.

Respecto de la cobertura de **Tratamiento de Aguas Servidas**, se puede observar que en el año 2017 todas las regiones de Chile alcanzaban el 100% de cobertura, con excepción de Maule (99,5%) y Biobío (99,9%) (sin datos para Ñuble). Entre los años 2018 y 2020 solo una de las dieciséis regiones quedaría por debajo del 100%: Maule, que mantuvo un 99,6% de cobertura durante los tres últimos años del periodo (**Ver Cuadro 8.31**).

Cuadro 8.31. Tratamiento aguas servidas zonas urbanas concesionadas, por regiones 2017-2020.

Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas en zonas urbanas concesionadas de Chile, por región (2017-2020)								
Región	**2017**		**2018**		**2019**		**2020**	
	Pob. cuyas aguas servidas recolectadas recibe tratamiento	**Cobertura**	**Pob. cuyas aguas servidas recolectadas recibe tratamiento**	**Cobertura**	**Pob. cuyas aguas servidas recolectadas recibe tratamiento**	**Cobertura**	**Pob. cuyas aguas servidas recolectadas recibe tratamiento**	**Cobertura**
Arica y Parinacota	194.878	70%	199.348	89%	213.419	94%	216.701	89%
Tarapacá	289.246	44%	296.028	55%	327.937	60%	339.827	58%
Antofagasta	531.116	33%	539.092	39%	595.023	43%	610.943	42%
Atacama	224.081	3%	227.444	3%	244.111	4%	247.076	3%
Coquimbo	533.773	80%	546.347	111%	583.415	115%	593.395	111%
Valparaíso	1.369.506	188%	1.395.059	249%	1.459.657	255%	1.478.962	246%
Metropolitana	6.561.009	#¡DIV/0!	6.711.286	#¡DIV/0!	7.288.183	2800%	7.482.036	2750%
O´Higgins	492.616	26%	505.138	35%	533.931	43%	542.637	42%
Maule	557.142	86,3%	570.330	112,3%	599.468	115,3%	605.727	112,3%
Ñuble	-	-	260.267	122%	272.069	125%	273.966	120%
Biobío	1.454.177	235,7%	1.230.802	251%	1.277.923	254%	1.285.813	239%
La Araucanía	507.671	578%	519.793	719%	539.404	728%	545.858	720%
Los Ríos	212.694	136%	218.231	158%	227.855	162%	229.636	155%
Los Lagos	490.167	3%	503.517	4%	537.469	4%	542.474	4%
Aysén	72.334	#¡DIV/0!	74.061	#¡DIV/0!	75.849	#¡DIV/0!	76.378	#¡DIV/0!
Magallanes	137.689	#¡DIV/0!	140.807	#¡DIV/0!	148.037	#¡DIV/0!	151.020	#¡DIV/0!
Total	**13.628.099**	**99,97%**	**13.937.550**	**99,98%**	**14.923.750**	**99,98%**	**15.222.449**	**99,98%**

Fuente: Elaboración propia a partir de SISS, 2011-2020.

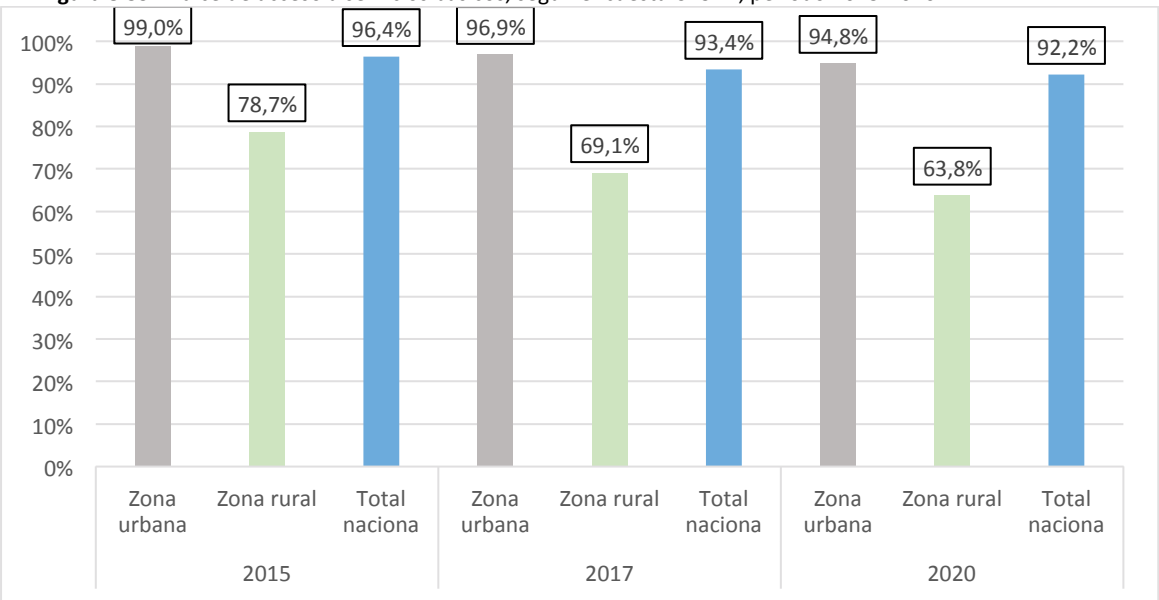
8.3.1.2. Acceso a Servicios Básicos según Encuesta Casen

Para el periodo comprendido entre los años 2015 a 2020, las tres encuestas Casen realizadas muestran una disminución del índice de acceso a servicios básicos. Este índice clasifica el acceso a servicios básicos (origen y sistema de distribución de agua y sistema de eliminación de excretas) en aceptable o deficitario para los hogares, reportando el porcentaje de hogares con acceso aceptable (MIDESO, 2021). A nivel nacional, este índice disminuyó de un 96,4% en el año 2015 a un 92,2% en el año 2020. Al diferenciar por zonas, se observan importantes diferencias: en zonas urbanas, el índice disminuyó de 99,0% a 94,8% entre los

años 2015 y 2020; mientras en zonas rurales disminuyó de 78,7% a 63,8% en el mismo ciclo (**Ver Figura 8.59**).

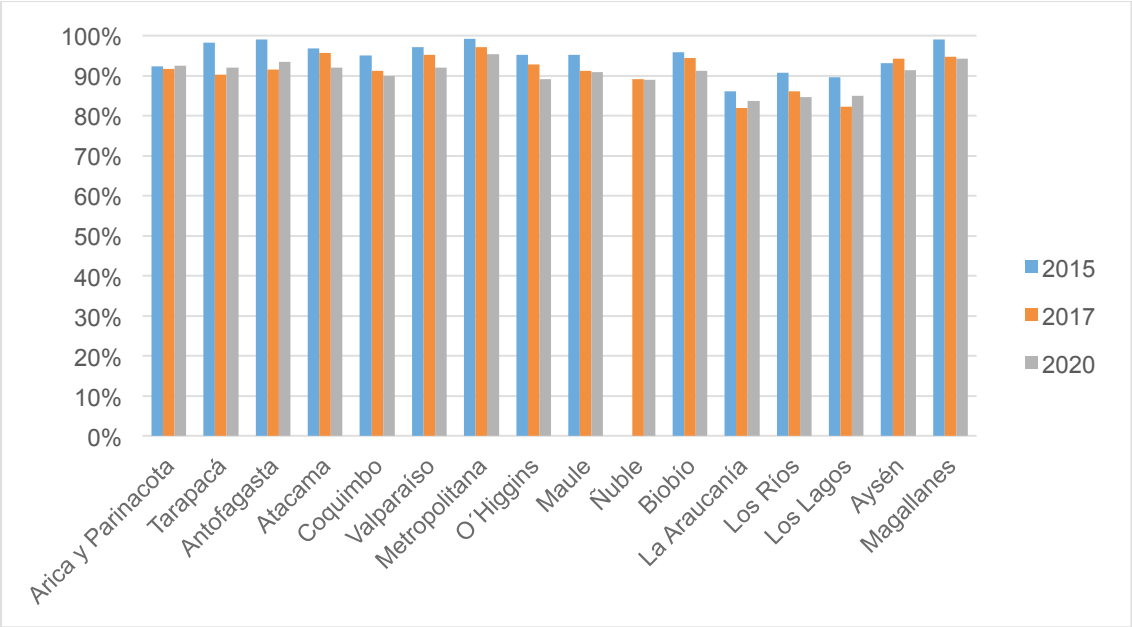
En cuanto al índice de acceso a servicios básicos en regiones, se aprecia que entre los años 2015 y 2020 disminuye en todas las regiones del país excepto en Arica y Parinacota, donde muestra un aumento neto de 0,2 puntos porcentuales. Las regiones con mayor disminución de su índice son Tarapacá y O'Higgins, con una caída de 6,2 puntos, seguidas de Los Ríos, con 6 puntos (**Ver Figuras 8.60 y Cuadro 8.32**).

Figura 8.59. Índice de acceso a servicios básicos, según encuesta CASEN, periodo 2015-2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MIDESO, 2021.

Figura 8.60. Índice de acceso servicios básicos por región, según encuesta CASEN por región, años 2015, 2017 y 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MIDESO, 2021.

Cuadro 8.32. Índice de acceso servicios básicos, según encuesta CASEN 2015-2020.

Región	2015	2017	2020
Arica y Parinacota	92,3%	91,7%	92,5%
Tarapacá	98,3%	90,3%	92,1%
Antofagasta	99,0%	91,6%	93,4%
Atacama	96,8%	95,7%	92,0%
Coquimbo	95,0%	91,3%	89,9%
Valparaíso	97,2%	95,3%	92,1%
Metropolitana	99,2%	97,2%	95,4%
O´Higgins	95,3%	92,9%	89,1%
Maule	95,2%	91,3%	90,9%
Ñuble	-	89,1%	89,0%
Biobío	95,9%	94,5%	91,2%
La Araucanía	86,1%	81,9%	83,7%
Los Ríos	90,7%	86,1%	84,7%
Los Lagos	89,6%	82,3%	85,0%
Aysén	93,2%	94,2%	91,4%
Magallanes	99,0%	94,7%	94,3%
Total nacional	**96,4%**	**93,4%**	**92,2%**

Fuente: elaboración propia a partir de datos de MIDESO, 2021.

8.3.1.3. Abastecimiento de agua potable en zonas rurales

Según el Censo de 2017, en Chile 383.204 viviendas no tenían acceso formal al agua potable. Esta realidad es más frecuente en zonas rurales, que no tienen acceso a servicios básicos concesionados como ocurre en zonas urbanas. Las comunidades rurales se clasifican, según su densidad poblacional, en concentradas, semi concentradas y dispersas. El abastecimiento de **Agua Potable**

(AP) se realiza mayoritariamente en los primeros dos tipos de comunidades mediante los **Sistemas de Agua Potable Rural (APR).** Estos son mecanismos de adquisición y/o producción de AP acorde a las normas sanitarias correspondientes y de distribución a los hogares de comunidades rurales concentradas y semi concentradas mediante arranques de AP (tramos entre la tubería de distribución del sistema y las llaves de paso de los hogares) (Ministerio de Obras Públicas, s.f.; APR El Vaticano, s.f.). El Programa de APR, a cargo del Ministerio de Obras Públicas (MOP), ha aumentado su cobertura desde un 6% a un 53% de su población objetivo entre los años 1964 y 2018 (Morales, Vicuña y Cid, 2019).

Para diciembre del año 2019, la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del MOP estimó la existencia de 1.897 sistemas de APR a nivel nacional, los que favorecían a 1.740.639 usuarios, además, destaca que un 99% de la población de zonas rurales concentradas se abastecía mediante estos sistemas (DOH, 2019a). Pese a lo anterior, al año 2018 solo 41% de las comunidades rurales semi concentradas tenía acceso a un sistema de APR (Morales, Vicuña y Cid, 2019). En junio de 2020, el MOP reportó la existencia de 2.836 sistemas de APR, los que, con 683.712 arranques, favorecían a 2,1 millones de habitantes en todo el país. Las zonas rurales concentradas ya cuentan con un 100% de abastecimiento acorde al MOP (2020). El siguiente **Cuadro 8.33** muestra su distribución regional para ambos años:

Cuadro 8.33. Cantidad de APR en Chile por regiones 2019-2020.

Región	2019		2020
	Sistemas de APR	Beneficiarios	Sistemas de APR
Arica y Parinacota	20	13.993	23
Tarapacá	21	10.171	25
Antofagasta	16	13.107	19
Atacama	41	17.937	47
Coquimbo	193	156.887	235
Valparaíso	166	174.350	251
Metropolitana	109	187.206	111
O´Higgins	221	314.566	255
Maule	293	307.427	474
Ñuble	118	110.645	145
Biobío	111	106.628	167
La Araucanía	253	164.365	379
Los Ríos	125	94.969	324
Los Lagos	198	145.601	299
Aysén	43	22.875	65
Magallanes	11	3.193	17
Total	**1.939**	**1.843.920**	**2.836**

Fuente: elaboración propia con datos de DOH 2019 y MOP 2020.

Pese al incremento de los Sistemas de APR y al aumento de su cobertura a lo largo de los años, estos continúan sin abastecer de AP al total de la población rural de Chile. Acorde al Censo de 2017, un 47,2% de la población rural del país carece de abastecimiento formal de AP (comunidades semi concentradas y dispersas), debiendo buscar fuentes alternativas informales (Morales, Vicuña y Cid, 2019). Del total de esta población, un 58,8% se abastece de AP a través de pozos subterráneos, un 25,8% obtiene agua de fuentes superficiales (lagos, ríos, canales, esteros o vertientes) y un 15,4% obtiene agua gracias a la distribución por camiones aljibe (camiones con estanques de agua que abastecen regularmente los estanques domiciliarios) (Morales, Vicuña y Cid, 2019). En el año 2021 el Instituto Nacional de Estadísticas reportó que el 53% de la población rural tiene acceso a la red pública de agua (Castro, 2021).

Debido al escenario de escasez hídrica que ha persistido en el país durante la última década, el abastecimiento de AP en zonas rurales (especialmente en comunidades semi concentradas y dispersas) se ha visto afectado, acorde al acceso a servicios básicos medidos por Casen para el ciclo 2015-2020. Los sistemas de APR tienen menor capacidad de abastecimiento, por lo que más habitantes deben recurrir a fuentes alternativas subterráneas y superficiales, las que también sufren las consecuencias de la escasez hídrica (Morales, Vicuña y Cid, 2019).

8.3.1.4. Abastecimiento de agua potable en zonas urbanas irregulares

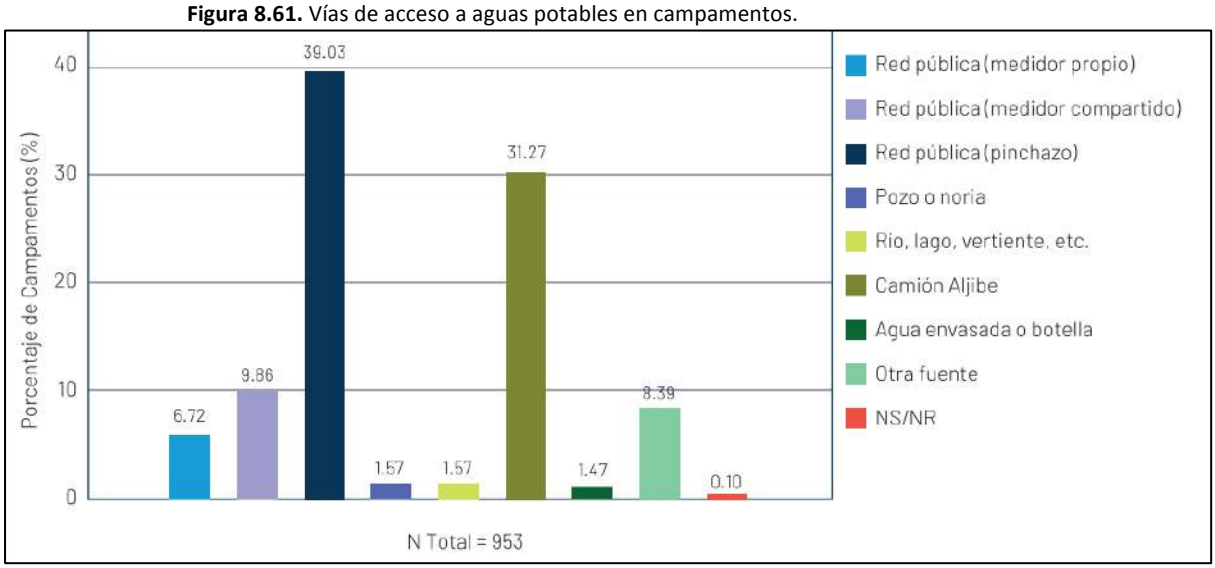
Un número apreciable de zonas, tanto urbanas como rurales, en la actualidad se encuentran afectadas por la escasez hídrica, sobre todo en el norte del país, donde poblados enteros han perdido sus fuentes naturales de agua. Esto obliga a las comunidades a buscar agua en pozos cada vez más profundos -lo que implica un mayor costo- o simplemente deben ser abastecidos por sus municipalidades mediante camiones aljibe.

Pero también existen otro problema relevante: los asentamientos irregulares que se instalan en lugares sin ningún tipo de acceso a agua potable. Estos, en algunos casos, aumenta “artificialmente” la demanda de AP mediante camiones aljibe municipales y, en otros, genera problemas de conexiones irregulares al sistema público de AP (“pinchazos”). Al año 2019, antes del inicio de la pandemia de Covid-19 y el aumento de asentamientos irregulares que trajo consigo, el MINVU reportaba que un 22% de los hogares que vivían en campamentos no tenía acceso formal a agua potable (Palacios, Silva y Vergara, 2020). En el norte del país se

contabilizaron casi 14 mil hogares sin acceso formal a AP dentro de campamentos (Palacios, Silva y Vergara, 2020).

El Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021 de la Fundación Techo describe las fuentes de AP para 953 campamentos del total registrado (969). Acorde a este, la principal vía de acceso al agua para los campamentos es mediante "pinchazos" a la red pública, con un 39,03% de los campamentos. En segundo lugar, un 31,27% de los campamentos recibe AP mediante camiones aljibe. Muy por debajo aparecen los pozos subterráneos (norias) y las fuentes superficiales de agua, ambos métodos de abastecimiento empatados con el 1,57% de los campamentos para cada uno. Un 9,86% de los campamentos tiene acceso a la red pública, pero mediante medidores compartidos (mecanismo irregular) y solo el 6,72% tiene un acceso formal a la red pública de agua potable (con medidor individual) (CES Chile, 2021) (**Ver Figura 8.61**).

Figura 8.61. Vías de acceso a aguas potables en campamentos.



Fuente: CES Chile, 2021.

8.3.1.5. Áreas verdes en Chile

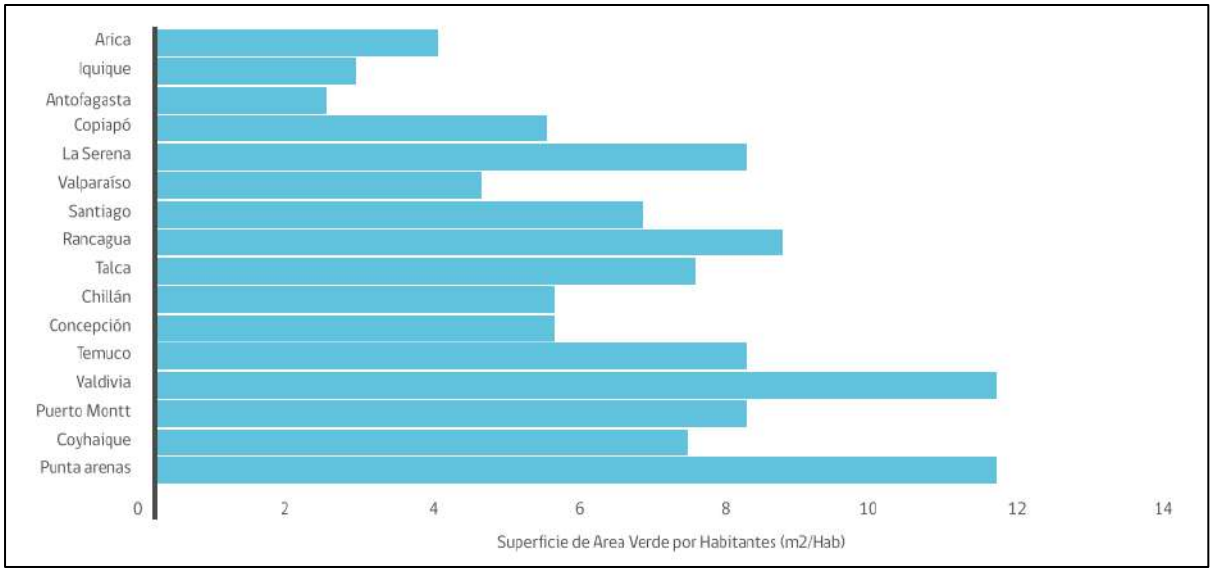
Según el Censo del año 2017, el 87,8% de la población de Chile habita en zonas urbanas, es decir, casi 9 de cada 10 chilenos (Corporación Ciudades, 2020; Toloza, 2020). En este escenario, las áreas verdes ubicadas en estas zonas cobran una gran importancia en la calidad de vida de las personas: son espacios de esparcimiento y recreación, descanso, contacto con la naturaleza, actividad deportiva, vida social y familiar. Si bien desde hace años que se visualiza un problema de desigualdad en el acceso a estas áreas, el confinamiento y otras medidas restrictivas sufridas a causa de la pandemia de Covid-19 han recalcado la

importancia de estos territorios y su dispar acceso entre la población. El Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) propone un estándar mínimo para los territorios de 10 m2 por habitante para garantizar a cada persona un disfrute mínimo de las funciones socio-ambientales de las áreas verdes públicas (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).

8.3.1.5.1. Superficie de áreas verdes en capitales regionales

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA), acorde a su último Informe del Estado del Medio Ambiente publicado el año 2021, considera dos categorías de áreas verdes públicas: las plazas (áreas con una superficie de entre 450 y 19.999 m^2) y los parques (áreas con superficie igual o mayor a 20.000 m^2). En la **Figura 8.62** se aprecia la superficie de parques y plazas por habitante a lo largo de todas las capitales regionales del país:

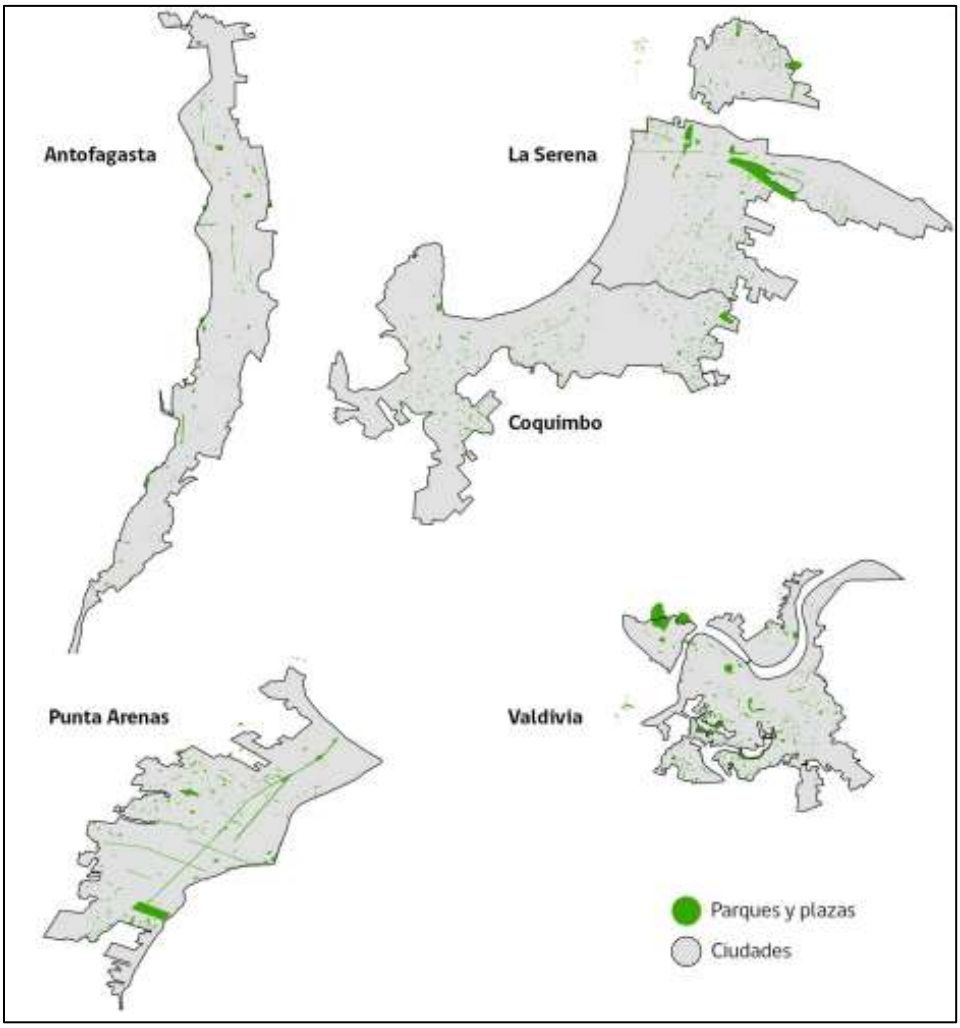
Figura 8.62. Estado de la infraestructura verde urbana en las capitales regionales y sus conurbaciones según superficie de parques y plazas por habitantes (m^2/hab) en 2017.



Fuente: elaborado por MMA, 2020.

Las únicas capitales regionales que cumplen el estándar del CNDU son Valdivia y Punta Arenas, cada una con 11,4 m^2/hab. La figura anterior muestra una tendencia a la disminución de superficie de áreas verdes por habitante hacia la zona norte del país, lo que se explicaría por las condiciones geográficas y climáticas de este territorio. De hecho, las tres primeras capitales regionales del país (en sentido norte-sur) son las que tienen menor superficie verde: Arica (3,8 m^2/hab), Iquique (2,7 m^2/hab) y Antofagasta: (2,3 m^2/hab). Una excepción a la tendencia nortina se observa en La Serena, que cuenta con 8,0 m^2/hab (MMA, 2020) (**Ver Figura 8.63**).

Figura 8.63. Parques y plazas de las ciudades de Antofagasta, La Serena-Coquimbo, Valdivia y Punta Arenas.



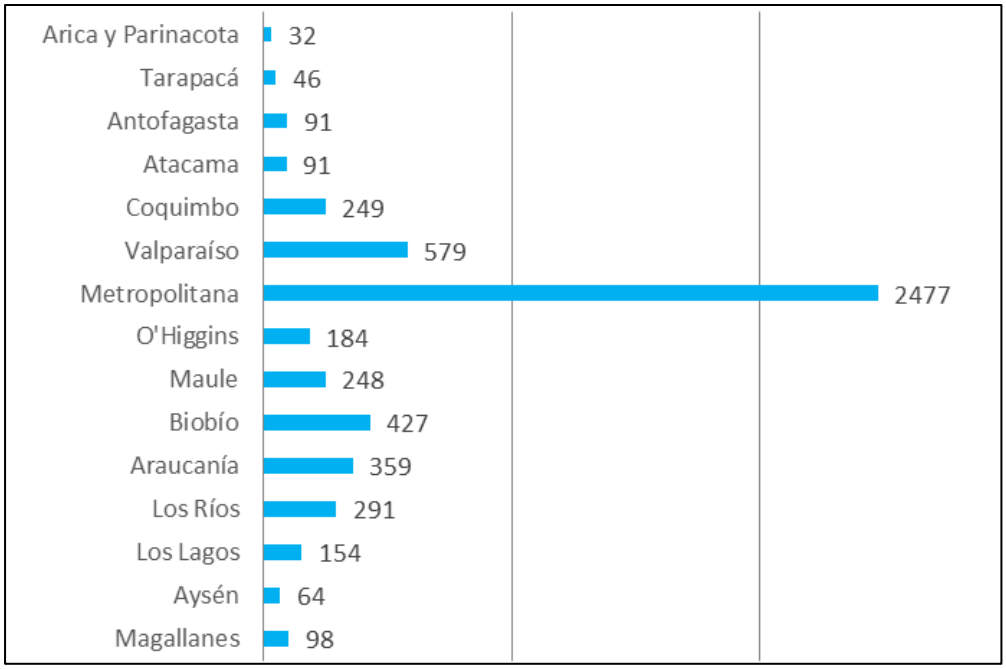
Fuente: elaborado por MMA a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas-Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (INE-SIEDU), 2020.

8.3.1.5.2. Parques urbanos

Entre los años 2017 y 2018, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) realizó un catastro de parques urbanos con superficies mayores a 5 mil m^2, categorizándolos en parques menores (5.000 a 20.000 m^2), intermedios (20.000 a 100.000 m2) y mayores (más de 100.000 m2) (MINVU, 2018). Según el catastro, realizado mediante las municipalidades de comunas con más de 20.000 habitantes, se contabilizaron 1.678 parques urbanos en Chile, los que suman una superficie de 5.389 hectáreas (ha) (MINVU, 2018). Se contabilizaron 1.169 parques menores (1.190 ha), 432 intermedios (1.778 ha) y 77 mayores (2.421 ha) (MINVU, 2018).

Las capitales regionales con mayor cantidad de parques (según esta categorización) son el Gran Santiago y el Gran Concepción, con 709 y 69 unidades, respectivamente (MINVU, 2018). Las regiones con mayor superficie de parques urbanos son la Metropolitana (2.477 ha), Valparaíso (579 ha) y Biobío (427 ha); mientras, las que tienen menor superficie son las regiones de Aysén (64 ha), Tarapacá (46 ha) y Arica y Parinacota (32 ha) (MINVU, 2018). La distribución anterior se puede relacionar a la concentración poblacional, los niveles de urbanización y las características geográficas y climáticas de esas regiones (**Ver Figura 8.64**).

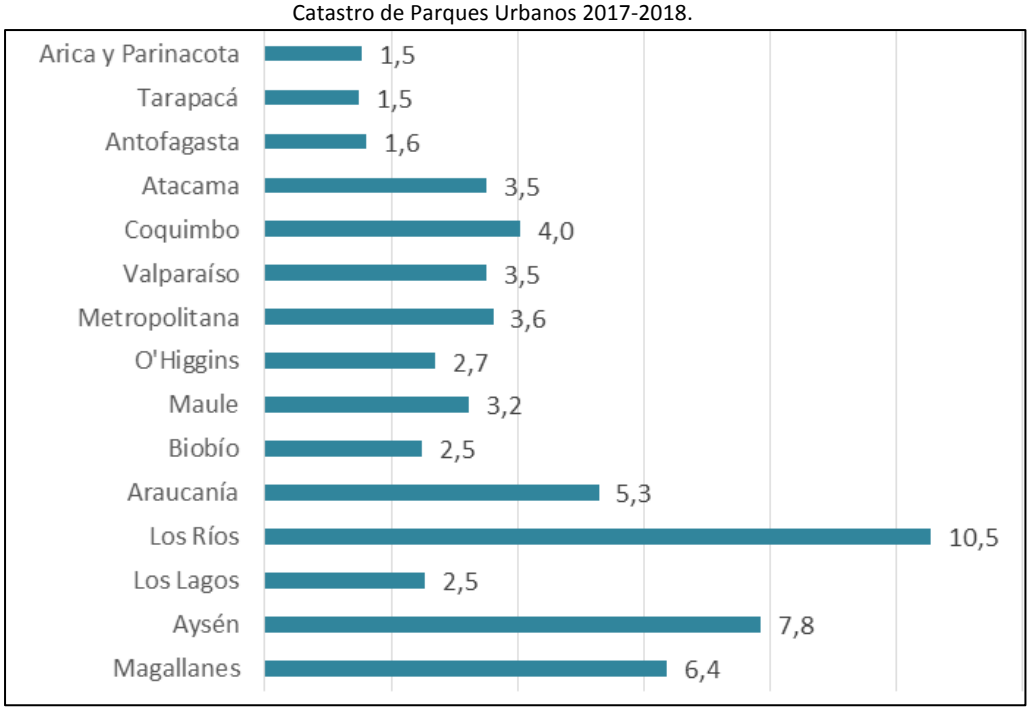
Figura 8.64. Superficie (ha) de parques urbanos en regiones de Chile según Catastro de Parques Urbanos 2017-2018.



Fuente: elaborado por MINVU, 2018.

Las regiones con la mayor tasa de superficie de parques por habitante (m2/habitante) son Los Ríos (10,5 m^2/hab), Aysén (7,8 m^2/hab) y Magallanes (6,4 m^2/hab); mientras, las regiones con menor superficie de parques por habitante son Antofagasta (1,6 m^2/hab), Tarapacá y Arica y Parinacota (ambas con 1,5 m^2/hab) (MINVU, 2018) (**Ver Figura 8.65**).

Figura 8.65. Superficie de parques urbanos por habitante (m^2/hab) en regiones de Chile según Catastro de Parques Urbanos 2017-2018.



Fuente: elaborado por MINVU, 2018.

El Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU) administra 14 parques urbanos en 12 regiones del país bajo el Programa de Conservación de Parques Urbanos del MINVU, los que suman en total 1.829.570 m^2 (aproximadamente 183 ha) de superficie (MMA, 2020). Adicionalmente, el MINVU cuenta con una gran cantidad de parques que son administrados directamente por las municipalidades de las comunas en que se encuentran. A continuación (**Ver Cuadro 8.34**), se muestran los nombres y superficie de estos parques, además de su ubicación regional y comunal:

Cuadro 8.34. Parques urbanos del MINVU administrados por SERVIU o municipalidades.

Parque	Región	Comuna	Extensión (ha)
Sur Oriente Santa Rosa	Tarapacá	Alto Hospicio	5,5
Borde Costero de Taltal	Antofagasta	Taltal	4,2
Villa Esperanza		Antofagasta	2,5
Monseñor Aritztia	Atacama	Caldera	4,1
Quinta Los Chañares		Diego de Almagro	2,5
Urbano Kaukari		Copiapó	15,5
Deportivo Los LLanos	Coquimbo	La Serena	10,9
Lambert			3,9
La Pampilla de San Isidro		Vicuña	15
Borde Estero Quilpué	Valparaíso	San Felipe	1,6
El Alamo		Villa Alemana	2,5
Complejo 5's		El Tabo	1,8
Placilla		Valparaíso	5,4
Talud 21 de Mayo		San Antonio	2,2

Abel Bouchón	O'Higgins	San Fernando	3,5
La Paz Santa Cruz		Santa Cruz	5,3
Cordillera		Rancagua	2,8
Recreativo Oriente		Rengo	4,8
Los Vientos de Marchigue		Marchigue	1,7
Aguas Negras	Maule	Curicó	1,5
Cerro Condell			42
Jerónimo Lagos Lisboa		San Javier	1,2
Alameda Cumpeo		Río Claro	2,4
Alameda Las Delicias de Parral		Parral	5,3
Avenida Canal de la Luz		Talca	3,3
Estero Piduco			25
Costanera		Pelluhue	2,7
Borde Fluvial Constitución		Constitución	7,2
Costanera Rio Vergara	Biobío	Nacimiento	1,6
Del Carbón		Lebu	4,6
Estero Quilhue		Los Ángeles	11
Los Batros		San Pedro de la Paz	15,1

Fuente: elaboración propia a partir de datos de MINVU, s.f., y MMA, 2020.

El Gran Santiago también cuenta con diversos parques urbanos bajo el mismo programa del MINVU, sin embargo, la administración de estos la realiza directamente por otra institución: el Parque Metropolitano de Santiago (PARQUEMET). En total, PARQUEMET cuenta con 9.449.911 m2 (aproximadamente 945 ha) de superficie distribuida en una red de 22 parques urbanos en 15 comunas de la capital, según el último informe del medioambiental del MMA (2020). De acuerdo datos obtenidos directamente desde PARQUEMET y el MMA, los parques urbanos del Gran Santiago administrados por PARQUEMET serían 24, los que suman más de 1015 ha distribuidas en 18 comunas de la capital (PARQUEMET, s.f.; MMA, 2020). A continuación (**Ver Cuadro 8.35**), se detalla la información sobre esos parques:

Cuadro 8.35. Parques urbanos de la RM administrados por PARQUEMET.

Parque	Comuna	Extensión (ha)	Año de apertura
Huechuraba	Huechuraba	4,7	2015
Fluvial de la Familia	Quinta Normal	20	2014
Lo Varas	Renca	1,4	1993
Bernardo Leighton	Estación Central	7,2	1998
Pierre Dubois	Pedro Aguirre Cerda	10,7	2018
André Jarlan		10,9	1996
Cerrillos	Cerrillos	50,4	2013
Violeta Parra	Lo Espejo	2,5	1995
La Bandera	San Ramón	9,2	1994
Cerros de Chena	San Bernardo	38,5	2003
La Serena	La Pintana	1	2020
La Platina		5	2011
Mapuhue		5,7	1995

Brasil	La Granja	10,9	2018
Quebrada de Macul	La Florida	4,8	2000
La Castrina	San Joaquín	7	1996
Peñalolén	Peñalolén	17,5	2010
Cerro San Cristóbal	Providencia / Huechuraba / Recoleta / Vitacura	737	1966
Mahuidahue	Recoleta	10,6	2000
Bicenterario de la Infancia		3,9	2012
Cerro Blanco		17,3	1999
Santa Mónica		5	1994
Mapocho Poniente	Cerro Navia	8	-
La Hondonada		26	2020

Fuente: elaboración propia a partir de datos de PARQUEMET, s.f., y MMA, 2020.

La Región Metropolitana concentra aproximadamente un 45% de las áreas verdes urbanas del país, sin embargo, esta alta concentración se relaciona directamente a la población que la habita, que representa al 40% de la población de Chile, según el Censo de 2017.

8.3.1.5.3. Humedales urbanos

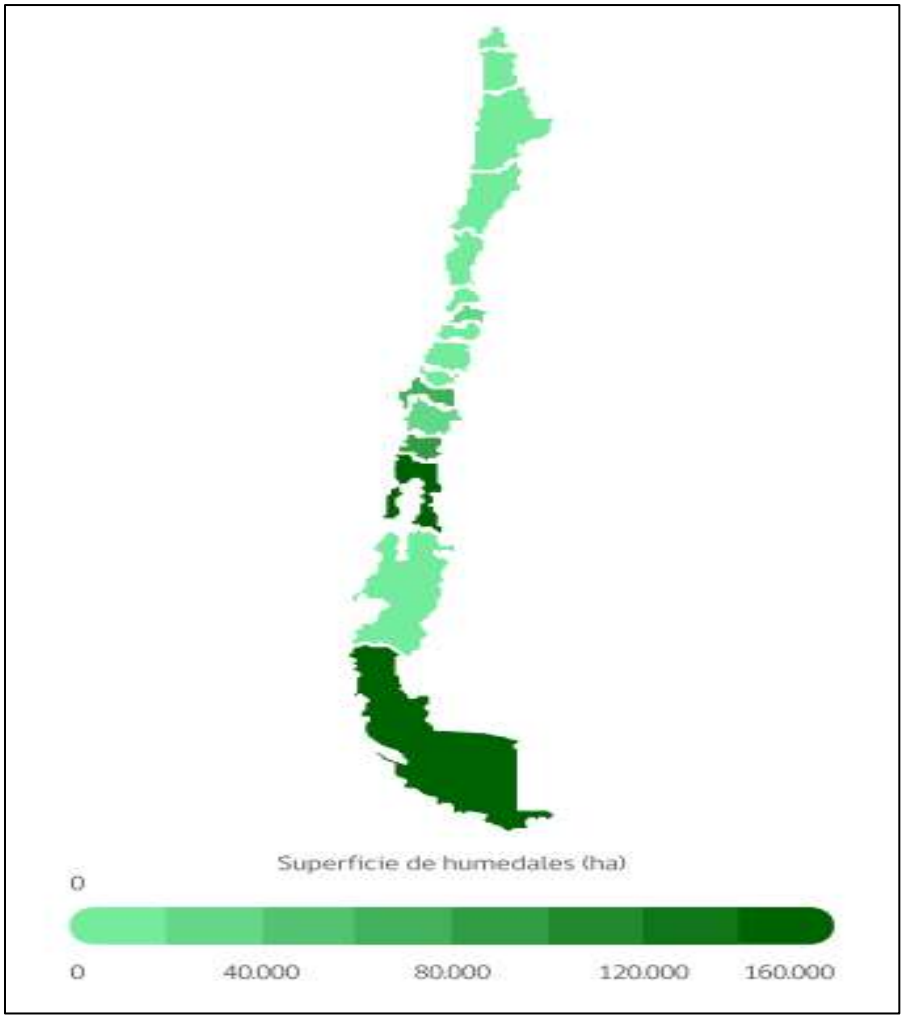
Un componente de gran relevancia social y ambiental dentro de las áreas verdes urbanas son los humedales urbanos. Estos ambientes naturales son zonas terrestres inundadas por agua dulce, salada o salobre que cumplen diversas funciones: son hábitats para flora y fauna local (y migrante en casos de algunas especies de aves); prestan servicios eco sistémicos como prevención de inundaciones y eliminación de dióxido de carbono atmosférico; proveen de recursos a la población local como agua potable y alimentos; pueden ser espacios de explotación turística y recreación y; por último, son áreas verdes de gran identidad para los habitantes de sus entorno, por lo que tienen gran importancia para la educación ambiental de la población.

Durante el año 2020, el MMA realizó el último Inventario Nacional de Humedales Asociados a Áreas Urbanas (INHAAU), en el cuál se identificaron 1.966 humedales. Del total, 1.463 se encuentran total o parcialmente en zonas urbanas, 266 en zonas periurbanas[15] y 204 en zonas rurales (MMA, 2020). Los humedales urbanos suman una superficie total estimada de 783.205 hectáreas (ha) a nivel nacional (MMA, 2020). Al igual como ocurre con las áreas urbanas en general, la superficie de humedales urbanos es notablemente mayor en las zonas sur y austral del país: la Región de Magallanes obtiene el primer lugar en superficie de humedales,

[15] Zonas de influencia urbana, es decir, hasta a 1000 metros de zonas urbanas. Los humedales de zonas urbanas sin instrumentos de planificación territorial se incluyen en esta categoría (MMA, 2021).

acumulando 158.344 ha según el Inventario; en segundo lugar, queda la Región de Los Lagos, con 144.447 ha (**Ver Figura 8.66**).

Figura 8.66. Superficie regional del Inventario Nacional de Humedales Asociados a Áreas Urbanas.



Fuente: elaborado por el MMA, 2020.

8.3.1.6. Accesibilidad a las áreas verdes

La disponibilidad de áreas verdes en los territorios no es el único factor de importancia en este asunto, para estas áreas también se debe tener en cuenta una serie de factores como la iluminación, la seguridad, la cantidad de biomasa que incluyen y su accesibilidad para la población, entre otros (Monasterio, 2019). Este último factor es quizás uno de los más relevantes. Existen preocupaciones institucionales por la accesibilidad a áreas verdes, por ejemplo, según el Sistema de Indicadores de Desarrollo Urbano (SIEDU)[16], las plazas deben ubicarse a una

[16] Herramienta para la equidad urbana desarrollada por CNDU, INE y MINVU.

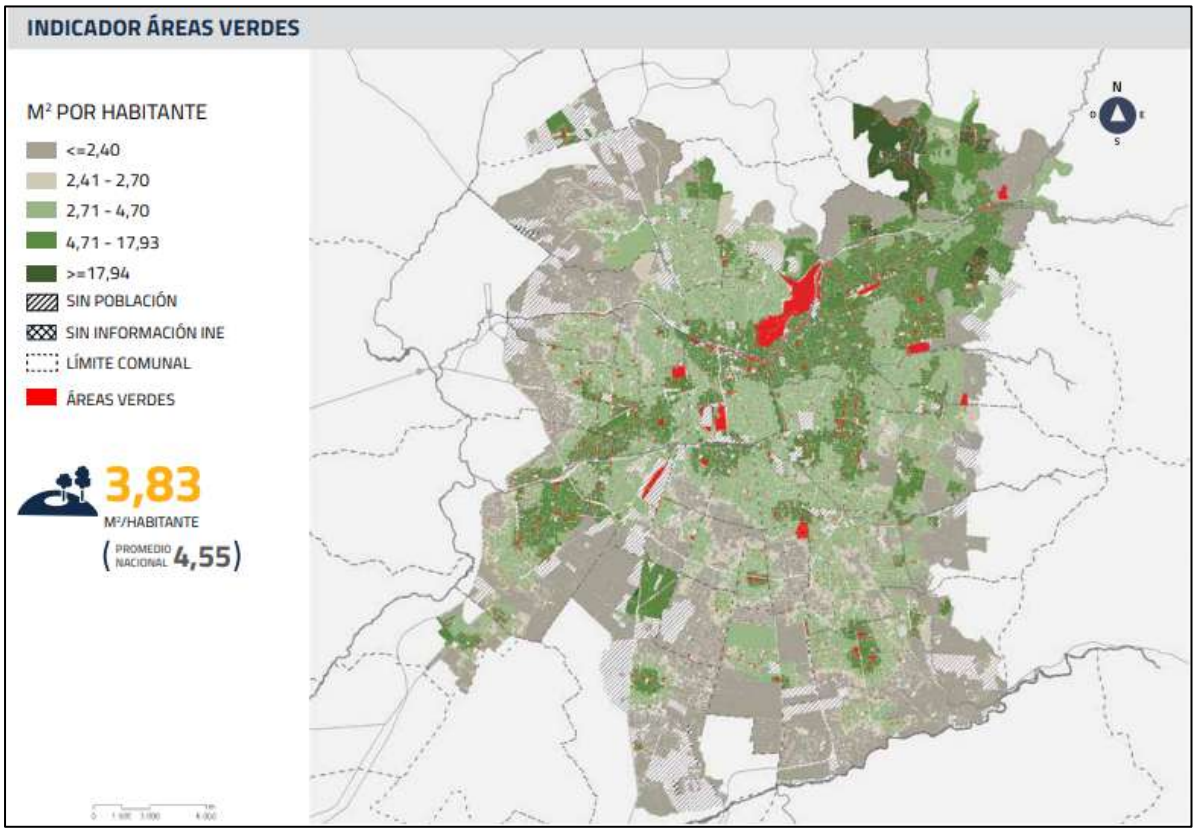
distancia no mayor a los 400 metros de su población objetivo, mientras que los parques no deben superar los 3 mil metros (Monasterio, 2019).

La Universidad Adolfo Ibáñez (UAI) en conjunto con la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) desarrollaron el proyecto del Indicador de Bienestar Territorial para la población de diversos territorios del país de los años 2012 y 2017: entre las variables trabajadas se mide el Indicador de Accesibilidad a Áreas Verdes (IAV), que tiene un valor desde 0 (nula accesibilidad) hasta 1 (accesibilidad plena). La Corporación Ciudades publicó el año 2020 una serie de atlas para más de 20 ciudades en el contexto de su "Atlas de Bienestar Territorial", el que explora una serie de factores que inciden en la calidad de vida urbana de las personas a partir del Indicador de Bienestar Territorial desarrollado por la UAI. Uno de estos factores medidos es el acceso a las áreas verdes en las diferentes ciudades. A continuación, se presentan los resultados de estos proyectos para las tres principales grandes ciudades de Chile: Santiago, Valparaíso y Concepción.

8.3.1.6.1. Áreas verdes en el Gran Santiago

Para la ciudad del Gran Santiago, el proyecto de la UAI y la CChC midió para el año 2012 un IAV de 0,67, mientras que para el año 2017 este indicador disminuyó hasta 0,09 (UAI, 2020). De acuerdo a las mediciones, un 27% de la población del Gran Santiago habita en zonas con un acceso a áreas verdes superior al promedio nacional, concentrándose dicha población en las comunas del sector oriente (UAI y CChC, 2020). En el atlas de Corporación Ciudades, en base a un levantamiento de información, se presenta la siguiente cartografía:

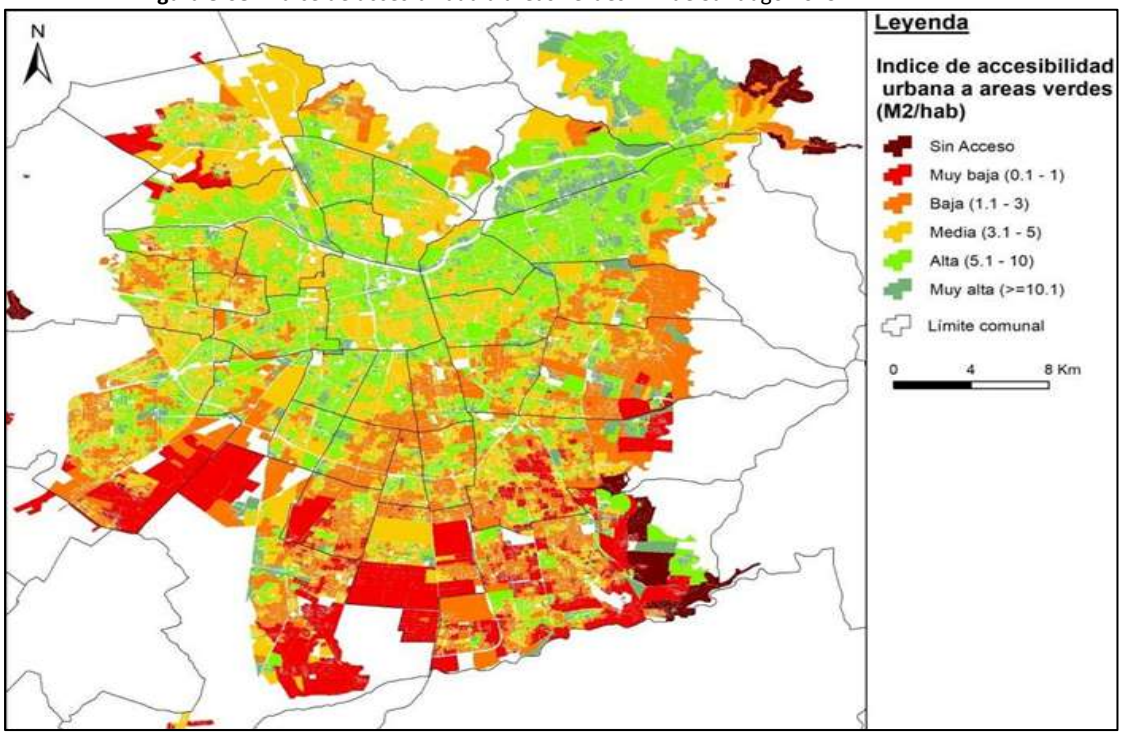
Figura 8.67. Indicador de áreas verdes RM de Santiago 2020.



Fuente: elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

Un estudio del año 2019 del Centro de Políticas Públicas UC realizó una cartografía similar a la anterior, tomando en cuenta los datos públicos disponibles a la fecha:

Figura 8.68. Índice de accesibilidad a áreas verdes RM de Santiago 2019.



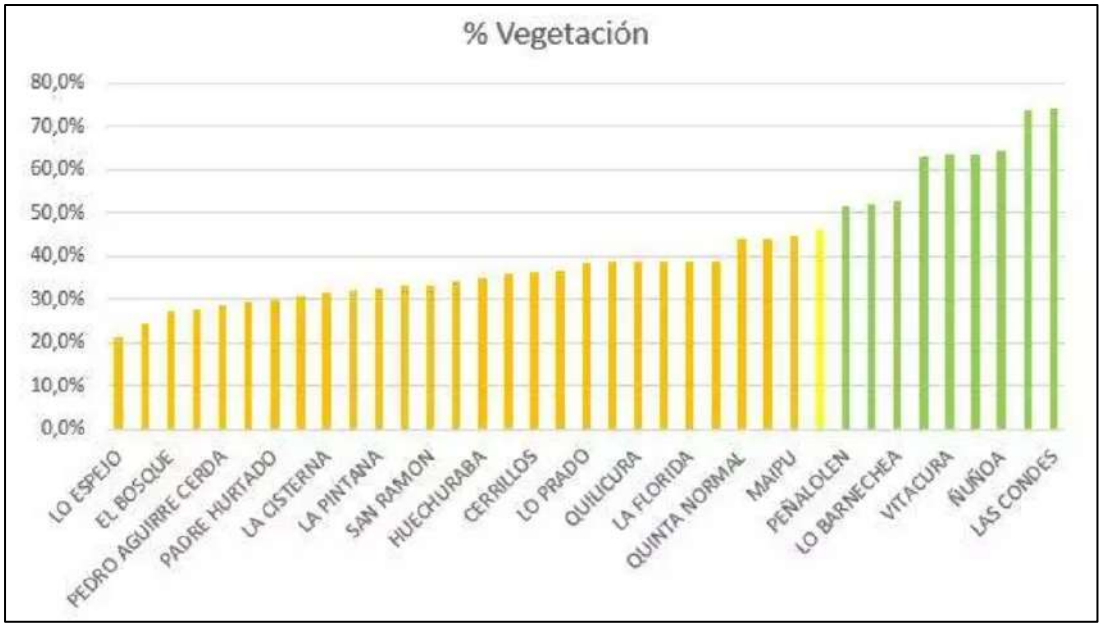
Fuente: Elaborado por Innocenti et al., 2019.

Respecto del estándar de 10 m^2 de áreas verdes por habitante, el promedio a nivel de todo el Gran Santiago (3,83 m^2/hab) queda muy por debajo de este, incluso está por debajo del promedio nacional de 4,55 m^2/hab (Corporación Ciudades, 2020). Se observa una gran desigualdad en el acceso a áreas verdes, ya que sectores de Santiago oriente tienen acceso a más de 17,94 m^2/hab (Corporación Ciudades, 2020). Según un estudio del Centro de Políticas Públicas UC, solo un 5,7% de la población de la capital está por sobre el parámetro del CNDU, concentrándose en solo dos comunas: Lo Barnechea y Vitacura (Innocenti et al, 2019). Ambas figuras muestran un bajo acceso a áreas verdes en las zonas periféricas de la capital (excepto en el sector oriente); este es especialmente bajo en el sector sur de la ciudad.

Complementando lo anterior, el estudio del Centro de Políticas Públicas UC muestra que las comunas del sector oriente de Santiago son las que tienen mayor nivel de biomasa (vegetación) sobre la superficie de sus parques y plazas: comunas como Peñalolén y Lo Barnechea superan el 50% de la superficie de estos espacios cubierta por vegetación, las comunas de Vitacura y Ñuñoa superar el 60% de superficie con vegetación y, para las comunas de Providencia y Las Condes, esta tasa supera el 70% (Monasterio, 2019). Por otro lado, comunas como Lo Espejo, El Bosque, Pedro Aguirre Cerda y Padre Hurtado tienen apenas

entre 20% y 30% de la superficie de sus parque y plazas cubierta por vegetación (Monasterio, 2019) (**Ver Figura 8.69**).

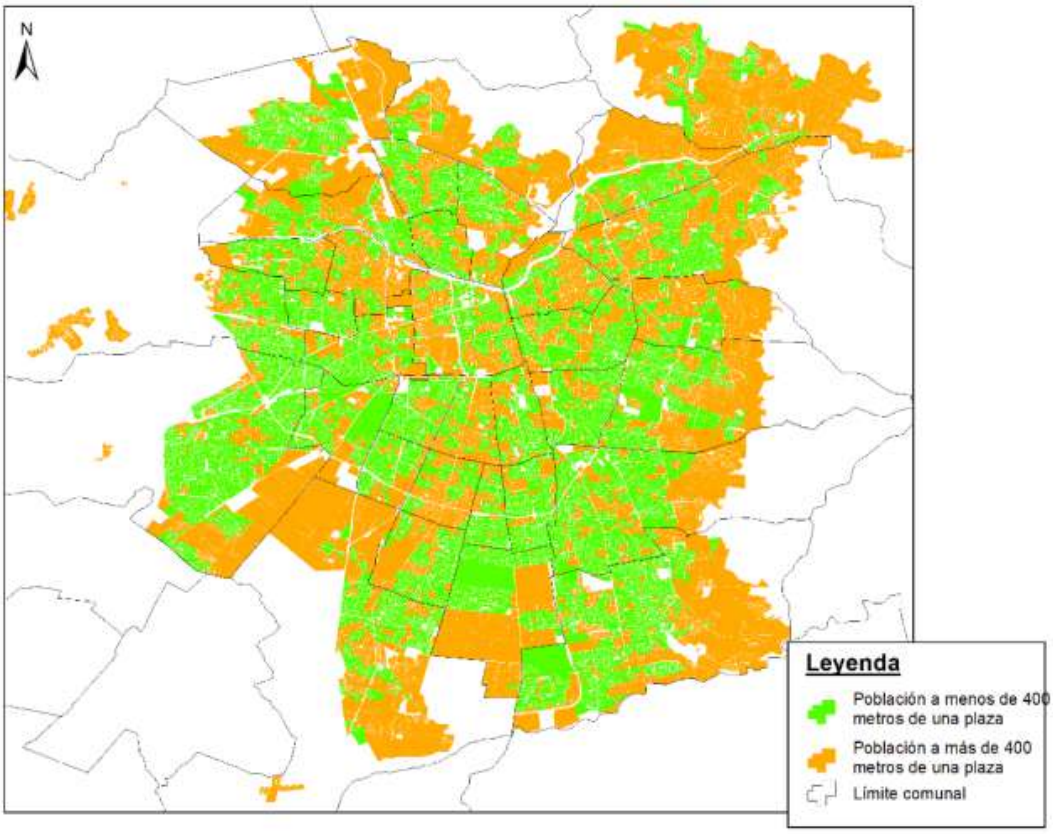
Figura 8.69: Superficie cubierta por vegetación en plazas y parques de comunas del Gran Santiago, 2019.



Fuente: Elaborado por Observatorio de Ciudades UC, publicado en Monasterio, 2019.

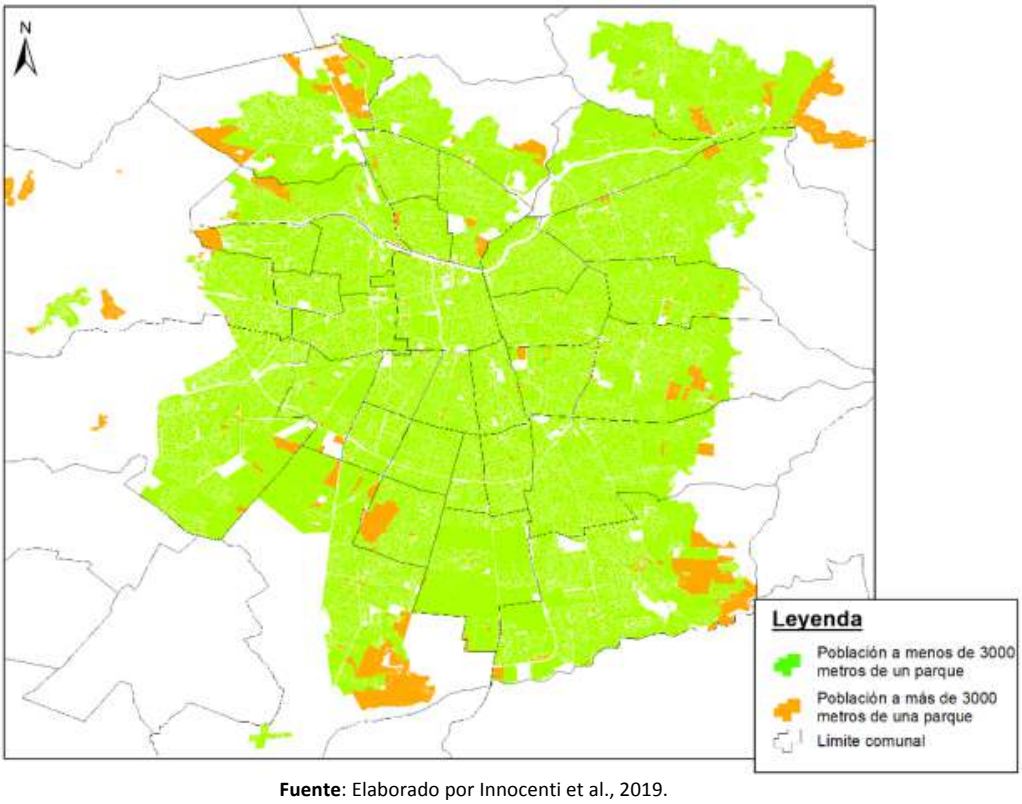
Respecto del estándar de accesibilidad a plazas (no más de 400 metros de distancia) y parques urbanos (no más de 3 mil metros) (**Ver Figura 8.70**), se observa un panorama mixto: los sectores centrales y peri central de Santiago muestran una distancia adecuada a plazas en la mayoría de sus barrios, mientras que dicho estándar no se cumple en los sectores periféricos de la capital (Innocenti et al., 2019). Un 66,6% de la población del Gran Santiago accede a plazas dentro de 400 metros de distancia, de sus lugares de residencia, es decir, un tercio de la población no tiene acceso cercano a estas (Innocenti et al., 2019). En varias comunas, principalmente las más vulnerables, menos de la mitad de su población tiene acceso a plazas dentro de la distancia establecida (Innocenti et al., 2019). En cuanto a los parques urbanos, la mayoría de los sectores capitalinos se encuentran a menos de 3 km de unas de estas áreas verdes, cumpliendo el estándar para cerca del 98,1% de la población; todas las comunas del gran Santiago tienen al menos al 90% de su población en cumplimiento de este parámetro (Innocenti et al., 2019) (**Ver Figura 8.71**).

Figura 8.70. Población que accede a una plaza a 400 m o menos de su lugar de residencia.



Fuente: Elaborado por Innocenti et al., 2019.

Figura 8.71. Población que accede a un parque a 3.000 m o menos de su lugar de residencia.

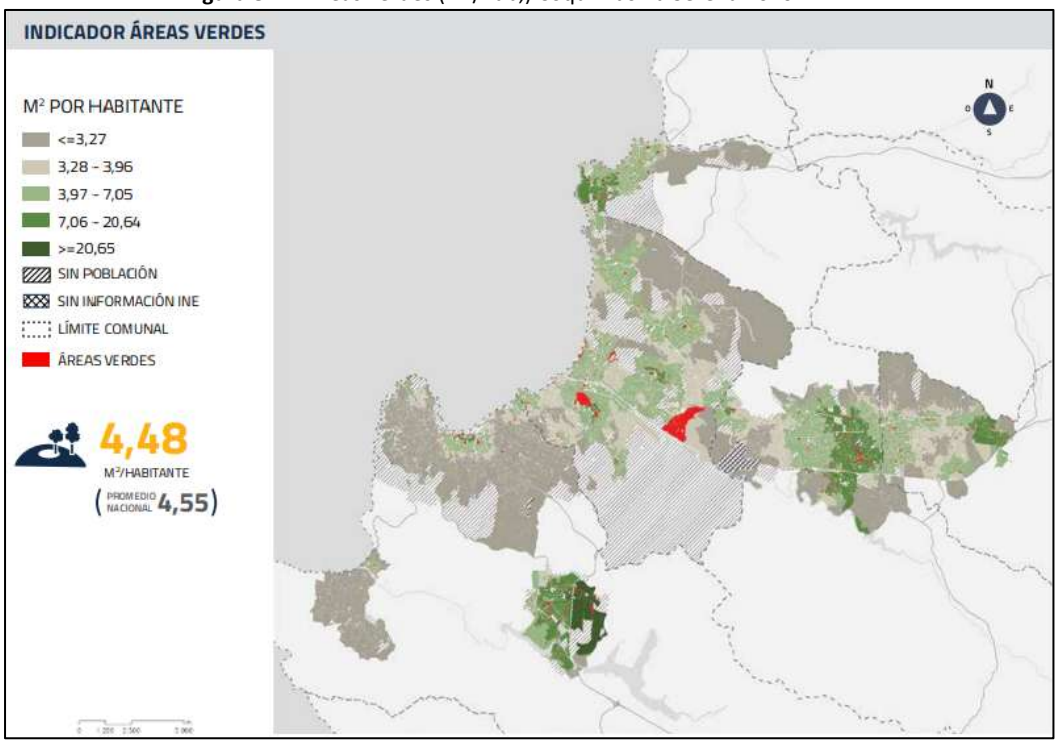


Fuente: Elaborado por Innocenti et al., 2019.

8.3.1.6.2. Áreas verdes en el Gran Valparaíso

En la medición del año 2012 del Indicador de Bienestar Territorial se registró un IAV de 0,68 para el Gran Valparaíso; la siguiente medición (2017), al igual que para el caso del Gran Santiago, mostró una importante disminución, llegando hasta un índice de 0,14; esto implica una disminución neta de 0,54 puntos entre ambas mediciones (UAI y CChC, 2020). Según este proyecto, acorde a los datos más actualizados al momento de su realización, el Gran Valparaíso presentaba 3.613.633 m^2 de áreas verdes (UAI, 2020). Corporación Ciudades presenta el siguiente atlas para el Gran Valparaíso:

Figura 8.72. Áreas verdes (m^2/hab,) Coquimbo-La Serena 2020.

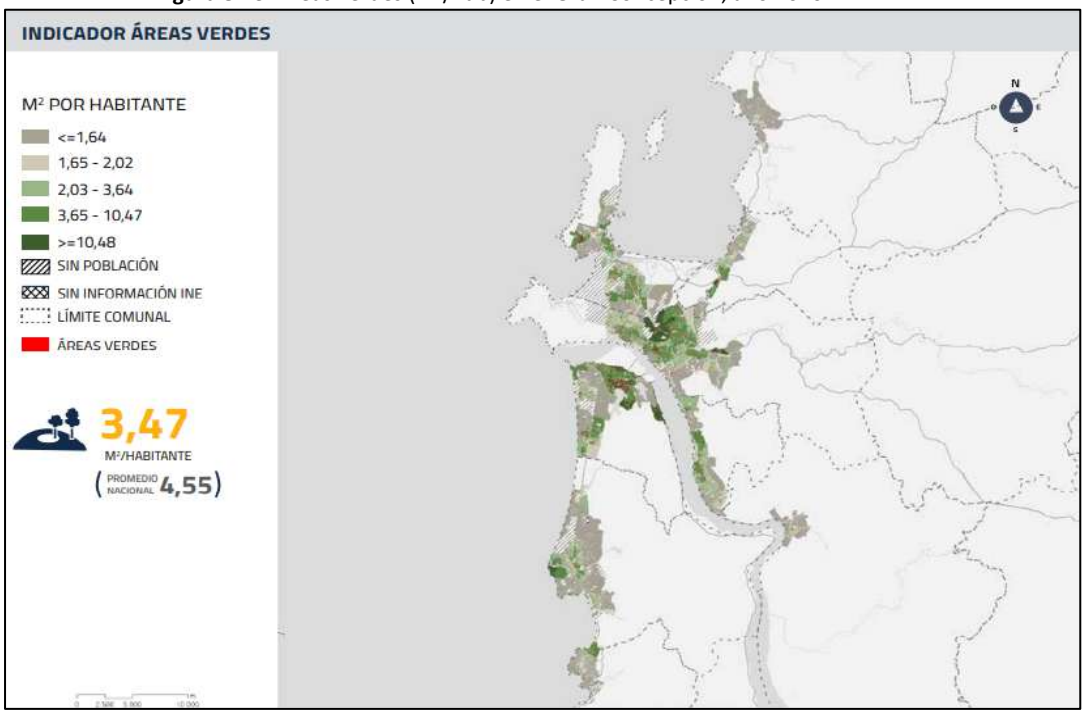


Fuente: elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

8.3.1.6.3. Áreas verdes en el Gran Concepción

En el caso del Gran Concepción, su IAV muestra una evolución desde 0,64, medido en 2012, hasta 0,21 en el año 2017, lo que equivale a una disminución neta de 0,43 puntos (UAI y CChC, 2020). El siguiente atlas muestra el nivel de acceso a áreas verdes en esta ciudad:

Figura 8.73. Áreas verdes (m^2/hab) en el Gran Concepción, año 2020.



Fuente: elaborado por Corporación Ciudades, 2020.

¿Por qué disminuye el acceso a áreas verdes?

Se presume que la disminución de los IAV para las tres grandes ciudades entre los años 2012 y 2017 se debe a un aumento de la urbanización de estas y al respectivo crecimiento poblacional que implica. Este crecimiento suele desarrollarse hacia la periferia de las ciudades, zonas que usualmente carecen de infraestructura verde. Es por esto que el avance de la urbanización deja atrás al aumento de la oferta de áreas verdes, es decir, no se crean nuevas áreas verdes lo suficientemente rápido para dar abasto a la oferta por estas, disminuyendo el acceso de la población a estos espacios.

8.3.2. Generación de Residuos sólidos

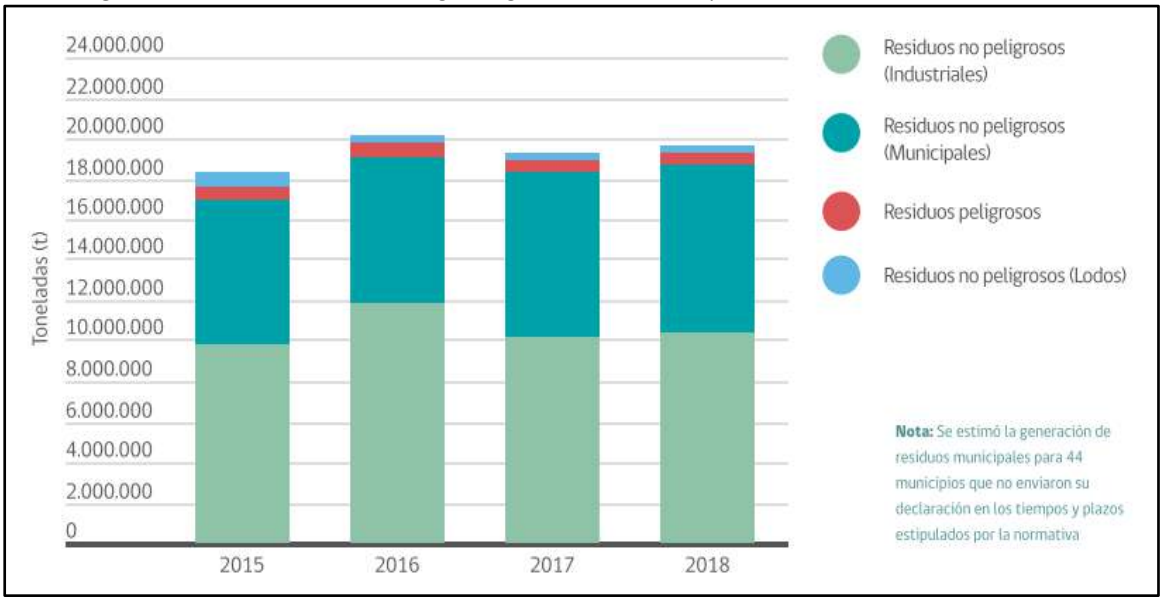
8.3.2.1. Residuos Sólidos Municipales (RSM)

Uno de los principales impactos que tienen los asentamientos humanos sobre el medio ambiente es la generación de toneladas de residuos que se desechan año a año. Respecto de los residuos sólidos, estos pueden ser de origen municipal (domiciliario), aquellos recolectados por la municipalidad desde las viviendas y comercios comunales, o de origen industrial, aquellos generados por procesos industriales y sus características no los hacen asimilables a los desechos sólidos domiciliarios. Además, estos pueden caracterizarse como no peligrosos o peligrosos, siendo estos últimos los que por sus características físicas, químicas o biológicas (corrosividad, toxicidad, inflamabilidad, reactividad, etc.) representan

un riesgo para la salud de las personas y/o efectos negativos para el medio ambiente. A los anteriores hay que agregar los residuos ilegales de naturaleza diversa.

Según el Tercer Informe del Medio Ambiente, publicado en 2021 por el Ministerio del Medio Ambiente, durante todo el año 2018 se generaron 19,6 millones de toneladas de residuos en Chile, de los cuales 8,2 millones de toneladas son residuos domiciliarios, alcanzando un 42% del total (**Ver figura 8.74**). Esta cifra es equivalente a que cada habitante del país genere 1,1 kg al día. Las regiones con más generación de residuos municipales o domiciliarios son la Metropolitana (45%), la de Valparaíso (10,6%) y la del Biobío (9,3%), lo que va en estrecha relación con la cantidad de habitantes que concentran esas regiones.

Figura 8.74. Cantidad de residuos según origen a nivel nacional, periodo 2015-2018.

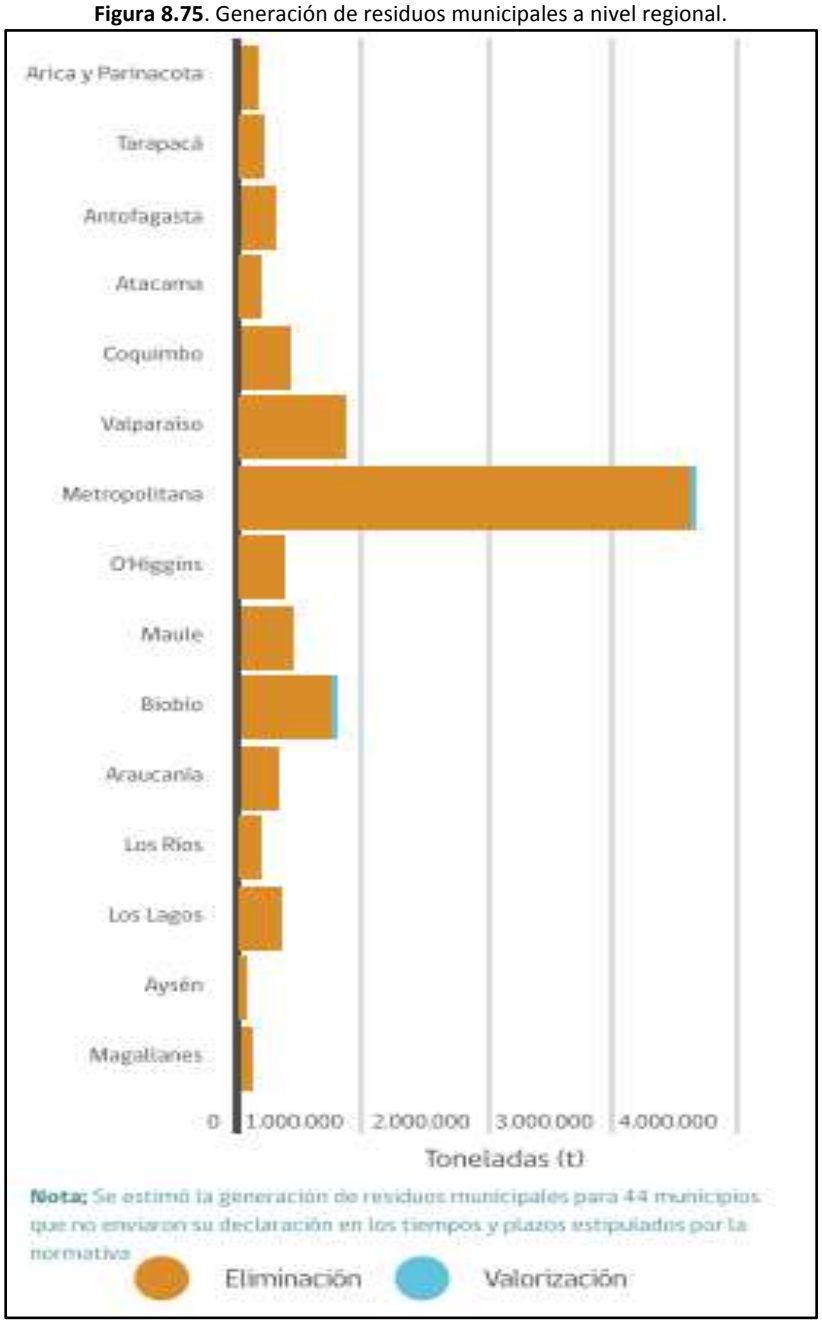


Fuente: Elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) con datos de MMA, RETC, SINADER, MINSAL y SIDREP, 2020.

La **Figura 8.75** muestra una tendencia al alza en el volumen de residuos generados para el periodo presentado, observándose un incremento significativo para el año 2016, especialmente en los residuos municipales.

La distribución regional de generación de RSM se indica en figura siguiente, que muestra la preponderancia que tiene la Región Metropolitana a nivel nacional debido a su alta concentración poblacional. En esta región, además, se produce la mayor cifra de valorización del país.

Figura 8.75. Generación de residuos municipales a nivel regional.



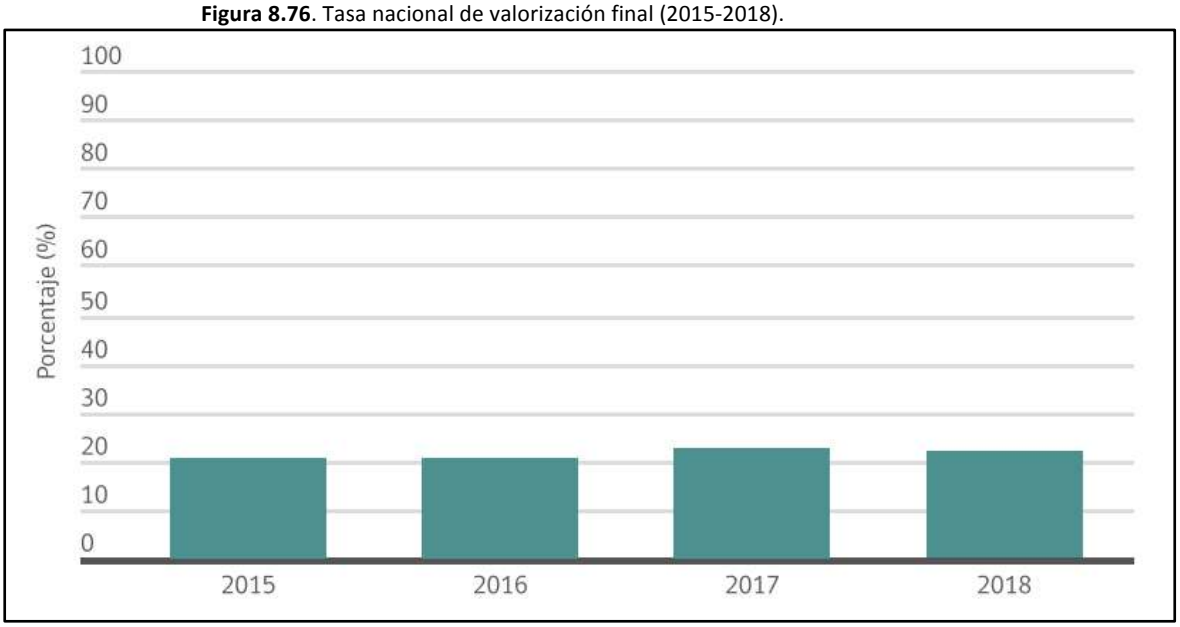
Fuente: Elaborado por el MMA con datos de MMA, RETC y SINADER, 2020.

8.3.2.2. Valorización de los RMS

Del total de los residuos no peligrosos que recibieron algún tipo de tratamiento en 2018 (eliminación o valorización), solo el 22% fue valorizado o reciclado. La valorización quiere decir que los residuos o parte de ellos son reutilizados, sus materiales se separan para usarse como materias primas en producción de nuevos productos o que se utilizan para generar energía gracias a su poder calórico. El 78% restante de los residuos se envía a disposición final o eliminación en rellenos sanitarios y en vertederos. Menos del 1% de los residuos municipales

recibieron algún tipo de valorización en 2018, dentro de la cual los materiales valorizados más frecuentes son el vidrio, con 38,2% del total, y los papeles y cartones, con 22,2% (**Ver Figura 8.76**).

Figura 8.76. Tasa nacional de valorización final (2015-2018).

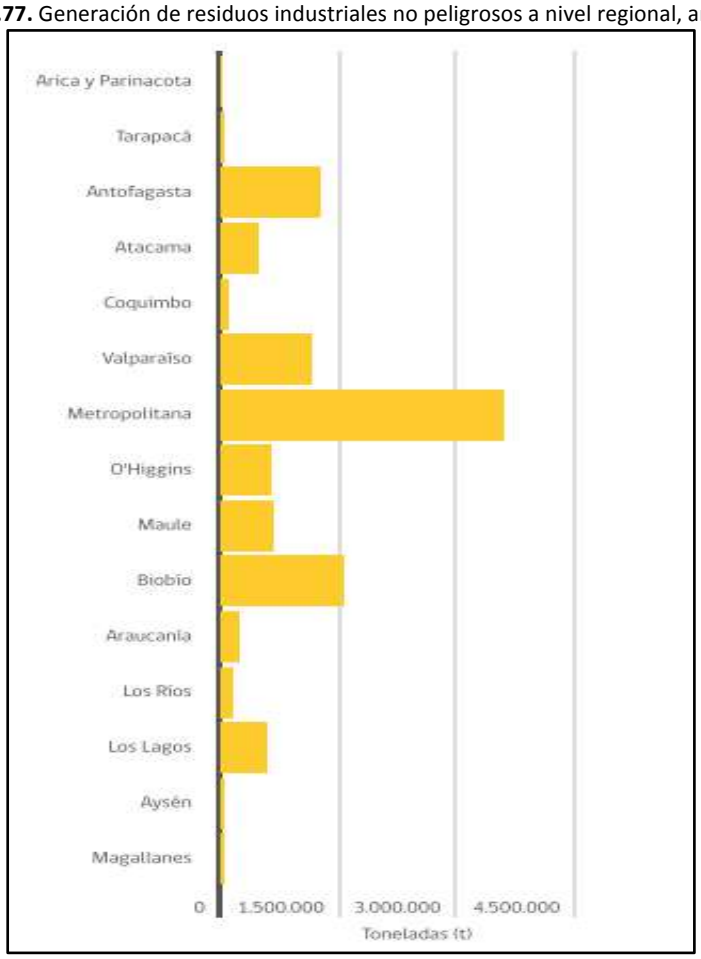


Fuente: Elaborado por el MMA con datos de MMA, RETC y SINADER, 2020.

8.3.2.3. Residuos Sólidos Industriales (RSI)

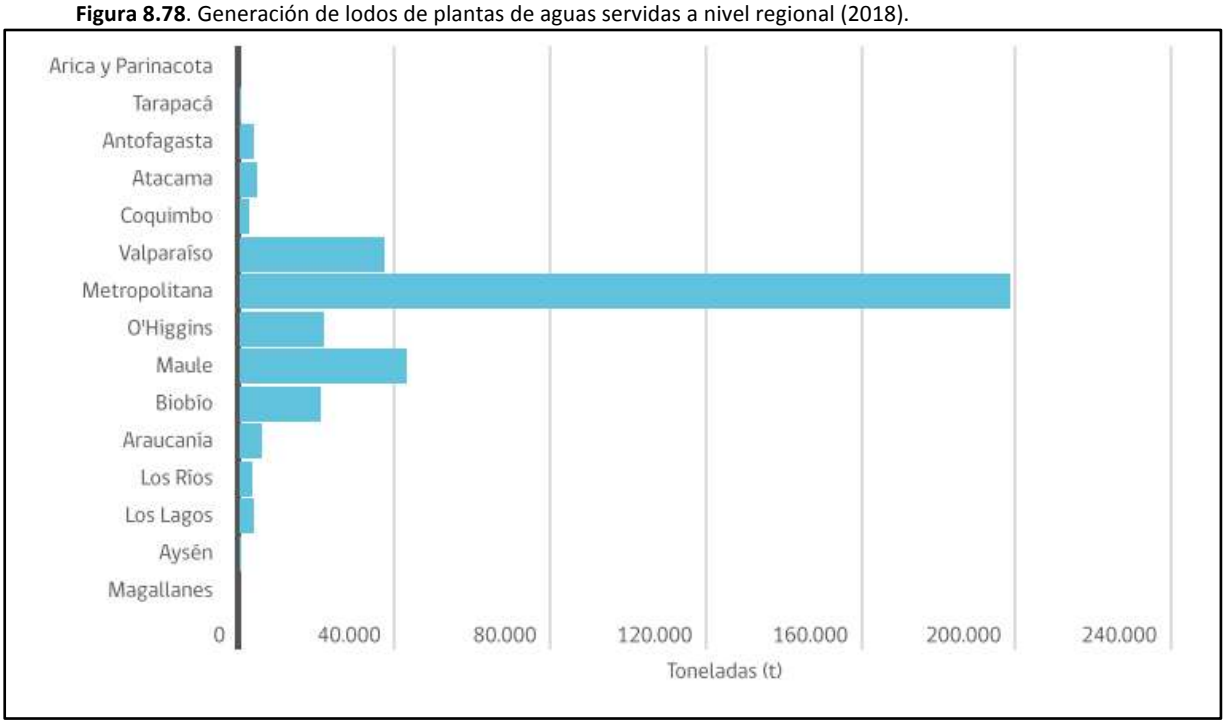
Durante el año 2018, 10,8 millones de toneladas fueron de residuos industriales, un 55% del total. Las regiones con mayor producción de este tipo de desechos son la Metropolitana (34%), Biobío (15%), Antofagasta (12%) y Valparaíso (11%) (**Ver Figura 8.77**). Además, un 1,7% de los residuos son lodos generados por plantas de tratamiento de aguas servidas, concentrándose el 57,8% de estos residuos en la región Metropolitana (**Ver Figura 8.78**).

Figura 8.77. Generación de residuos industriales no peligrosos a nivel regional, año 2018.



Fuente: Elaborado por el MMA con datos de MMA, RETC y SINADER, 2020.

Figura 8.78. Generación de lodos de plantas de aguas servidas a nivel regional (2018).



Fuente: Elaborado por el MMA con datos de MMA, RETC y SINADER, 2020.

8.3.2.4. Los Rellenos Sanitarios (RS)

Los rellenos sanitarios son grandes obras de ingeniería en que los residuos son compactados al menor volumen posible, para luego ser depositados en fosas impermeabilizadas, evitando así la contaminación del entorno y de aguas subterráneas. Los residuos compactados son cubiertos por al menos 15 cm de tierra u otro material al final de cada día. Además, estas instalaciones cuentan con sistemas de recolección, conducción y tratamiento de los líquidos (lixiviado) y gases que se generan a partir de los desechos. Por el contrario, los vertederos carecen de todas o la mayoría de estas características, permitiendo la proliferación de gases y líquidos, lo que a su vez genera contaminación y olores, además de atraer vectores como insectos y roedores.

Una mejor gestión de residuos implicaría el reemplazo de los vertedores por rellenos sanitarios. En el **Cuadro 8.36** se aprecia el número de ambos tipos de instalaciones por regiones para 2017 y 2018:

Cuadro 8.36. Número de rellenos sanitarios y vertederos por región (2017-2018).

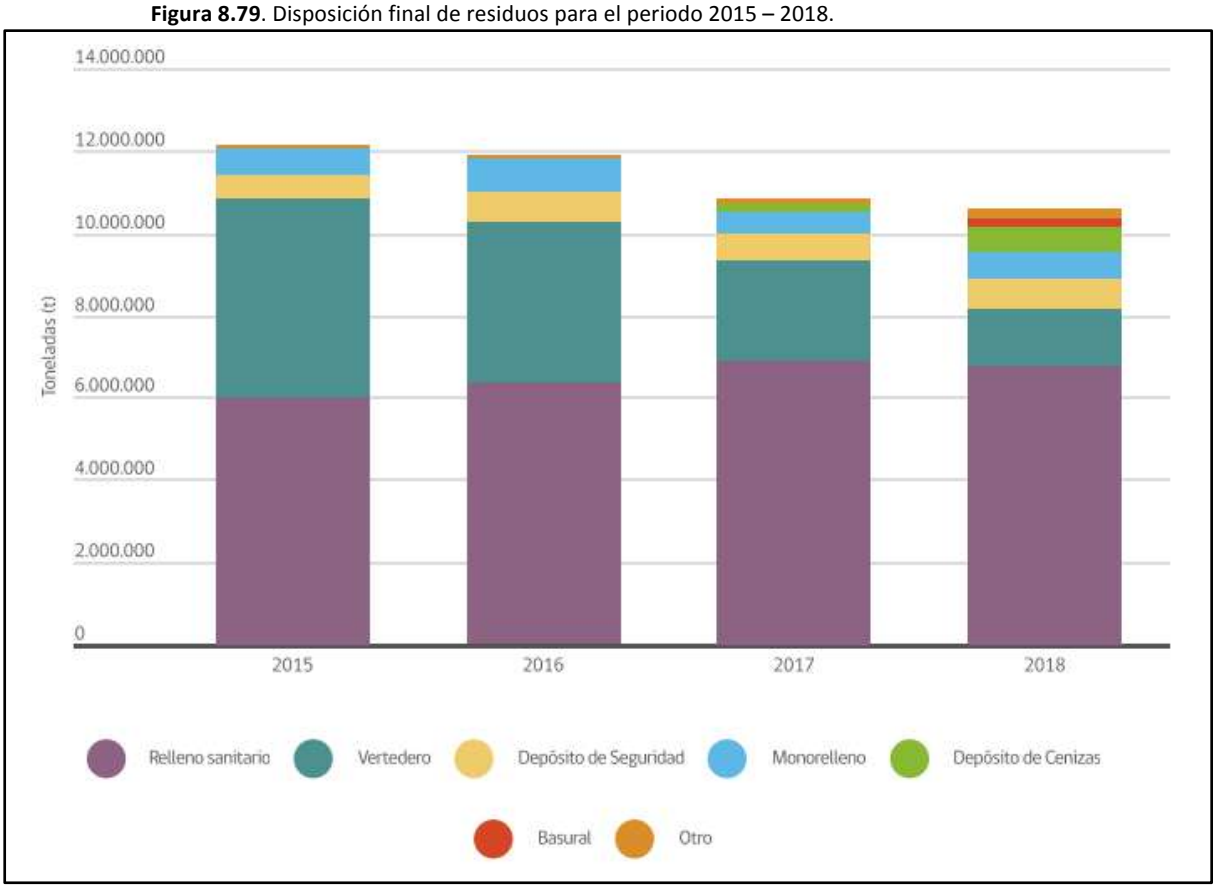
Región	2017		2018	
	Rellenos sanitarios (N°)	Vertederos (N°)	Rellenos sanitarios (N°)	Vertederos (N°)
TOTAL	**39**	**57**	**53**	**49**
Arica y Parinacota	1	0	0	0
Tarapacá	2	1	4	1
Antofagasta	6	8	9	7
Atacama	3	2	4	0
Coquimbo	1	2	1	3
Valparaíso	3	4	2	3
Metropolitana	3	6	15	4
O'Higgins	2	0	4	0
Maule	4	1	4	1
Ñuble	0	1	0	0
Biobío	5	3	7	3
La Araucanía	3	5	1	2
Los Ríos	0	5	0	4
Los Lagos	2	16	1	17
Aysén	4	2	1	1
Magallanes	0	1	0	3

Fuente: elaborado por INE con datos de MMA, 2021.

Se aprecia un aumento neto de 14 rellenos sanitarios a nivel nacional entre ambos años. Se destaca la región Metropolitana, al pasar de solo 3 a 15 rellenos sanitarios en un año. Por otro lado, se observa una disminución neta de 8 vertederos durante el periodo 2017-2018, dentro del cual la mitad de las regiones disminuyó el número de vertederos habilitados en cada una.

Sobre la cantidad de residuos con disposición final en ambos tipos de instalaciones, para 2015 se reportaba un 50% de los residuos destinados a rellenos sanitarios y un 40% eliminados en vertederos. En 2018 un 65% de los desechos fueron destinados a rellenos sanitarios y mientras solo un 13% a vertederos (**Ver Figura 8.79**).

Figura 8.79. Disposición final de residuos para el periodo 2015 – 2018.

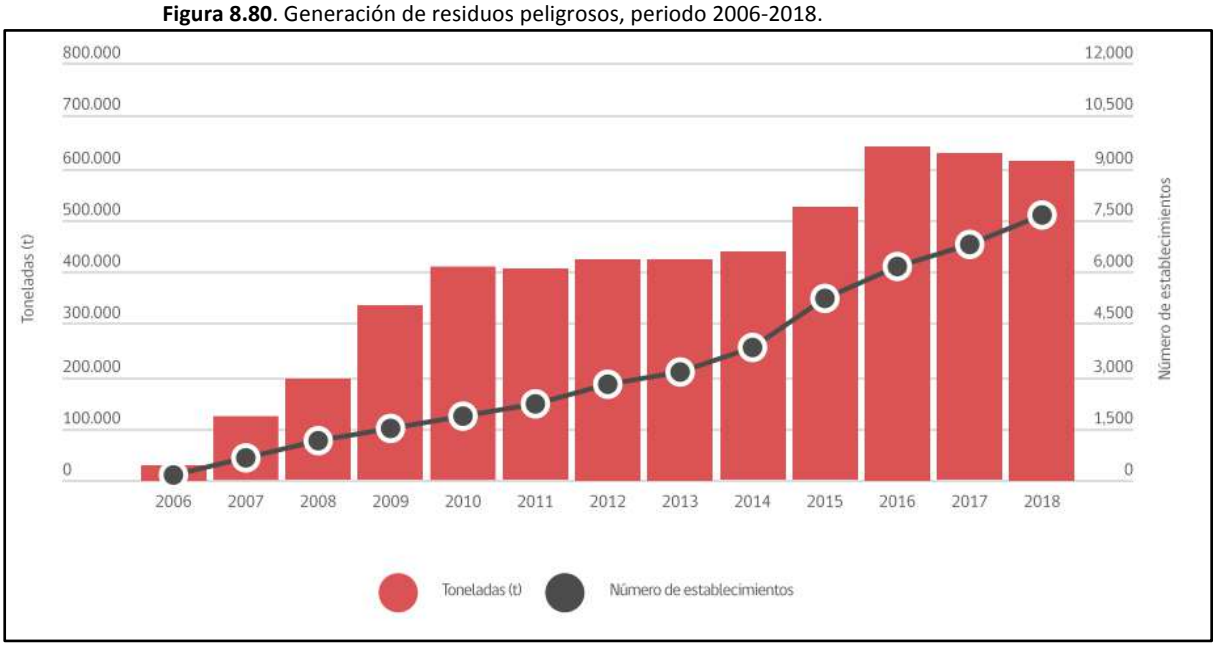


Fuente: Elaborado por el MMA con datos de MMA, RETC y SINADER, 2020.

8.3.2.5. Los Residuos Peligrosos (RP)

Un 3,1% de los residuos que se generan en Chile son categorizados como peligrosos, de los cuales la mayoría proviene del conjunto de la industria manufacturera y la explotación minera, acumulando un 80% del total. Esto equivale a cerca de 0,09 kg generados al día por habitante, muy por debajo al promedio mundial. Antofagasta es la región con mayor concentración de residuos peligrosos de Chile, con un 38,4% del total (**Ver Figura 8.80**). Según reporta el Ministerio del Medio Ambiente, esto se debería a la actividad minera realizada en la zona.

Figura 8.80. Generación de residuos peligrosos, periodo 2006-2018.



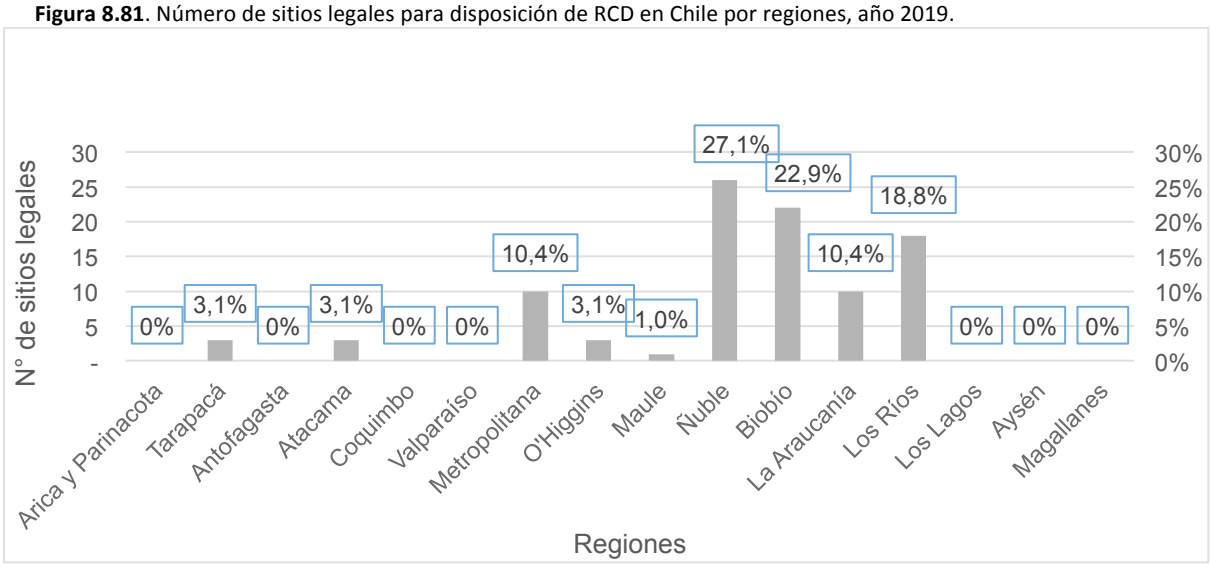
Fuente: Elaborado por MMA con datos de MINSAL y SIDREP, 2020.

8.3.2.6. Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) resultan interesantes de mencionar por dos razones: su alta generación anual y su importante presencia en sitios ilegales de disposición de residuos. En el año 2021, los autores Felipe Ossio y Javier Faúndez publicaron el Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos. Encuestaron a todos los municipios del país con una tasa de respuesta cercana al 92%.

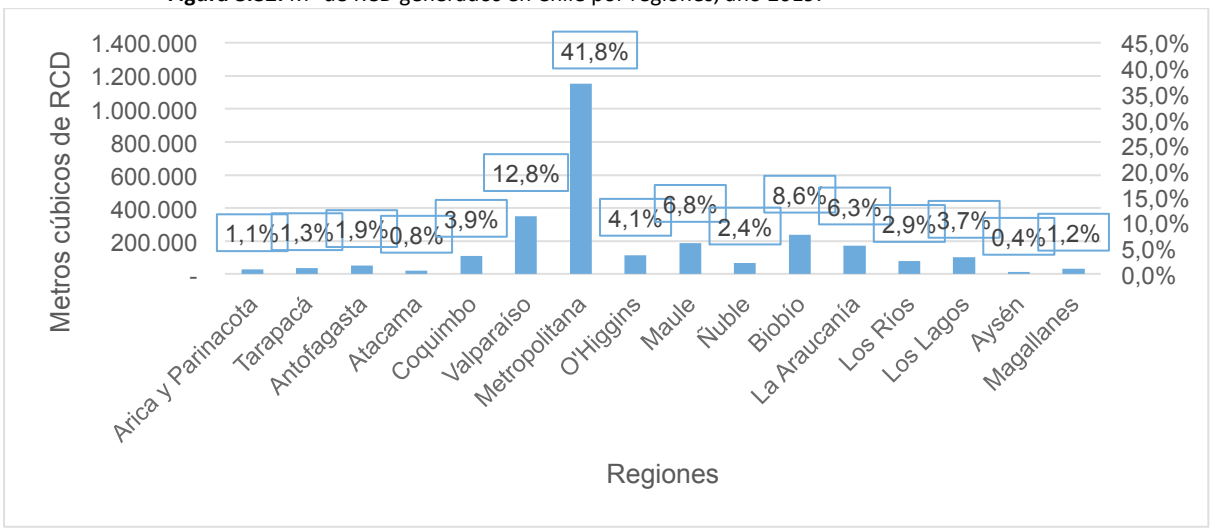
La generación de RCD en Chile al año 2019 se estimó en 2.753.527 metros cúbicos (m^3) depositados en 3.735 sitios ilegales y en 96 sitios legales específicos para RCD (Ossio y Faúndez, 2021). Del total de los 96 sitios legales casi un 70% se concentran en solo 3 regiones (**Ver Figura 8.81**): Ñuble (26 sitios), Biobío (22) y Los Ríos (18). Se contabilizan 7 regiones que no tiene ningún sitio legal para disponer de los RCD generados en sus territorios (Ossio y Faúndez, 2021). La región Metropolitana acumula el 41,8% de la generación anual de RCD, con 1.151.299 m^3, le siguen Valparaíso (12,8%) y Biobío (8,6%), con 351.454 y 236.708 m^3 respectivamente. Las regiones con menor generación de RCD son Arica y Parinacota (1,1%), Atacama (0,8%) y Aysén (0,4%) (Ossio y Faúndez, 2021). La cantidad de RCD generados se relaciona con el tamaño poblacional de las regiones en que se generan. (**Ver Figura 8.82**).

Figura 8.81. Número de sitios legales para disposición de RCD en Chile por regiones, año 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cossio y Faúndez, 2021.

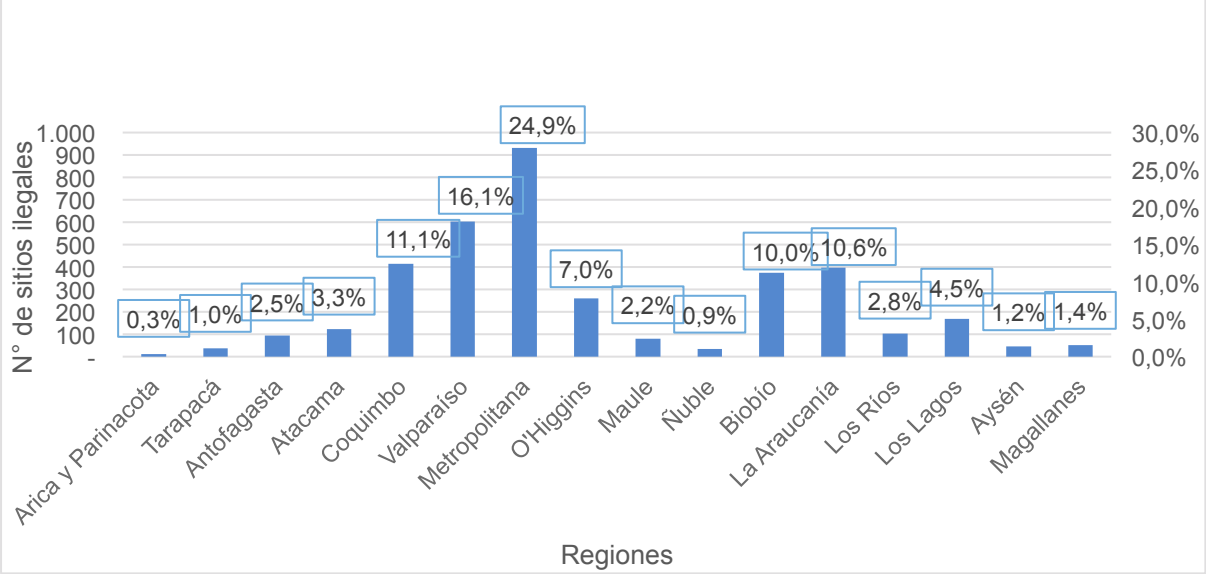
Figura 8.82. M^3 de RCD generados en Chile por regiones, año 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cossio y Faúndez, 2021.

Finalmente, en cuanto a los sitios ilegales usados para desechar RCD, las regiones con mayor concentración de estos son la Metropolitana (con 931 sitios; 24,9%)-, Valparaíso (603; 16,1%) y Coquimbo (413; 11,1%). Las regiones con menor cantidad de sitios ilegales son Tarapacá (38 sitios; 1%), Ñuble (34; 0,9%) y Arica y Parinacota (13; 0,3%). El número de sitios ilegales estaría relacionado directamente con la cantidad de residuos generados y con la disponibilidad de sitios legales para su disposición final (**Ver Figura 8.83**).

Figura 8.83. Sitios ilegales para disposición final de residuos en Chile por regiones, año 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cossio y Faúndez, 2021.

8.3.2.7. Valorización y Reciclaje de residuos sólidos municipales (RSM)

A partir de un estudio realizado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) en 2009 se determinó que cerca de un 10% de los residuos sólidos se revalorizaban, lo que representa un importante avance respecto al 0% de revalorización de residuos que se tenía dos décadas antes (AmCham Chile, 2012). Sin embargo, es un porcentaje muy inferior al que se tenía en la misma época en países desarrollados, como Estados Unidos que revalorizaba (reciclaje y compostaje) el 34% de sus residuos (AmCham Chile, 2012).

De acuerdo al estudio, la mayoría de ese porcentaje de reciclaje provenía de los residuos industriales. Uno de ellos, la chatarra metálica, se reciclaba en Chile en un 60% y menos del 20% del acero consumido en el país provenía del material reciclado (AmCham Chile, 2012). Nuevamente Chile queda bajo estándares internacionales: en Estados Unidos un 52% del acero se produce a partir de chatarra reciclada (AmCham Chile, 2012).

8.3.2.8. Tipos de residuos reciclados

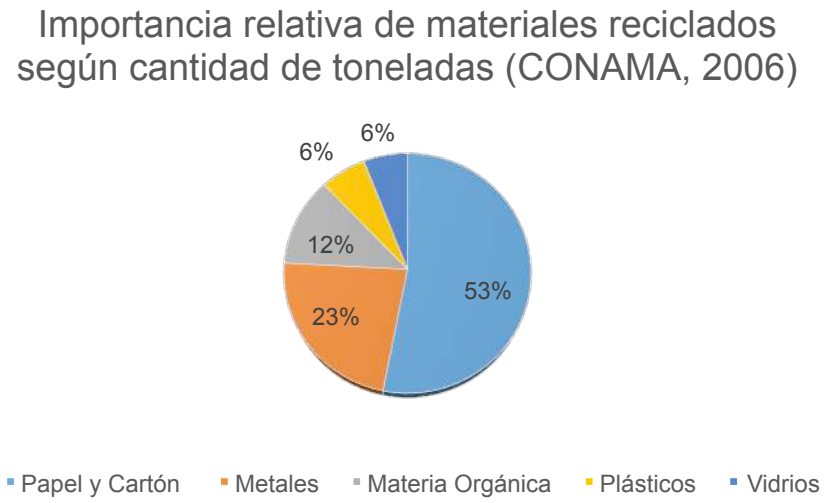
A partir de estudios realizados por CONAMA el año 2006 se establecieron los tipos de residuos que se reciclaban, cuántas toneladas de ellos se disponían en vertederos y cuántas se reciclaban. En el **Cuadro 8.37** y **Figura 8.84**, se aprecia en detalle el estado del reciclaje de aquella época:

Cuadro 8.37. Nivel de reciclaje alcanzado por tipo de residuos en la R. Metropolitana (CONAMA, 2006).

Categoría	Dispuesto en Vertedero (ton)	Reciclado (ton)	Total Generado (ton)	Porcentaje en Peso
Materia Orgánica	1.144.502	28.111	1.172.613	45,79%
Papel y Cartón	314.247	124.157	438.404	17,12%
Escoria, Cenizas y Lozas	97.798	-	97.798	3,82%
Plásticos	234.371	14.540	248.911	9,72%
Textiles	45.865	-	45.865	1,79%
Metales	41.899	53.239	95.138	3,72%
Vidrios	91.700	13.870	105.570	4,12%
Huesos	13.828	-	13.828	0,54%
Otros	342.142	402	342.544	13,38%
Total	2.326.352	234.319	2.560.671	100,00%

Fuente: Capuz-Rizo y Pizarro, 2011.

Figura 8.84. Importancia relativa de materiales reciclados en ton, año 2006.

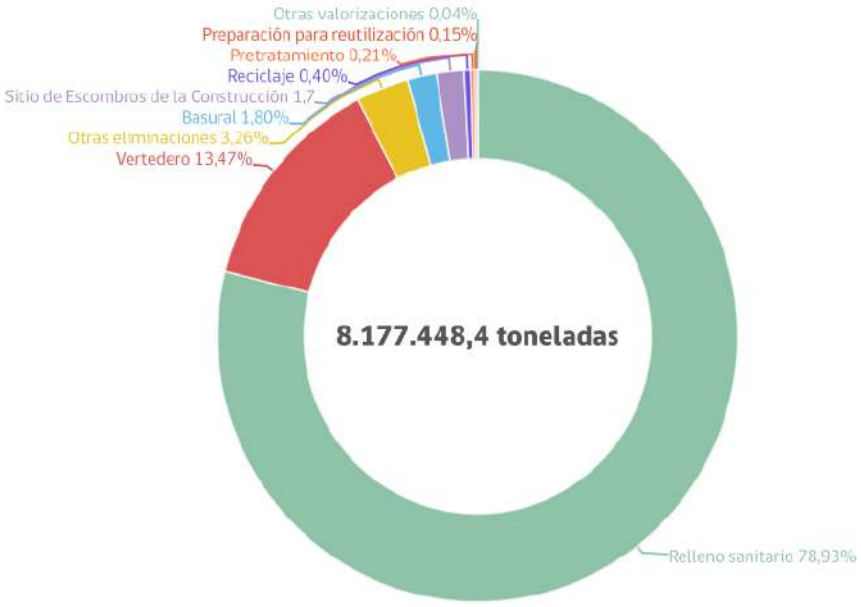


Fuente: Capuz-Rizo y Pizarro, 2011.

Según los estudios del año 2006 de CONAMA, más de la mitad de los materiales reciclados corresponde a papel y cartón (53%), seguidos de metales (23%), materia orgánica (12%), plásticos y vidrios (ambos con 6%).

En el año 2012, el Ministerio del Medio Ambiente estimaba que casi el 50% de los residuos sólidos municipales (RSM) podrían reutilizarse o reciclarse (AmCham Chile, 2012). Sin embargo, el reciclaje de RSM es, en la práctica, muy inferior a lo que podría ser. Para el año 2018 se reporta que solo el 0,4% del total de RSM producidos (8.177.448,4 toneladas) se recicla, lo que equivale a 32.709,8 toneladas. Además, un 0,15% de los residuos se preparan para su reutilización y un 0,04% se revalorizan de otras formas (**Ver Figura 8.85**)

Figura 8.85. Tratamiento de Disposición de Residuos Sólidos Municipales por tipo, año 2018.



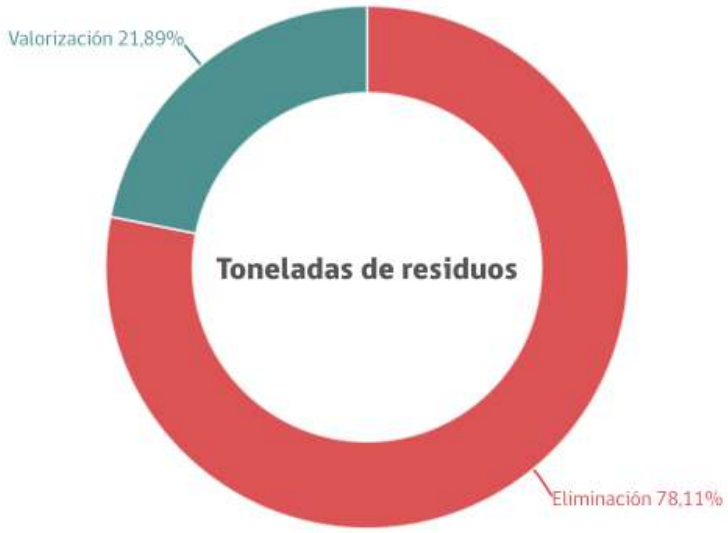
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

8.3.2.9. La valorización de los residuos

La valorización total de residuos generados, tanto municipales como industriales, alcanza un 21,89% del tonelaje total generado en el año 2018, como muestra la **Figura 8.86**.

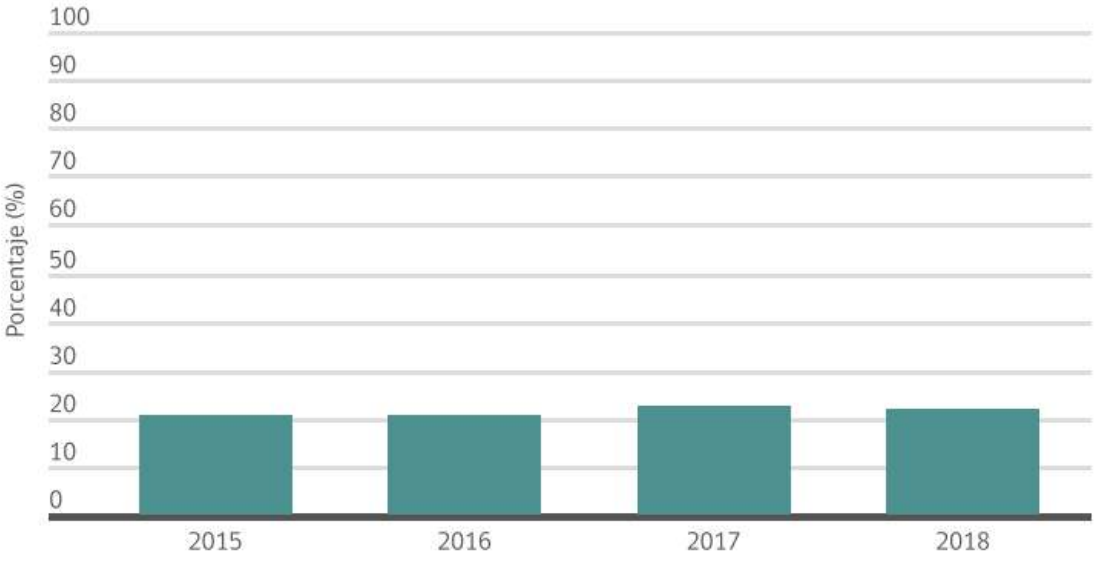
La tasa de valorización del año 2018 muestra un aumento en comparación al año 2015, sin embargo, queda por debajo de la tasa del año 2017; en todo el ciclo se observa una tasa de valorización por sobre el 20% (Ministerio del Medio Ambiente, 2021) (**Ver Figura 8.87**). Además, el reciclaje de residuos no peligrosos alcanza un 45,85% de la valorización total de residuos no peligrosos a nivel nacional para el periodo comprendido entre los años 2015-2018 (**Ver Figura 8.88**).

Figura 8.86. Valorización final de residuos.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

Figura 8.87. Tasa nacional de valorización final, 2015-2018.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

Figura 8.88. Valorización final de residuos no peligrosos, periodo 2015-2018**.**



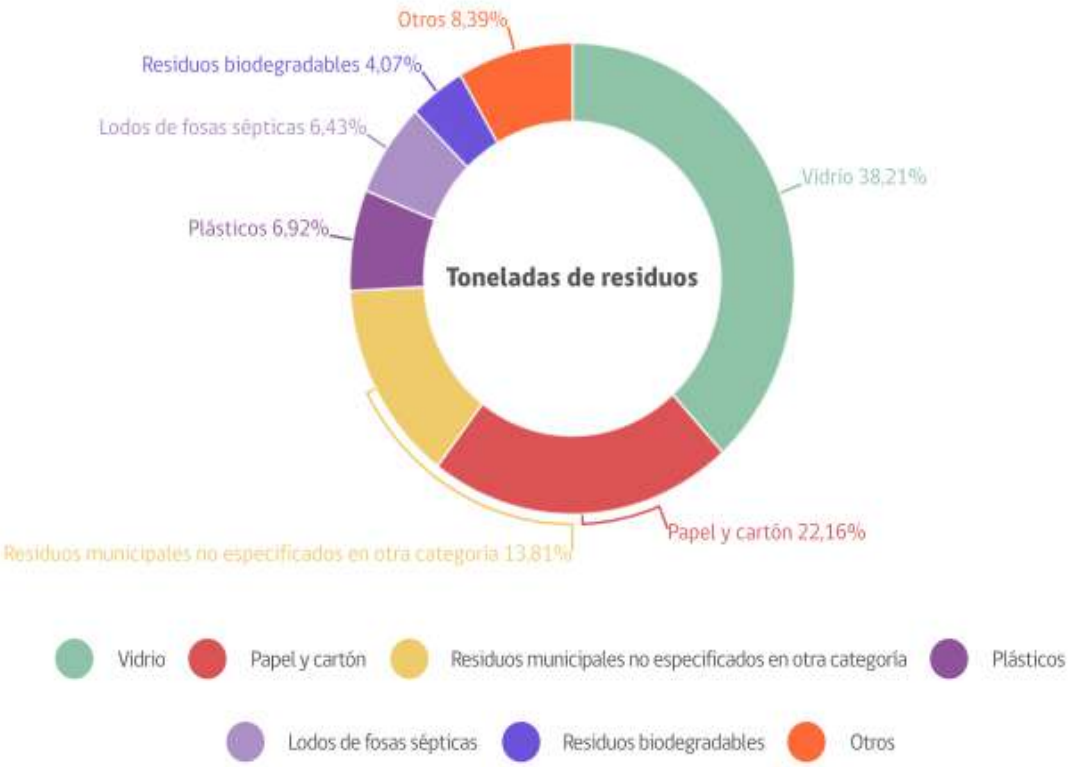
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

8.3.2.10. La valorización de los residuos municipales y regionales

Los residuos municipales o domiciliarios apenas alcanzan un 1% de valorización acorde a lo declarado por las mismas municipalidades en 2018 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). En cuanto a los RSM que se valorizan al año 2018, el vidrio es el más frecuente, con un 38,21% del total, le siguen los papeles y cartones (22,16%) y más abajo los plásticos (6,92%) (Ministerio del Medio Ambiente, 2021) (**Ver Figura 8.89**).

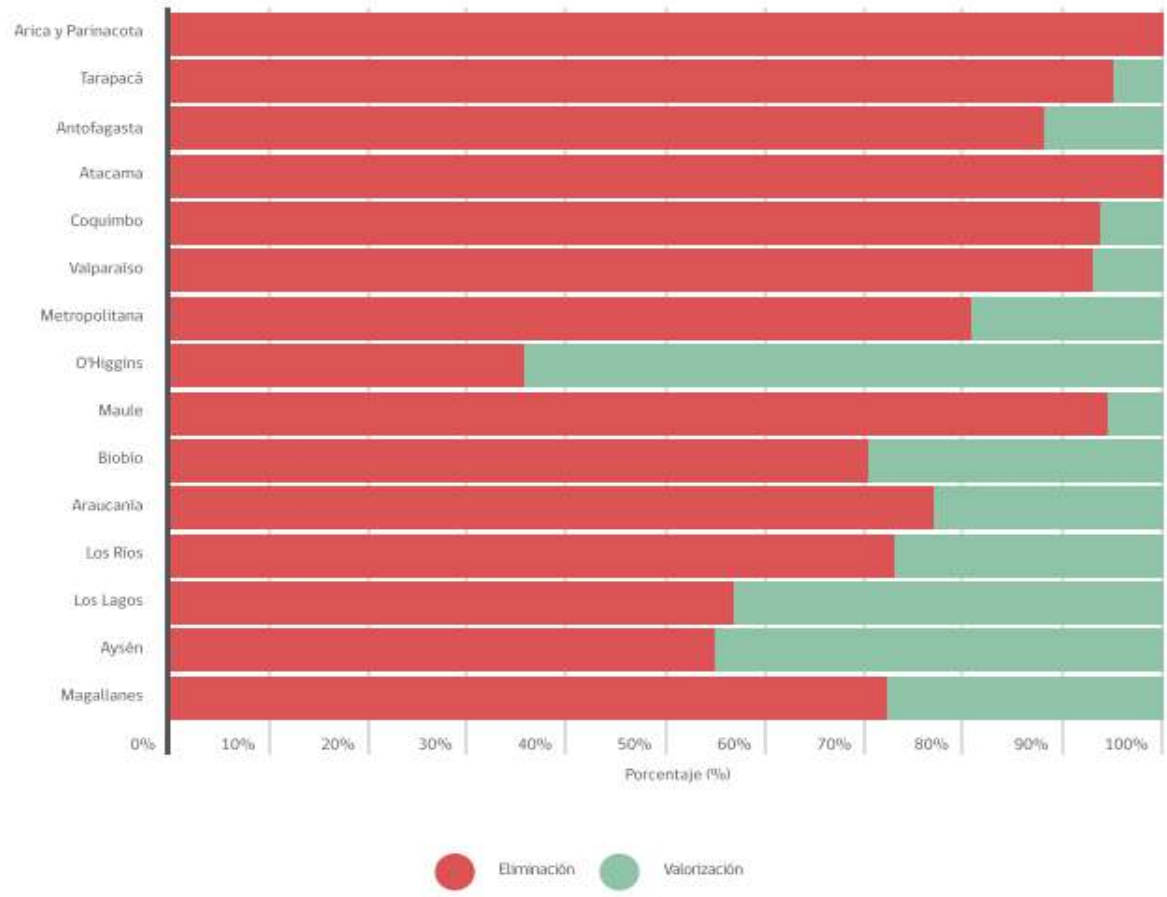
La situación a nivel regional de la valorización de residuos no peligrosos muestra escenarios dispares entre regiones: las regiones de la zona centro norte tienen las tasas de valorización más bajas del país, con Arica y Parinacota y Atacama con prácticamente 0% de valorización. La Región Metropolitana alcanza una tasa de 19,4%, mientras las regiones del Aysén, Los Lagos y O'Higgins tienen tasas de valorización por sobre el 40% de sus residuos no peligrosos (Ministerios del Medio Ambiente) (**Ver Figura 8.90**).

Figura 8.89. Composición de los RSM Valorizados, 2018.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

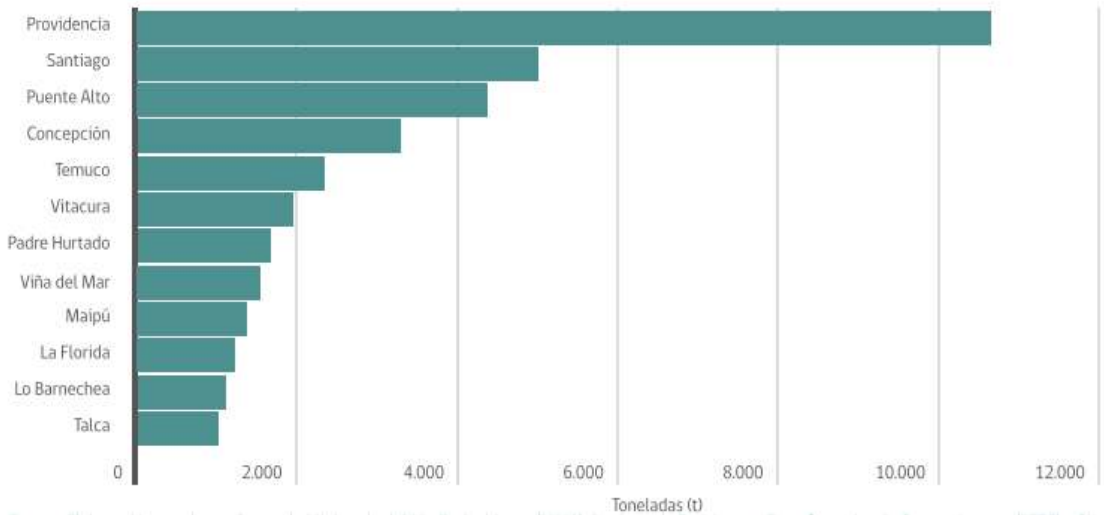
Figura 8.90. Destino final de residuos no peligrosos a nivel regional, 2018.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

A nivel de grandes comunas (sobre 50.000 habitantes), las tres que mayor cantidad de residuos valorizan se encuentran en la Región Metropolitana: en primer lugar, está Providencia, con más de 10 mil toneladas valorizadas, seguida de Santiago y Puente Alta, ambas valorizando entre 4 mil y 5 mil toneladas de residuos; en cuarto lugar, aparece la comuna de Concepción, que valoriza más de 3 mil toneladas (Ministerio del Medio Ambiente, 2021) (**Ver Figura 8.91**).

Figura 8.91. 12 comunas sobre 50 mil habitantes con mayor cantidad de residuos valorizados.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

De los 345 municipios del país, 189 declaran contar con servicio de reciclaje de algún tipo, mientras 156 no cuenta con ninguno, es decir, un 45% de las comunas del país no cuenta con servicio de reciclaje provisto por su municipalidad (Valenzuela-Levi, 2019; 2021). Los datos más recientes de disposición final de residuos sólidos municipales indican que aproximadamente un 1% de estos se recicla (Valenzuela-Levi, 2021; Cifelli, 2021). En contraste con lo anterior, algunas encuestas como la Encuesta Nacional de Medio Ambiente (ENMA) 2018 o la Encuesta de Percepciones del Desarrollo Urbano Sustentable (EPDUS) 2019 reportan que entre el 32% y el 50% de las personas encuestadas declaran separar su basura (Valenzuela-Levi, 2021). Estas diferencias, según Nicolás Valenzuela-Levi (2021), pueden deberse en parte a que sectores acomodados de las zonas urbanas (donde más se recicla) cuentan con servicios privados de reciclaje ajenos a los servicios municipales, cuyos residuos reciclados se contabilizan como industriales en vez de domiciliarios.

8.3.2.11. Avances en Políticas y Programas de Reciclaje

Durante los últimos años, el Ministerio del Medio Ambiente ha trabajado en implementar un enfoque de Economía Circular en Chile. Este concepto, como lo define el Parlamento Europeo, refiere a un *"modelo de producción y consumo que implica compartir, reutilizar, reparar, restaurar y reciclar materiales y productos existentes el mayor tiempo posible"* (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). Con este enfoque se busca satisfacer las necesidades humanas mientras se reduce la presión extractiva sobre la naturaleza (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). Varias iniciativas en el contexto de la Economía Circular apuntan a progresar en

los niveles de valorización de los residuos. A continuación, se detallan algunas de estas:

- **Implementación de la Ley REP:** Ley N° 20.920 para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (REP), que obliga a los fabricantes de determinados productos a organizar y financiar la valorización (reciclaje, reutilización u otro tipo) de los residuos generados a partir de estos (MMA, 2021).

- **Reglamento para la Recolección y Valorización de Neumáticos:** establece como meta al año 2030 que los productores y comercializadores de neumáticos deberán recolectar y reciclar el 100% de neumáticos mineros y, cómo mínimo, el 90% de los neumáticos de vehículos livianos producidos (MMA, 2021).

- **Reglamento de Envases y Embalajes:** establece "*la obligación de "la obligación de recolectar y reciclar todos los envases y embalajes de plástico, vidrio, cartón, lata y cartón para líquidos, para alcanzar el 60% de reciclaje de los envases domiciliarios"*. Además, establece como meta el retiro a domicilio de envases reciclables para el 80% de los domicilios del país y el aumento a 350 puntos limpios para el 75% de las comunas (MMA, 2021).

- **Reglamente de Aceites y Lubricantes:** En 2019 se comenzó con la elaboración de metas de recolección y valorización de aceites y lubricantes (MMA, 2021).

- **Hoja de Ruta de Economía Circular (Chile más circular al 2040):** Instrumento participativo de planificación de largo plazo que busca replantear el actual modelo de producción y consumo en Chile. Entre el Estado, la sociedad civil y el sector privado se establecerán visiones, estrategias, proyectos, líneas de acción concretas, metas e indicadores orientados hacia la transformación del paradigma económico y productivo a uno circular (MMA, 2021).

- **Fondo para el Reciclaje:** fondo establecido en la Ley REP que financia proyectos, programas y acciones de disminución en la generación de residuos y de fomento a su valorización para ser ejecutados por municipalidades o asociaciones de municipalidades (MMA, 2021).

- **Política Nacional de Integración de Recicladores de Base:** política que, mediante la capacitación y certificación laboral, busca integrar formalmente a los recicladores de base en el sistema REP de gestión de residuos, además de fomentar su inclusión socioeconómica y ambiental (MMA, 2021).

- **Plan de Acción Contra la Contaminación por Plásticos:** consiste en una serie de iniciativas que abordan la problemática de los desechos plásticos. Entre estas destacan el fomento a la reducción del consumo de plásticos de un solo uso y la mejora del etiquetado de envases plásticos para que los consumidores conozcan la reciclabilidad de estos (MMA, 2021).

- **Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos:** estrategia que se encuentra actualmente en elaboración que buscará aumentar el reciclaje de residuos orgánicos (que representan en promedio la mitad de los residuos generados en un hogar) desde el 1% actual hasta un 66%. Para lograrlo esta estrategia se centraría en la masificación del compostaje y vermicompostaje en viviendas, escuelas, parques, dependencias municipales e instituciones públicas (MMA, 2021).

- **Economía circular en la Construcción y Residuos de Construcción y Demolición (RCD):** iniciativa que busca llevar al sector de la construcción hacia la economía circular, dado que este sector cuenta con una escasa valoración de sus residuos. Se pretende con ella prevenir problemas por la alta generación de RCD, su mal manejo y disposición en sitios ilegales, además de evitar los impactos sociales, económicos y ambientales de estos (MMA, 2021).

- **Acuerdos de Producción Limpia (APL):** acuerdos trabajados en conjunto con el sector privado que entregan una certificación a las empresas que cumplan con ellos. El primer APL implementado desde el año 2019 consiste en la entrega de un sello de reconocimiento a las empresas que acrediten 0 residuos dispuestos en rellenos sanitarios. Un segundo sello se comenzó a acordar desde el mismo año, el que reconocerá a las empresas que informen a sus consumidores de los niveles de reciclabilidad de sus productos mediante el etiquetado de aquellos (MMA, 2021).

- **Municipios en el SCAM:** el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) es un instrumento de gestión ambiental al que suscriben voluntariamente municipalidades de todo el país. Busca la integración del factor ambiental en todas los aspectos, actividades y servicios del quehacer municipal. Es un sistema flexible que se adapta al contexto de cada municipio y que le entrega sellos progresivos a medida que avanza en los compromisos ambientales que implica cada nivel de este instrumento (MMA, 2021).

8.4. RESPUESTAS E INICIATIVAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

8.4.1. Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental

8.4.1.1 Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU)

Puesta en marcha durante el año 2014 por parte del MINVU (Decreto N° 78) esta política tiene por objetivo la generación de condiciones para mejorar la calidad de vida de las personas. Para lograr lo anterior se guía por los principios de gradualidad, descentralización, integración social, equidad, identidad, compromiso, participación, eficiencia, calidad, adaptabilidad, resiliencia y

seguridad (MINVU, 2014). Esta política tiene una serie de objetivos generales enmarcados en cinco temáticas a abordar:

- **Integración Social:** referida al acceso equitativo a bienes públicos urbanos, la disminución de la segregación social urbana, la integración socio-territorial y el aumento de la conectividad y accesibilidad en los territorios, entre otros. (MINVU, 2014).

- **Desarrollo Económico:** considera entre sus objetivos lograr condiciones urbanas que fomenten el desarrollo económico, la innovación y creación de empleo; el fortalecimiento de la competitividad de las ciudades, el mejoramiento de los proyectos de inversión; y la eficiencia en las inversiones en infraestructura pública (MINVU, 2014).

- **Equilibrio Ambiental:** se centra en los sistemas naturales como base principal para las intervenciones territoriales; la identificación de riesgos naturales y antrópicos; gestión eficiente de recursos naturales; el monitoreo de variables ambientales; el uso sustentable de suelos; y la movilidad urbana compartida sobre los espacios públicos (MINVU, 2014).

- **Identidad y Patrimonio:** en esta temática se busca la valoración de los entornos naturales y urbanos como partes esenciales de la identidad de las comunidades; la valoración de cada identidad cultural y geográfica; y el conocimiento, valoración y protección del patrimonio cultural (MINVU, 2014).

- **Institucionalidad y Gobernanza:** refiere al alcance de decisiones urbano-territoriales descentralizadas; la reorganización de atribuciones públicas en todos los niveles del Estado (nacional, metropolitano, regional y comunal); la participación ciudadana efectiva; y, entre otras metas, un sistema de medición de calidad del desarrollo urbano (materializado en el SIEDU).

Adicionalmente, mediante el mismo decreto que da origen a esta política se crea el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU), cuya principal función corresponde a prestar asesoría a la Presidencia de la República en la implementación de la PNDU (MINVU, 2014). El Consejo considera como miembros a representantes del Gobierno, representantes municipales y de universidades públicas, ministros y ex-ministros de Estado, representantes gremiales y de la sociedad civil y expertos o profesionales destacados en la temática de desarrollo urbano y territorial (MINVU, 2014).

Esta política no ha tenido mayores modificaciones desde su puesta en marcha, siendo los cambios más recientes los introducidos durante el año 2018 mediante el Decreto N° 49 del MINVU. Estos modifican la composición del Consejo, agregando como miembros a algunos representantes de ciertas entidades afines a la materia y al presidente del Consejo anterior (MINVU, 2018), para otorgarle

mayor representatividad, capacidades y continuidad en el tiempo al CNDU. Se elimina también la designación de algunos de los miembros del Consejo mediante Decreto Supremo presidencial (MINVU, 2018).

8.4.1.2. Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT)

Durante octubre del año 2019 fue promulgada la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), pero no fue aprobada sino hasta mayo del año 2021 mediante el Decreto N° 469 del Ministerio del Interior y Seguridad, completando así una tramitación de más de tres años (Inzunza, 2021; País Circular, 2021). Se trata de una herramienta aplicable a todo el territorio nacional que busca integrar coherentemente y en armonía todos los instrumentos, políticas y planes regionales y sectoriales que tengan incidencia territorial a nivel nacional, regional y comunal, brindándoles a estos un marco directriz común (País Circular). Con esta política se busca avanzar en el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable del país en torno a la integración de tres dimensiones: social, ambiental y económica. En este contexto, la PNOT adscribe a los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la Organización de Naciones Unidas (ONU), entre otros acuerdos internacionales y nacionales. Además del desarrollo sustentable, son parte del objetivo principal de esta política lograr una economía baja emisiones contaminantes2345 y mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Este instrumento se basa en 8 principios rectores: sustentabilidad, diversidad territorial, integralidad, equidad territorial, dinamización productiva y competitividad territorial, participación, descentralización y gradualidad. Varios de estos principios se comparten con la PNDU. Por otro lado, esta política presenta 5 ejes estratégicos (con sus respectivos lineamientos y objetivos) a implementar dentro de los próximos 30 años, estos son: a) los Sistemas de Asentamientos Humanos; b) el Sistema Económico Productivo; c) el Sistema Natural; d) el Sistema de Infraestructura y Logística; y e) el Sistema Socio Territorial Integrado.

Un aspecto importante de esta política es que identifica y reconoce la existencia de dos importantes condiciones territoriales que afectan el uso y ocupación de los territorios a nivel de todos los sistemas mencionados anteriormente. Por un lado, se tiene el riesgo de desastres tanto antrópicos como naturales al que se enfrentan los diversos territorios y, por otro, se reconocen los complejos desafíos

que supone adaptar los territorios al proceso de cambio climático que se vive en la actualidad.

La PNOT tiene importantes implicancias en el ordenamiento territorial a nivel regional: resulta fundamental para la transferencia de competencias hacia los nuevos gobernadores regionales electos que comenzaron su primer periodo durante el año 2021. Además, esta política brinda un marco metodológico y un reglamento que habilitaría a los gobernadores para que puedan elaborar e implementar, junto a los Consejos Regionales (CORE), los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT) en sus respectivas regiones, una de las más importantes dentro (País Circular, 2021).

Los PROT surgen a partir de la Ley N° 21.074 de Fortalecimiento de la Regionalización del País. Son instrumentos que orientan la utilización del territorio de cada región con el objetivo de alcanzar el desarrollo sustentable de estas. Así, los PNOT sirven de referencias para los planes reguladores urbanos mientras resultan fundamentales para el ordenamiento de los territorios no considerados por estos últimos: establecen en forma vinculante requisitos y condiciones para la creación de áreas verdes, la definición de sitios de disposición y tratamiento de residuos y la localización de infraestructuras y actividades productivas (CEPAL, s.f.; País Circular, 2021).

8.4.1.3. Ley sobre Elección de Gobernadores Regionales

Desde el año 2021 se lleva a cabo la elección democrática de los gobernadores regionales, reemplazando parcialmente a la figura del intendente, designada por el presidente de la República. Este cambio se introdujo mediante dos leyes del Ministerio del Interior, ambas promulgadas y publicadas en el año 2018: Ley N° 21.073 que 'regula la elección de gobernadores regionales y realiza adecuaciones a diversos cuerpos legales' y la Ley N° 21.074 de 'fortalecimiento de la regionalización del país'.

Entre las principales funciones de los gobernadores regionales se encuentran la formulación de las políticas de desarrollo regional y su sometimiento ante el consejo regional; coordinar, supervigilar o fiscalizar a los servicios públicos bajo su dependencia o relacionados con la gobernación regional; promulgar el plan regional de ordenamiento regional y los planes reguladores metropolitanos, intercomunales y comunales, entre otros instrumentos; y presidir el consejo regional (BCN, s.f.).

Durante los últimos años el país ha vivido una rápida urbanización, es decir, la expansión de los grandes asentamientos urbanos y el aumento de la población que los habita, surgiendo ciudades con sus propias dinámicas de crecimiento que absorben territorios habitados pertenecientes a distintas jurisdicciones administrativas (Ministerio del Interior, 2020). De acuerdo con el Ministerio del Interior (2020), esto ha implicado beneficios para dichos territorios, debido a la complementariedad de funciones y servicios que tienen entre sí, pero también implica la generación de nuevos problemas y de externalidades negativas para sus habitantes que dificultan la gestión territorial. Surge así la necesidad de abordar las problemáticas derivadas del crecimiento de las ciudades, siendo una nueva vía la regulación de la creación de nuevas áreas metropolitanas: atribución entregada a los gobernadores regionales[17].

Los gobiernos regionales pueden proponer el establecimiento de una nueva área metropolitana, incluyendo en tal propuesta la denominación del área en cuestión, una descripción de sus límites y territorios que la componen, una caracterización físico-geográfica de cada comuna que la integraría y un análisis de los centros urbanos incluidos en dicha área y sus zonas de influencia, entre otros requisitos. Además, dicha propuesta debe ir acompañada de un estudio que la fundamente y que establezca pleno cumplimiento de los requisitos mínimos que establece el respectivo reglamento (Decreto N° 98) para crear una nueva área urbana.

8.4.1.4. Política Nacional de Desarrollo Rural (PNDR)

A finales de la década de 1980 y durante la década siguiente se dan algunos de los primeros avances en el desarrollo de una política pública focalizada en el desarrollo de las zonas rurales de Chile, consistentes en la realización de diagnósticos y algunas iniciativas rurales piloto. En los 90’s ocurre uno de los primeros hitos relevantes para el futuro de la política rural nacional, con la creación de la Comisión Interministerial de Desarrollo Rural (CIDR), presidida por el Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Años después, en 2012, dicha comisión es restablecida para comenzar con los primeros trabajos que más tarde terminarían con la creación de la primera política rural de Chile. El MINAGRI continuaría a la cabeza de esta comisión, sumándose la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) a su coordinación. Estos primeros trabajos consistieron

[17] Mediante el Decreto N° 98 del Ministerio del Interior, publicado el 30 de septiembre de 2019, que ‘Aprueba reglamente que fija los estándares mínimos para el establecimiento de las áreas metropolitanas y establece normas para su constitución’.

en una caracterización de las políticas rurales en Chile realizada por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y en talleres participativos que reunieron a actores públicos, privados y de organizaciones civiles y que se convocaron en tres esferas: regionales, sectoriales y grupos de expertos. En base a estos avances, se publicó en el año 2014 un primer documento llamado "Política Nacional de Desarrollo Rural 2014-2024", el que sería sometido a un proceso posterior de revisión y validación, introduciéndole diversas modificaciones (Chile Agrícola, s.f.).

El año 2015 se crea la Comisión Interministerial de Ciudad, Vivienda y Territorio (COMICIVYT)[18] con el fin de realizar, entre otras funciones, recomendaciones y proposiciones a la Presidencia de la República en torno a políticas de ordenamiento territorial y desarrollo rural. Esta comisión comienza su funcionamiento con la revisión del documento publicado en 2014, comenzando así el desarrollo final de la Política Nacional de Desarrollo Rural (PNDR) (Chile Agrícola, s.f.).

El año 2018 se crea el Departamento de Desarrollo Rural al interior de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del MINAGRI, esto con el fin de que realice posteriormente la coordinación de la implementación de la PNDR. Ese mismo año se llevaría a cabo un nuevo proceso participativo que modificaría el documento publicado, anexando propuestas generadas desde agrupaciones campesinas y desde alcaldías rurales (Chile Agrícola, s.f.).

Finalmente, la PNDR sería aprobada y promulgada el 20 de enero 2020 mediante el Decreto N° 19 del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, publicándose en el Diario Oficial el 5 de mayo del mismo año. Esta política busca, a grandes rasgos, mejorar la calidad de vida y aumentar las oportunidades de la población rural mediante un cambio ordenado, planificado, sucesivo y sostenido del paradigma sobre cómo se concibe lo rural en el país (Chile Agrícola, s.f.).

Este nuevo paradigma considera un enfoque territorial en cada acción pública, las que deben generar (y generarse con) integración de actores públicos, privados, de la sociedad civil y de todas las escalas territoriales (nacional, regional y local). Busca también un desarrollo equitativo, sostenible y sustentable de los territorios

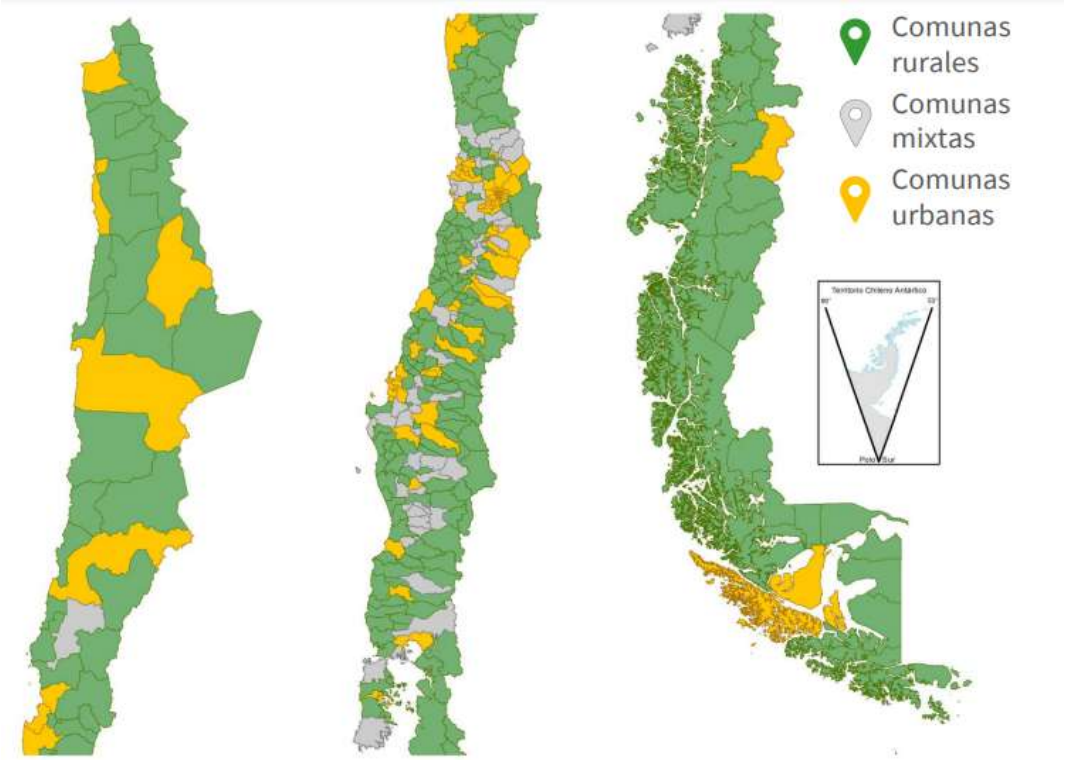
[18] Ministerios de Vivienda y Urbanismo; del Interior y Seguridad Pública; Secretaría General de la Presidencia; de Economía, Fomento y Turismo; de Desarrollo Social y Familia; de Obras Públicas; de Agricultura; de Minería; de Transportes y Telecomunicaciones; de Bienes Nacionales; de Energía y del Medio Ambiente. Se suman extraordinariamente para efectos de la PNDR los ministerios de Salud y Educación (COMICIVYT, s.f.[b]).

rurales, potenciando sus capacidades y diversificando sus actividades, pero siempre valorando y protegiendo su patrimonio cultural, ambiental y natural (Chile Agrícola, s.f.).

8.4.1.4.1. Caracterización de las zonas rurales

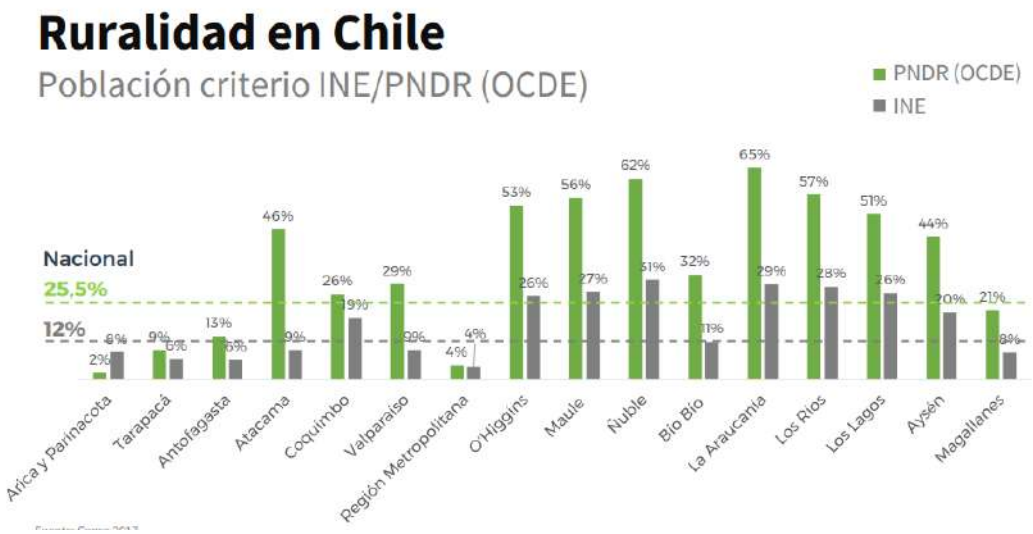
Según los criterios utilizados por la PNDR (en base a la OCDE), el 83% de la superficie de Chile corresponde a comunas rurales, es decir, 263 de 346 comunas del país (**Ver Figura 8.92**). De acuerdo a los mismos criterios mencionados, un 25,5% de la población nacional vive en comunas rurales. Las regiones con mayor concentración de población rural son La Araucanía (65% de la población), Ñuble (62%) y Los Ríos (57%); mientras las de menor concentración son Tarapacá (9%), la Metropolitana (4%) y Arica y Parinacota (2%). (Ver mapa 24) Por otro lado, los criterios que definen a la población rural utilizados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) entregan proporciones más conservadoras: solo 12% de la población nacional habita zonas rurales, siendo las comunas de mayor concentración Ñuble (31%), La Araucanía (29%) y Los Ríos (28%); mientras las de menor concentración son Tarapacá, Antofagasta (cada una con 6%) y la Metropolitana (4%) (**Ver Figura 8.93**).

Figura 8.92. Superficie de comunas de Chile según clasificación.



Fuente: Elaborado por ODEPA, 2020.

Figura 8.93. Población rural en Chile y por regiones según criterios PNDR e INE.



Fuente: Censo 2017. Criterio rural OCDE ajustado: menos de 150 habitantes/km2 (distrito/comuna), con asentamientos de menos de 50.000 hab. / Criterio INE: Localidades de menos de 2.000 habitantes.

Desglosando la realidad rural del país, se puede mencionar que un 1,3% de las viviendas rurales de Chile no tiene conexión continua de electricidad (acorde al criterio de ruralidad de la PNDR y a datos del año 2019 del Ministerio de Energía) (ODEPA, 2020). Según el Censo 2017, un 19,4% de las viviendas rurales no tiene acceso a agua potable mientras que un 26,8% de las mismas están construidas con materiales precarios; la brecha es evidente con los sectores urbanos al observar los mismos indicadores (2,6% y 13,5%, respectivamente) (ODEPA, 2020). Entre otras grandes brechas, solo 16,8% de las viviendas en zonas rurales cuentan con acceso a internet respecto al 67,8% de viviendas urbanas; las comunas rurales tienen una tasa de 30,4 médicos cada 100 mil habitantes (menos de la mitad de los 63,6 médicos cada 100 mil habitantes en comunas urbanas) y alcanzan una escolaridad promedio de 9,4 años (siendo de 11,6 en las urbanas) (ODEPA, 2020).

Los primeros trabajos realizados por la CIDR permitieron caracterizar las zonas rurales y sus problemáticas en torno a tres hallazgos principales: el primero consiste en que la definición vigente de ruralidad utilizada por las autoridades e instituciones nacionales no representa la realidad territorial, económica y social de las zonas rurales ni su diversidad. En segundo lugar, al momento de su realización, se reconoce que Chile carece de una política rural a nivel nacional que reúna y fortalezca todos los programas rurales y sus avances. Por último, se reconoce la escasa autonomía de los gobiernos regionales y locales en materia rural, sumado a la falta de coordinación entre estos y con el nivel central, lo que se reflejaba en la superposición de programas rurales. Además, respecto a las

actividades económicas rurales, se observa una hegemonía de la agricultura y la minería, lo que orienta a la mayoría de los programas públicos desde una perspectiva sectorial.

8.4.1.4.2. Cambio de paradigma rural

La PNDR trae consigo una "Nueva Mirada Rural" que redefine las definiciones tradicionales de los territorios rurales. Si bien es evidente que existen brechas en las zonas rurales, el concepto histórico de ruralidad presenta esta realidad desde una posición de atraso, pobreza, subdesarrollo y vulnerabilidad, donde "lo ideal" es acercarse a los conceptos típicos de "lo urbano": industrializar territorios agrícolas y modernizar todo lo viejo o tradicional que caracteriza lo rural. Sin embargo, el nuevo paradigma propone que lo rural también puede ser desarrollado y moderno, ya que tiene una gran potencialidad para realizar innovación e inversión en tecnologías y en la explotación de diversas actividades económicas no convencionales (Chile Agrícola, s.f.). La mejor forma de progresar con las brechas y atrasos de los territorios rurales es actualizando la concepción de estos de forma que se busque el progreso desde las particularidades mismas de lo rural, sin intención de "parecerse" a lo urbano.

El viejo enfoque sobre lo rural en Chile tenía entre sus principales ideas buscar una igualdad entre lo rural y lo urbano, pero generando una relación de dependencia entre ambos mundos a través del mercado agrícola: la principal actividad económica rural. El nuevo enfoque, en cambio, propone lograr una mayor competitividad de las áreas rurales, mediante la valorización y aprovechamiento de sus propios recursos y bienes, además de diversificar su actividad económica potenciando actividades como el turismo (explotación de lo cultural y natural), las tecnologías, manufactura o la generación de energías renovables.

Otra característica típica de este viejo enfoque responde a la tradicional relación entre Gobierno Central y pequeños productores agrícolas mediante sencillas herramientas como los subsidios. El nuevo paradigma diversifica y complejiza esta relación, incorporando los distintos niveles territoriales del Estado y reuniendo a actores públicos, privados y de la sociedad civil, mientras enfoca sus herramientas en la inversión a largo plazo en tecnologías, infraestructura y capital humano.

La nueva definición de territorio rural entregada por la PNDR refiere a lo generado por la *"interrelación dinámica entre personas, actividades económicas y recursos*

naturales" que se da sobre un espacio geográfico (Chile Agrícola, s.f.). Lo anterior siempre y cuando este espacio tenga una densidad poblacional menor a 150 habitantes por km2 y con una población máxima de 50 mil habitantes. Se reconoce también que la dicotomía urbano-rural es obsoleta, definiéndose tres tipos de comunas según su grado de ruralidad:

- **Comuna predominantemente rural:** al menos el 50% de la población vive en distritos censales con una densidad poblacional menor a 150 habitantes por km2 y la población total comunal es inferior a 50 mil habitantes.
- **Comuna mixta:** entre el 25% y el 50% de la población vive en distritos censales con una densidad poblacional menor a 150 habitantes por km2 y la población total no supera los 100 mil habitantes.
- **Comuna predominantemente urbana:** menos del 25% de la población vive en distritos censales con una densidad poblacional menor a 150 habitantes por km2 y la población total es superior a los 50 mil habitantes.

8.4.1.4.3. Principios y ámbitos de la PNDR

La PNDR se basa en 8 principios que orientan la consecución de sus principales objetivos, estos son: **Sustentabilidad** (desarrollo rural integral tomando en cuenta lo social, ambiental, económico y cultural), **Diversidad territorial** (el desarrollo rural debe considerar los diferentes tipos de identidades existentes), **Integralidad** (articulación de diversos actores), **Competitividad y Dinamización Productiva** (se busca central el fortalecimiento de las inversiones y la productividad local, el emprendimiento e innovación, el capital humano y las oportunidades de trabajo, basándose en el patrimonio natural y diversidad territorial), **Participación** (el desarrollo rural suma y escucha activamente a diferentes tipos de actores civiles en diferentes escalas), **Equidad Territorial** (desarrollo integral y mejora de la calidad de vida para todos los habitantes rurales, velando por un acceso equitativo a oportunidades), **Descentralización** (se fomenta la autonomía y capacidades regionales y locales) y **Gradualidad** (la PNDR se implementará desde lo normativo, instrumental e institucional en forma ordenada, planificada y sostenida) (ODEPA, 2020).

Por otro lado, la PNDR busca lograr sus objetivos de desarrollo abordando cuatro ámbitos principales:

- **Bienestar social:** es fundamental para la PNDR centrar la acción pública en las personas y sus diferentes dimensiones, velando por las particularidades y la sostenibilidad de cada territorio rural.
- **Oportunidades económicas:** los instrumentos metodológicos y normativos establecidos por la PNDR deben adaptarse a cada espacio rural, centrarse en la competitividad, productividad y sostenibilidad de los territorios y su

desarrollo económico, fomentar la colaboración público-privado y las inversiones en tecnologías e infraestructura.

- **Sustentabilidad medioambiental:** según la PNDR no puede existir bienestar social y desarrollo rural sin un medio ambiente sustentable; la calidad y el potencial de los paisajes, ecosistemas y recursos naturales deben reconocerse, valorarse y protegerse.
- **Cultura e identidad:** el patrimonio rural, tanto natural como cultural, debe reconocerse y revalorizarse, educando a la ciudadanía sobre el mismo y haciéndola parte de su protección y socialización. Todos los territorios rurales tienen diversas culturas e identidades; por esto los programas socioeconómicos rurales, la planificación y la gestión territorial deben reconocerlas y valorarlas.

8.4.1.4.4. Institucionalidad y Gobernanza de la PNDR

Como ya se había mencionado, la COMICIVYT es la entidad que lidera la implementación de la PNDR desde el nivel central; además de ocuparse de la revisión y actualización de esta política cada 10 años. Sumándose en la coordinación de la implementación está la ODEPA, funcionando como Secretaría Ejecutiva de la PNDR, es decir, brindando soporte técnico y administrativo (COMICIVYT, s.f.[b]; ODEPA, 2020). Adicionalmente, el año 2020 se conformó el Consejo Asesor Nacional de Desarrollo Rural, un órgano consultivo que busca dar seguimiento y continuidad a la PNDR, además de impulsarla y generar propuestas, estrategias y soluciones de largo plazo; participan en este Consejo actores públicos, privados, de la academia y de la sociedad civil (COMICIVYT, s.f. [a]; s.f. [b]; ODEPA, 2020).

La gobernanza es una dimensión transversal a toda la PNDR, ya que busca articular a distintos actores para que participen activamente en las diferentes actividades de implementación y actualización de esta política, acercando así estas instancias a los territorios, sus habitantes y autoridades. La integración y coordinación del Estado en todos sus niveles es fundamental: el nivel central debe comunicase activamente con los niveles regional y local. Los Gobiernos Regionales (GORE) tienen gran relevancia a nivel de la PNDR, ya que no solo se encargan de la planificación y el ordenamiento territorial, sino que también administran los presupuestos derivados desde el nivel central para su ejecución en una diversidad de programas que afectan el desarrollo rural. Por último, en la escala local, las municipalidades administran los recursos de cada comuna y custodian el bienestar de sus habitantes, materializando la PNDR a través de los Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO) que indicen directamente en el desarrollo rural.

8.4.1.5. Decreto sobre Áreas Metropolitanas

El día 30 de septiembre de 2020 se publica el Decreto N° 98 de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) del Ministerio del Interior, decreto que aprueba el reglamento que fija los estándares mínimos para el establecimiento de las áreas metropolitanas y establece normas para su constitución. Este reglamento surge como una respuesta a los acelerados procesos de crecimiento de la población urbana y, por ende, del tamaño de las ciudades que habita. El mismo decreto entrega datos que contextualizan esta situación: al momento de publicarse, más del 87% de la población nacional habitaba asentamientos urbanos y, de esta población, más del 61% se concentra en urbes de más de 250 mil habitantes.

Este fenómeno de expansión urbana implica una serie de consecuencias para estos asentamientos, siendo uno de especial importancia el hecho de que se desdibujan los límites entre los núcleos administrativos existentes al ser absorbidos por espacios urbanos más amplios. Se genera así interdependencia socioeconómica y funcional entre estos núcleos y sus habitantes: la población de una aglomeración urbana comienza a interactuar con los servicios de otra, es decir, las personas trabajan, se educan o adquieren bienes y servicios en una zona urbana diferente a la que habitan. Así surgen las áreas metropolitanas, grandes espacios urbanos que aglomeran unidades urbanas menores y limítrofes entre sí, pero que anteriormente se encontraban separadas o aisladas.

La formación de estas áreas puede beneficiar a las unidades que las forman, al complementar distintas funciones de estas entre sí, pero, al ser procesos de rápida expansión, también pueden traer consecuencias negativas para la calidad de vida o para la gestión administrativa de los diferentes territorios: surge la necesidad de coordinar la administración de las diferentes unidades urbanas, por lo general representadas por las comunas. Debe existir coordinación entre las diferentes comunas, de forma de evitar roces o duplicidades en la administración del territorio. Así, la gestión de los desafíos típicos de las grandes ciudades que comienzan a surgir debe ser abordada desde un enfoque intercomunal, centrándose en la toma de decisiones dentro de los propios territorios con la participación activa de actores locales. Las conurbaciones urbanas que se constituyan como áreas metropolitanas podrán enfrentar problemáticas en común como la movilidad urbana, la provisión de vivienda, el cuidado del medio ambiente o el tratamiento de residuos sólidos (Cifuentes, Ricardo en Rogel, 2018).

Con el fin de instrumentalizar lo anterior, el Decreto en cuestión introduce dentro de la ley Nº 19.175, Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, la posibilidad de crear en cada región del país una o más áreas metropolitanas, cuya administración recae sobre los Gobiernos Regionales respectivos.

Un reglamento dictado por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública, y suscrito por los Ministerios de Vivienda y Urbanismo, Transporte y Telecomunicaciones, Obras Públicas, Medio Ambiente y Hacienda, establecerá los estándares mínimos que se deben cumplir para la creación de un área metropolitana. Estos tienen que ver con los requerimientos de espacio territorial y la utilización compartida de infraestructura, servicios y equipamientos. Una mesa consultiva interministerial, liderada por SUBDERE y compuesta por los ministerios que subscribían el reglamento, además del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), definirá estos estándares, basándose en la ley N° 19.175.

El reglamento define una serie de conceptos clave para su implementación, comenzando por el de área metropolitana, entendiéndose como la "extensión territorial de más de doscientos cincuenta mil habitantes formada por dos o más comunas de una misma región que se unen por un continuo de construcciones urbanas que comparten la utilización de diversos elementos de infraestructura y servicios urbanos".

Otros conceptos corresponden al "continuo de construcciones" (superficie urbana que concentra gran densidad poblacional y diversas estructuras físicas), las "funciones urbanas" (ocupaciones cotidianas de los habitantes urbanos), las "áreas funcionales" (superficies de dos o más comunas que conforman una unidad a raíz de sus relaciones funcionales), los "centros urbanos" (zonas del continuo de construcciones que concentran a la población urbana de comunas de más de 50 mil habitantes o ciudades de importancia político-administrativa) y las "áreas de influencia" (áreas del continuo de construcciones de baja cantidad de habitantes en que al menos 15% de estos trabajan en centros urbanos), entre otros.

Para crear un área metropolitana, el reglamento establece que se debe conformar por al menos 2 comunas de la misma región que, en total, superen los 250 mil habitantes, que parte de su extensión territorial contenga un continuo de

construcciones que albergue funciones urbanas y que las infraestructuras y servicios urbanos de estas tengan influencia en una escala intercomunal.

Para definir el área del continuo de construcciones urbanas del área metropolitana se utilizarán polígonos que demarcarán las zonas con edificaciones y/o elementos de infraestructura contiguos en base a criterios como la densidad de viviendas (30 viviendas por hectárea (ha) para las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, del Libertador General Bernardo O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío; 10 viviendas por ha para las demás); distancia máxima de agrupamiento entre polígonos de 120 metros; y las características del suelo construido.

La propuesta de creación de un área metropolitana podrá realizarse mediante oficio del Presidente de la República o a solicitud del respectivo gobierno regional. Dicha propuesta debe incluir la denominación que llevará el área metropolitana y un estudio que la respalde y de cuenta de que cumple con todos los estándares definidos en el reglamento. El estudio debe incluir una descripción del área metropolitana propuesta, una caracterización físico-geográfica de cada comuna que la integraría, un análisis de los centros urbanos y áreas de influencia de estas comunas y una caracterización de la utilización compartida entra las comunas de infraestructura, equipamientos y servicios urbanos.

Si la propuesta es levantada por un gobierno regional, este deberá consultarla con los alcaldes de las comunas incluidas en la misma, quienes podrán realizar observaciones no vinculantes. En el caso de una propuesta levantada por el Presidente, se consultará a los respectivos alcaldes mediante la Secretaría Ejecutiva del Comité Interministerial de Descentralización, pudiendo realizar observaciones que serán vinculantes cuando dicho Comité recomiende o no la creación del área metropolitana. En caso de ser aprobada la propuesta, la constitución del área metropolitana se efectuará mediante un decreto supremo del Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Las metrópolis o grandes áreas urbanas son dinámicas, es decir, cambian con el tiempo debido al crecimiento demográfico y/o a cambios en las relaciones funcionales de sus diferentes territorios. Debido a esto, el reglamento permite la modificación futura de los límites político-administrativos del área metropolitana creada, pudiendo incorporar nuevas comunas. Esto se podrá hacer siempre y cuando dichas comunas formen parte de territorios circundantes al área

metropolitana, es decir, no incluidos previamente en esta, que con el tiempo y en la práctica terminaron integrando los límites de la misma. Toda modificación deberá ajustarse a los criterios establecidos en el reglamento y deberá solicitarse como una nueva propuesta efectuada mediante oficio del Presidente o a solicitud del respectivo gobierno regional.

Este reglamento implica un importante avance en materia de descentralización y atribuciones de los gobiernos regionales y locales, cambios exigidos y esperados desde hacía tiempo por autoridades y actores territoriales. Lo anterior se refleja, por ejemplo, en el interés que presentan las autoridades alcaldicias de 11 comunas de la provincia de Concepción por constituirse como un área metropolitana, objetivo por el cual se encuentran colaborando desde el año 2018, dos años antes de la publicación del decreto (Rogel, 2018).

8.4.1.6. Ley Sobre Gestión de Residuos (REP)

La Ley N° 20.920, ley marco para la gestión de residuos, la Responsabilidad Extendida del productor y fomento al reciclaje, fue publicada y promulgada durante el año 2016, aunque algunas de sus disposiciones no entrarán en hasta septiembre de 2023. Su principal objetivo consiste en la disminución de la generación de residuos mediante una correcta gestión de estos y el fomento de su valorización, es decir, incentivar prácticas de reciclaje, reutilización, reducción, recuperación de materiales o valorización energética de los residuos y, cuando lo anterior no sea posible, garantizar su adecuada eliminación. Este objetivo contribuye a su vez a la protección de la salud de las personas y del medio ambiente, mejorando en general la calidad de vida.

La Responsabilidad Extendida del Productor (en adelante REP) es uno de los ejes centrales de esta ley: apunta a que quienes producen los bienes que se transforman en residuos, luego de su comercialización en el país, se hagan responsables del manejo de estos mediante la gestión y financiamiento de los respectivos procesos de valorización o de eliminación. En otras palabras, es una lógica de que quien contamina debe hacerse cargo del problema. A octubre de 2021, más de 14.500 empresas se encontraban reguladas por esta ley (Pereda, 2021).

Para abordar de mejor manera lo anterior, se establece en la ley el concepto de los Productos Prioritarios (PP). Estos se definen en base a una serie de criterios que permiten focalizarse en los residuos que generan un mayor impacto. Entre

estos criterios se puede mencionar el consumo masivo de algunos productos y/o el elevado volumen de residuos generados, el nivel de peligrosidad que implican para personas, entornos naturales y los seres que los habitan o el grado en que pueden revalorizarse los distintos tipos de desechos. Los PP actualmente establecidos son los siguientes: aceites lubricantes, baterías, pilas, productos eléctricos y electrónicos, neumáticos, envases y embalajes. Quienes fabriquen PP, los importen para su comercialización o para uso profesional serán Productores de Productos Prioritarios (PPP), quedando sujetos a la REP establecida en la Ley.

Para cada uno de los Productos Prioritarios se establecen diferentes metas anuales de recolección y valorización, las que deben ir aumentando en el tiempo. Estas metas se definirán mediante Decretos de Metas, los que se desarrollan en cuatro etapas: a) comienza con la elaboración de un Anteproyecto de Decreto de Metas, elaborado en base a la participación de actores involucrados en torno a los PP y a la realización de un estudio de Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES); b) se realiza una Consulta Ciudadana y una Consulta ante un Consejo Consultivo; c) se elabora una propuesta del proyecto de decreto en base a las ideas surgidas en las Consultas Públicas de la etapa anterior, proyecto que debe pasar por la revisión y aprobación del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y de la Presidencia de la República; d) una vez aprobado en las instancias previas, el Proyecto de Decreto Supremo que define las metas debe pasar por el trámite de Toma de Razón de la Contraloría General de la República antes de su entrada en vigencia.

La Ley REP, sin embargo, no regula solamente a los PPP, si no que establece lineamientos y normativas para todos los gestores de residuos, es decir, personas naturales y jurídicas que se dediquen a la recolección, clasificación, revalorización o eliminación de desechos. Empresas, fundaciones y recicladores de base se encuentran en esta categoría, siempre y cuando estén reconocidos y autorizados por la legislación y las autoridades respectivas. En esta ley se obliga a los gestores de residuos a declarar información sobre los desechos manejados: tipo, cantidad, origen y destino de estos, además de información sobre el tratamiento realizado y costos del mismo. Para declarar todo esto se dispone del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de la Ley N° 19.300. Los PPP también deben inscribirse en este registro.

El Ministerio del Medio Ambiente tiene un rol prioritario en todo el proceso de determinación de las metas, participando a lo largo de todo este para, finalmente,

dictar los respectivos Decretos de Metas. Por otra parte, la Superintendencia del Medio Ambiente se encarga de la fiscalización del cumplimiento de todo lo establecido en la Ley que obligue a los PPP, aplicando sanciones en los casos de que los productores incumplan alguna de las disposiciones. Existen una serie de multas asociadas a diferentes faltas, dependiendo de su gravedad, entre las que se pueden encontrar la no declaración de información en el Registro, el manejo ilegal de productos peligrosos o el incumplimiento de las metas establecidas.

Los productores de residuos obligados por la REP deberán crear Sistemas de Gestión (SG), en forma individual o colectiva, para dar cumplimiento a las disposiciones de la Ley. Se trata de entidades sin fines de lucro financiadas por los respectivos productores para gestionar las operaciones de gestión de desechos, coordinar con autoridades locales la recuperación de productos, cumplir con las metas de recolección y de valorización y con todas las demás obligaciones establecidas en la Ley. Entre estas otras obligaciones se puede destacar su participación en la educación de los consumidores acerca de la clasificación y disposición de residuos y en la promoción del eco diseño de los productos.

Así, otra entidad muy importante en la gestión de residuos corresponde a las municipalidades, entidades que tienen la posibilidad de realizar convenios con los mencionados SG u otros gestores para coordinar la recolección y revalorización de desechos dentro de su comuna.

Los consumidores son una parte de gran importancia en la gestión de residuos. Estos son quienes consumen los Productos Prioritarios y toda una gran diversidad de bienes que se transforman en desechos luego de su consumo. Así, es responsabilidad de los consumidores clasificar y hacer entrega de los desechos que generen a los SG u otros gestores. Para ello se requiere una fuerte educación de la ciudadanía sobre el rol activo que debe tomar dentro de la gestión de residuos que, a fin de cuentas, mejora su propia calidad de vida.

Si bien la promulgación de esta ley es un enorme avance en la materia, siempre hay espacio para propuestas y cambios que permitan seguir mejorándola y potenciando su impacto. En este sentido, la académica María Luisa Escobar (2021) plantea la ley en cuestión está principalmente centrada en el manejo del residuo una vez que este ya fue generado, abordando débilmente el concepto de eco diseño y rotulado de materiales. Esto se refiere a que las empresas que producen bienes de consumo masivos deben diseñar sus productos de forma tal de reducir

al mínimo el impacto negativo que estos generen al desecharse, por ejemplo, mediante el uso de materiales de mayor vida útil y/o de alta capacidad de valorización. Para ello deben re-pensarse y re-diseñarse los procesos de producción. Algunas medidas básicas que una ley de gestión de residuos debiese considerar incluyen obligar a las empresas al uso de materiales reciclables y/o reciclados y su correcta identificación, de manera que el usuario logre clasificarlos adecuadamente para su revalorización. La Ley no aborda estas cuestiones en forma directa, si no que deja la responsabilidad al Ministerio del Medio Ambiente (MMA) de establecer las respectivas medidas a través de Decretos Supremos. El Decreto N° 12 de 2021 del MMA establece bonificaciones o recargos a las tarifas de financiamiento de los SG que debe realizar cada productor según el nivel de eco diseño de sus productos. Si bien es un avance, falta potenciar a la Ley REP en las materias relativas a la disminución en la generación de residuos: el mejor residuo es el que nunca se genera.

8.4.1.7. Situación política de Parcelas de Agrado y Subdivisión Predial (SPR)

El explosivo crecimiento poblacional ya expuesto en las zonas urbanas tiene también consecuencia en la población rural del país. La concentración poblacional de las urbes nacionales provoca que un gran número de personas opten por adquirir viviendas en territorio rústico.

Si bien la información censal de 2017 ya evidencia la proliferación de las parcelas de agrado, es razonable asumir que un nuevo censo evidenciará un cambio sustantivo en el paisaje rural chileno. Solamente en 2021 se registraron cerca de 6000 nuevas parcelaciones con fines habitacionales en zonas rurales (CIPER, 2022). Mientras que las solicitudes de subdivisión predial (SPR) por aprobar aumentaron de 10.000 en 2019 a 19000 en 2021, lo que significa un aumento del 90% en tan solo un año (SAG, 2022).

La falta de una planificación urbana y de un plan de desarrollo regional a largo plazo entre los distintos gobiernos generan el escenario propicio para que la forma en que crezca el territorio urbano sea dictada por intereses privados. Es fundamental hacer la distinción entre adquirir terreno agrícola de forma particular, y el loteo masivo de tierras producto del accionar de inmobiliarias privadas que terminan por crear nuevos núcleos urbanos apartados de las ciudades establecidas. Si bien la adquisición de terreno agrícola ya existente por parte de un particular que planea residir en este, o utilizarlo como segunda vivienda, no representa un mayor impacto al medioambiente; el grave problema

radica en la urbanización forzada de estos terrenos por parte de inmobiliarias privadas que generan terrenos periurbanos, implicando al Estado en invertir recursos para abastecer establecimientos humanos en zonas no contempladas.

Sumado al problema urbanístico que genera el explosivo incremento de Parcelas de Agrado por parte de inmobiliarias ha terminado por convertir el suelo agrícola en suelo habitacional, acrecentando la perdida de suelo productivo, agrícola, ganadero o forestal., sin considerar las repercusiones negativas asociadas en la flora y fauna autóctona del territorio (Senado, 2022).

Con el fin de controlar este desorganizado incremento, el Ministerio de Agricultura emitió el Oficio Ordinario 637 en julio de 2022 que limita el uso de suelos agrícolas de categoría rural a solo uso productivo, limitando su uso habitacional a los casos en que sea estrictamente necesario con el fin de controlar la cantidad de permisos de subdivisión de suelos aprobados por el SAG, indicando criterios complementarios de revisión para evaluar las solicitud es de Subdivisión de Predios Rústicos (SPR) previa autorización (Ministerio de Agricultura, 2022).

En base a esto, la circular 475 del 18 de julio 2022 confiere al SAG atribuciones para solicitar la realización de informes de diversa índole si es que sospecha que un proyecto de SPR se trata de un proceso inmobiliario en territorio rural, o directamente de suspender los permisos de construcción si es que se detecta un proceso inmobiliario. Mediante esta circular se analiza, a grandes rasgos, cuales son las atribuciones jurídicas y motivos para rechazar una solicitud de SPR (SAG,2022).

El gobierno defendió la suspensión de permisos para subdividir terrenos agrícolas y que terminan convertidos en parcelas de agrado. El Ministerio de Agricultura, además, detectó una falta de regulación de nuevos loteos en zonas rurales y anunció una fiscalización para que se cumpla la ley.
Sin embargo, según la Constitución General de la República, solamente la Ley tiene potestad para normar materias relacionadas con la propiedad privada, por lo que se trata de un tema imposible de regular sin que una ley lo indique. Toda normativa supra-legal que se siga emitiendo debe ser entendida como facultativa y no vinculante, es decir, sólo puede significar una sugerencia en la forma de actuar, mas no una obligación jurídica hacía el receptor.

De los proyectos de Ley que pretenden regular construcciones en terreno agrícola para mitigar el impacto de los proyectos de SPR, todos se encuentran actualmente en proceso de tramitación, que es la primera fase en el ciclo de vida de una ley. El más antiguo de estos es el boletín 1.446-12 de 1994, que pretende garantizar que los proyectos de construcción respeten las servidumbres de tránsito.

De los proyectos que actualmente han sido discutidos en el Senado para evaluar el Proyecto de Ley que modifica el DL 3516 de 1980 que regula la SPR y el Decreto 458, son 2 los boletines en discusión para el proyecto: El boletín 12.757-01 pretende cambiar la superficie mínima de subdivisión de las actuales 0.5 hectáreas (5000 m2) a 5 hectáreas (50000 m2) (BCN, 2021); y el boletín 14.605-14 que pretende limitar la construcción de viviendas en terreno rustico únicamente cuando sea necesario, e incorporar la obligación de realizar una medición de impacto ambiental previo a la autorización de cualquier solicitud de SPR, y realizar un seguimiento sobre el uso que se le pretende dar al suelo que se va a dividir (Diario Constitucional, 2021).

Pese a que los dos ultimo boletines han tenido más movimiento y atención mediática, aún se encuentran lejos de ser aprobados como un texto normativo. Deja entrever la intención de los legisladores: proteger los terrenos de carácter agrícola, ganadero y/o forestal; y controlar la masiva urbanización que la migración masiva de ciudad a campo para mitigar el impacto ambiental a la flora y fauna nativa que esto implica.

La suspensión de permisos de SPR para frenar el avance de las inmobiliarias ha tenido repercusiones negativas en un sector de la ciudadanía que se encuentra en proceso de construcción de una vivienda habitacional en parcelas de agrado previamente adquiridas. Esta decisión resulta contradictoria con el actuar de funcionarios del gobierno, quienes de forma particular adquirieron parcelas de agrado en distintitas comunas del país. (Síntesis Chile, 2022).

8.5. BIBLIOGRAFÍA

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS EN CHILE. 1992 A 2021

Departamento de Estadísticas del Trabajo. (2021). *Presentación Comité de Expertos en Estadísticas Laborales 3ra sesión.* Instituto Nacional de Estadísticas. Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/ocupacion-y-desocupacion/comites-y-notas-tecnicas/2021/comit%C3%A9-t%C3%A9cnico-de-expertos-estad%C3%ADsticas-laborales-(septiembre-2021).pdf?sfvrsn=baed409f_4

Departamento de Extranjería y Migración. (2021). *Estadísticas Migratorias. Registros Administrativos del Servicio Nacional de Migraciones.* Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Recuperado de https://www.extranjeria.gob.cl/estadisticas-migratorias/

Godoy, Gloria. (15 de agosto de 2020). *El 74,5% de las personas extranjeras que viven en Chile se concentra en 42 comunas: las principales son Santiago, Antofagasta e Independencia.* Instituto Nacional de Estadísticas. Recuperado de https://www.ine.cl/prensa/2020/06/15/el-74-5-de-las-personas-extranjeras-que-viven-en-chile-se-concentra-en-42-comunas-las-principales-son-santiago-antofagasta-e-independencia

Godoy, Gloria. (27 de agosto de 2021). *El 61,9% de la población extranjera que vive en Chile se concentra en la Región Metropolitana.* Instituto Nacional de Estadísticas. Recuperado de https://www.ine.cl/prensa/2021/08/27/el-61-9-de-la-poblaci%C3%B3n-extranjera-que-vive-en-chile-se-concentra-en-la-regi%C3%B3n-metropolitana

Instituto Nacional de Estadísticas. (2020). *Migración Internacional: Evolución, datos, y desafíos futuros.* Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/prensa-y-comunicacion/conferencia-ciudadana-migraci%C3%B3nvf.pdf?sfvrsn=885527fa_2

Instituto Nacional de Estadísticas. (2021). *Estimación de personas extranjeras residentes habituales en Chile al 31 de diciembre de 2020, desagregación regional y comunal. Recuperado de* https://www.extranjeria.gob.cl/media/2021/08/Estimaci%C3%B3n-poblaci%C3%B3n-extranjera-en-Chile-2020-regiones-y-comunas-metodolog%C3%ADa.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas e Instituto de Estudios Urbanos. "Parcelas de Agrado desde la Perspectiva Censal y Territorial: Casos Regionales"

Lincovil, María José. (2020). *¿Quiénes son los estudiantes migrantes de Chile?* Elige Educar. Recuperado de https://eligeeducar.cl/notas-sobre-nuestros-estudios/quienes-son-los-estudiantes-migrantes-en-chile-este-estudio-te-puede-entregar-algunas-pistas/

MINVU Dinámica de Crecimiento Urbano de las Ciudades Chilenas: Centro de Estudios de Ciudad y Territorio. Santiago, noviembre de 2021

MINVU/INE "Metodología para Medir el Crecimiento Físico de los Asentamientos Humanos en Chile: Años 2002-2006-2011-2017

Organización Internacional para las Migraciones. (2021). *Derecho Internacional sobre Migración N°7 - Glosario sobre Migración, 2006.* Organización de las Naciones Unidas (ONU). Recuperado de https://publications.iom.int/system/files/pdf/iml_7_sp.pdf

Rogel, Ángel (25 de noviembre de 2018). *Alcaldes impulsan creación de un "Área Metropolitana".* Diario Concepción. Recuperado de https://www.diarioconcepcion.cl/politica/2018/11/25/alcaldes-impulsan-creacion-de-un-area-metropolitana.html

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (30 de septiembre de 2020). *Decreto N° 98 que aprueba reglamento que fija los estándares mínimos para el establecimiento de las Áreas Metropolitanas y establece normas para su constitución.* Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Gobierno de Chile. Recuperado de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1149868&f=2020-09-30

8.1.6 El cambio climático en los asentamientos humanos

Aceituno G, P. & Ulriksen U, P. (1981). Efecto de isla calórica en Santiago. Resultados preliminares. *Tralka*, *2*(1), 39–56.

Alario Trigueros, M., Molinero Hernando, F. & Morales Prieto, E. (2018). La persistencia de la dualidad rural y el valor de la nueva ruralidad en Castilla y León (España). *Investigaciones Geográficas*, (70), 9–30. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.70.01

Allen, A. (2003). La interfase periurbana como escenario de cambio y acción hacia la sustentabilidad del desarrollo. *Cuadernos del Cendes*, *20*(53), 7–21.

Anguelovski, I., Chu, E. & Carmin, J. (2014). Variations in approaches to urban climate adaptation: Experiences and experimentation from the global South. *Global Environmental Change*, *27*, 156–167. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.05.010

Baquero Larriva, M. T. (2021). Salud urbana, confort térmico y acústico en espacios públicos exteriores, en el marco de las ciudades amigables con los mayores. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (135), 1–92. https://doi.org/10.20868/ciur.2021.135.4598

Barton, J. R. (2013). Climate Change Adaptive Capacity in Santiago de Chile: Creating a Governance Regime for Sustainability Planning. *International Journal of Urban and Regional Research*, *37*(6), 1916–1933. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12033

Brunet, R. (1980). La composition des modèles dans l'analyse spatiale. *Espace géographique*, *9*(4), 253–265. https://doi.org/10.3406/spgeo.1980.3572

Bryant, C. R. (1986). L'évolution de la ville régionale en Amérique du Nord: Le cas de Toronto. *Annales de Géographie*, *95*(527), 26–42. https://doi.org/10.3406/geo.1986.20372

Bryant, C. R., Russwurm, L. H. & McLellan, A. G. (1982). *The city's countryside: Land and its management in the rural-urban fringe*. London; New York: Longman.

Bulkeley, H. & Schroeder, H. (2012). Beyond state/non-state divides: Global cities and the governing of climate change. *European Journal of International Relations*, *18*(4), 743–766. https://doi.org/10.1177/1354066111413308

Cámara de Diputados de Chile. (2012). *La desertificación en Chile* (p. 19). Valparaíso, Chile: Cámara de Diputados de Chile.

Capelli de Steffens, A., Píccolo, M. C., Hernández González, J. & Navarrette, G. (2001). La isla de calor estival en Temuco, Chile. *Papeles de Geografía*, (33), 49–60.

Capelli de Steffens, A., Píccolo, M. C., Hernández González, J., Navarrette, G. & Lara, R. (1997). La isla de calor en Temuco, Chile: Situación Invernal. *Revista Geofísica*, (46), 5–16.

Castillo Oyarce, I. A. (2018). *Determinación de áreas prioritarias para la fiscalización de cortas no autorizadas de bosque nativo, en la Región del Maule* (Memoria para obtención título Ingeniero Forestal). Universidad de Chile, Santiago, Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152325

Castillo Soto, M. E. (2001). Relaciones morfogenéticas del sistema volcánico de isla de Pascua: Una primera aproximación. *Revista geográfica de Chile Terra Australis*, (46), 27–43.

Castillo Valdivia, I. (2020). *Clima urbano de espacios públicos en Peñalolén: Confort térmico exterior como un caso de injusticia climática* (Memoria para obtención título Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

CONAF Chile. (s. f.). Programa de Arborización. Recuperado de http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/arborizacion/

Correa, E. N., Ruiz, M. A. & Cantón, M. A. (2010). Morfología forestal y confort térmico en "ciudades oasis" de zonas áridas. *Ambiente Construído*, *10*, 119–137. https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400009

Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., … Patterson, C. (2009). Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *The Lancet*, *373*(9676), 1693–1733. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60935-1

Decreto N° 19. (2020). *Aprueba Política Nacional de Desarrollo Rural*.

Decreto N° 47. (1992). *Fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones*.

Decreto N° 123. (1995). *Promulga la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*.

Decreto N° 349. (2005). *Promulga el protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y sus anexos A y B*.

Decreto N° 469. (2021). *Aprueba Política Nacional de Ordenamiento Territorial*.

Duque Franco, I. & Montoya Garay, J. W. (2021). Cambio climático y urbanización. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, *30*(2), 274–279.

Durán de la Fuente, H., Medina, A. & Orrego, V. (2000). Capítulo II 8. Asentamientos Humanos. En UCH-INAP, *Informe país. Estado del medio ambiente en Chile 1999* (pp. 325–367). Santiago, Chile.

Eliasson, I. (1994). Urban-Suburban-Rural Air Temperature Differences Related to Street Geometry. *Physical Geography*, *15*(1), 1–22. https://doi.org/10.1080/02723646.1994.10642501

Gómez Lopera, F. (2005). Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, *XXXVII*(144), 417–436.

Gómez Sarria, N. (2014). *Climatología urbana de Copiapó como ciudad localizada en un medio ambiente árido* (Memoria para obtención título Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

GORE Atacama. (2014). *Diagnóstico. Amenazas naturales y exposición sistemas estratégicos. Informe final* (p. 225). Copiapó, Chile: Gobierno Regional Región de Atacama. Recuperado de Gobierno Regional Región de Atacama website: https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/2019_03_28_5._Sistema_Riesgos_Naturales.pdf

GORE RMS & MMA Chile. (2012). *Propuesta Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Región Metropolitana de Santiago. Plan CAS* (p. 73). Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago & Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de Gobierno Regional Metropolitano de Santiago & Ministerio del Medio Ambiente website: https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2014/doc/estudios/Propuesta_Plan_CAS.pdf

Heinrichs, D., Krellenberg & Fragkias, M. (2013). Urban Responses to Climate Change: Theories and Governance Practice in Cities of the Global South. *International Journal of Urban and Regional Research*, *37*(6), 1865–1878. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12031

Henríquez Ruiz, C. & Quense Abarzúa, J. (2013). Variaciones espacio-temporales del clima urbano en ciudades desérticas: El caso de Calama y Antofagasta. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas 2012*, 61–67. Santiago, Chile.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México, DF: McGraw-Hill.

Honjo, T., Narita, K., Sugawara, H., Mikami, T., Kimura, K. & Kuwata, N. (2003). *Observation of cool island effects in urban park (Shinjuku Gyoen)*.

INE Chile. (1995). *Chile: Ciudades, pueblos y aldeas. Censo 1992*. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.

INE Chile. (2005). *Chile: Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos. Censo 2002*. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.

INE Chile. (2018). *Memoria Censo 2017*. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.

INE Chile. (2019). *Chile: Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019*. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.

Irarrázaval, F. (2011). Zonas termales homogéneas y sostenibilidad del clima urbano a escala comunal en Santiago. *ANALES de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas 2010*, 41–47.

Jiménez, J. F. & Palacio, C. A. (2012). Climatología urbana y de montañas. *Dyna*, *79*(175), 61–69.

Krellenberg, K. & Hansjürgens, B. (Eds.). (2014). *Climate Adaptation Santiago*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Recuperado de http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-39103-3

Labbé, J. C. & Saragoni, R. (1976). *Sismicidad en Chile* (N° 124). Santiago, Chile: Sección Ingeniería Estructural. Departamento Ingeniería Civil. Universidad de Chile.

Ley N° 19.561. (1998). *Modifica el Decreto Ley N°701, de 1974, sobre fomento forestal*.

Mercado, M. V., Esteves, A. & Filippín, C. (2010). Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina. *Ambiente Construído*, *10*(2), 87–100.

MINAGRI Chile & CONAF Chile. (2015). *Construyendo el arbolado urbano en conjunto con la ciudadanía* (p. 15). Santiago, Chile. Recuperado de http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1437750517BoletinInformativoN%C2%B01.pdf

MINVU Chile. (2017). Catastro Parques Urbanos 2017.

MMA Chile. (2012). Capítulo 6. Disponibilidad de Áreas Verdes. En *Informe del Estado del Medio Ambiente 2011* (pp. 221–244). Santiago, Chile.

MMA Chile. (2015). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático* (M. Jadrijevic, G. Santis, K.-P. Muck & F. Farías, Eds.). Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente & Cooperación Alemana. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf

MMA Chile. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf

MMA Chile & MINVU Chile. (2018). *Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022*. Santiago, Chile. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/Plan-CC-para-Ciudades_aprobado-CMS-ene2018-1.pdf

Molina, M., Romero Aravena, H. & Sarricolea Espinoza, P. (2009). Características socioambientales de la expansión urbana de las Áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso. En R. Hidalgo, C. De Mattos, & F. Arenas Vásquez (Eds.), *Chile: Del país urbano al país metropolitano* (pp. 187–200). Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

MOP Chile & MMA Chile. (2017). *Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022*. Santiago, Chile. Recuperado de https://mma.gob.cl/cambio-climatico/plan-de-adaptacion-al-cambio-climatico-para-la-infraestructura/

Monsalves-Gavilán, P., Pincheira-Ulbrich, J. & Rojo Mendoza, F. (2013). Climate change and its effects on urban spaces in Chile: A summary of research carried out in the period 2000-2012. *Atmósfera*, *26*(4), 547–566. https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71095-6

Montiel, S. & Trilla, F. (1986). *Geografía de la Población*. La Habana, Cuba: ENPES.

Moreno-García, M. C. (1994). Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology*, *14*(6), 705–710. https://doi.org/10.1002/joc.3370140609

Moya Castillo, D. (2020). *Propuesta de reducción del efecto Isla de Calor Urbano Superficial (ICUS) en la ciudad de Curicó* (Memoria para obtención título Geógrafo). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

NU. (s. f.). Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático. Recuperado 8 de agosto de 2022, de United Nations website: https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/cities-pollution

NU. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2009/6907.pdf

NU. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

OCDE & SUBDERE. (2016). *Estudios de Política Rural de la OCDE: Chile*. Paris, France: OECD Publishing. Recuperado de https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/documentos-e-informes/informe-de-la-ocde-sobre-desarrollo-rural

ONE Cuba. (2006). *Asentamientos humanos urbanos y rurales concentrados* (p. 264). La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Estadísticas.

ONEI Cuba. (2018). *Asentamientos humanos concentrados de mil y más habitantes. Censos de 1907—2012. Un siglo de evolución. Edición Septiembre 2018*. La Habana, Cuba.

ONEMI Chile. (2016a). *Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018*. Santiago, Chile: Unidad de Gestión del Sistema Nacional de Protección Civil - División de Protección Civil ONEMI. Recuperado de https://siac.onemi.gov.cl/documentos/PLAN_ESTRATEGICO_BAJA.pdf

ONEMI Chile. (2016b). *Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018*. Santiago, Chile: Unidad de Gestión del Sistema Nacional de Protección Civil - División de Protección Civil ONEMI. Recuperado de http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/1710/POLITICA_NAC_2016_ESP.pdf?sequence=6

Riveros, V., Lara Molina, P., Kawanabe, E., Gómez, N., Calderón, R., Jara, C., … Calderón, M. (2018). Eventos naturales y desastres ambientales. En MMA Chile, *Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente* (pp. 131–153). Santiago, Chile. Recuperado de http://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/

Romero Aravena, H. & Molina, M. (2008). Relación espacial entre tipos de usos y coberturas de suelos e islas de calor en Santiago de Chile. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas 2007*, 223–230. Santiago de Chile; Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas.

Saa Vidal, R. & Donoso Zamorano, S. (2016). Capítulo 8. Asentamientos Humanos. En N. Gligo Viel (Ed.), *Informe País: Estado del medio ambiente en Chile. Comparación 1999-2015* (pp. 425–529; De UCH-INAP). Santiago, Chile. Recuperado de http://www.uchile.cl/publicaciones/129607/informe-pais-estado-del-medio-ambiente-en-chile-1999-2015

Saa Vidal, R. & Orozco, P. (2010). Capítulo 8. Asentamientos Humanos. En N. Gligo Viel (Ed.), *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2008* (pp. 397–443; De UCH-INAP). Santiago, Chile: Centro de Análisis de Políticas Públicas. Recuperado de http://www.uchile.cl/publicaciones/64137/informe-pais-estado-del-medio-ambiente-en-chile-2008

Saa Vidal, R., Ubilla Bravo, G., Johnson Amorrortu, B., Espíndola, L., Cuevas, R. & Vallejos, M. P. (2019). Capítulo 8. Asentamientos Humanos. En N. Gligo Viel (Ed.), *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018* (pp. 477–526; De UCH-INAP). Santiago, Chile: Centro de Análisis de Políticas Públicas. Recuperado de https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02418595

Saa Vidal, R. & Vallejos, M. P. (2013). Capítulo 8. Asentamientos Humanos. En UCH-INAP, *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2012* (pp. 467–546). Santiago, Chile.

Saavedra Rojas, D. (2007). *Análisis y evaluación de vulnerabilidad a amenazas naturales y socioeconómicas en la ciudad de Puerto Montt y sus áreas de expansión* (Memoria para obtención título Geógrafo, Universidad de Chile). Universidad de Chile, Santiago, Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101079

Sánchez Rodríguez, R. (2013). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Santiago, Chile: CEPAL. Recuperado de http://hdl.handle.net/11362/36622

Sanhueza Lepe, J. G. (2021). *Evaluación de riesgo frente a la amenaza volcánica, del complejo volcánico nevados de Chillán, comuna de Pinto* (Memoria para obtención título Geógrafo, Universidad de Concepción). Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Recuperado de http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/9557

Sarricolea Espinoza, P., Aliste Almuna, E., Castro, P. & Escobedo Catalán, C. E. (2008). Análisis de la máxima intensidad de la isla de calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos. *Revista de Climatología*, (8), 71–84.

Sarricolea, P. & Martín-Vide, J. (2013). La isla de calor urbana del área metropolitana de Santiago (AMS) de Chile a partir de diferencias térmicas de los observatorios de Talagante y Cerrillos. *Perspectiva Geográfica*, *18*(2), 239–256. https://doi.org/10.19053/01233769.2677

SERNAGEOMIN. (2017). *Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile* (p. 45). Santiago, Chile. Recuperado de https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/33168

Shee Smith, Á., Figueroa Cuadra, N., Hani, F., Bórquez, R., Sánchez, M., Galarce, A., … Vásquez, R. (2018). Cambio climático. En MMA Chile, *Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente* (pp. 131–153). Santiago, Chile.

Shee Smith, Á., Bórquez, R., Urmeneta, M. C., Jadrijevic, M., Ulloa, P., Mager, J., … Crespo, J. S. (2019). Cambio climático. En MMA Chile, *Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente* (pp. 129–151). Santiago, Chile.

Shee Smith, Á., Bórquez, R., Urmeneta, M. C., Jadrijevic, M., Ulloa, P., Mager, J., … Crespo, J. S. (2021). Cambio climático. En MMA Chile, *Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente* (pp. 266–288). Santiago, Chile.

Smith Guerra, P. & Henríquez Ruiz, C. (2021). Propuesta de un indicador para evaluar la calidad climática urbana: Estudio de caso en una ciudad media mediterránea chilena. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, *30*(1), 144–157. https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n1.79653

Smith, P. & Andrade, X. (2013). Distribución termal intraurbana en las ciudades de Santiago y Valparaíso. Análisis comparativo de sus factores explicativos. *Investigaciones Geográficas*, (46), 25–46. https://doi.org/10.5354/0719-5370.2013.30281

Smith, P. & Romero, H. (2016). Factores explicativos de la distribución espacial de la temperatura del aire de verano en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 45–62. https://doi.org/10.4067/S0718-34022016000100004

Therán Nieto, K. R., Rodríguez Potes, L., Mouthon Celedon, S. & Manjarres De León, J. (2019). Microclima y confort térmico. *Módulo Arquitectura CUC*, *23*, 49–88. https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.04

Ubilla Bravo, G. (2015). *Outils de régulation urbaine et dynamiques spatiales des zones périurbaines. Étude de cas : Buin, Melipilla et Talagante de la Région Métropolitaine de Santiago, Chili* (Mémoire de master 2 recherche, Université Paul-Valéry, Montpellier III). Université Paul-Valéry, Montpellier III, Montpellier, France. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2362.9843

Ubilla Bravo, G., Robles Vargas, R., González, D., Saud, V., Norambuena Vega, P., Sandoval Verdugo, G., … Torres, M. (2013). *Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago* (p. 107) [Informe de investigación]. Santiago, Chile: Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y Edáfica. https://doi.org/10.5281/zenodo.894504

Ubilla-Bravo, G. (2020a). *Gouvernance territoriale et politiques d'aménagement. Cas du périurbain au Chili, 1960-2015* (Thèse de doctorat, Université Paul-Valéry, Montpellier III). Université Paul-Valéry, Montpellier III, Montpellier, France. Recuperado de https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03094889/

Ubilla-Bravo, G. (2020b). Rururbanización, suburbanización y reconcentración de la tierra: Efectos espaciales de instrumentos rurales en las áreas periurbanas de Chile. *AGER. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, *28*, 75–106. https://doi.org/10.4422/ager.2019.07

Ubilla-Bravo, G. & Chia, E. (2021). Construcción del periurbano mediante instrumentos de regulación urbana: Caso de ciudades intermedias en la Región Metropolitana de Santiago-Chile. *Cuadernos Geográficos*, *60*(2), 275–296. https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i2.8701

Ubilla-Bravo, G. & Johnson-Amorrortu, B. (2019). *Cambio climático en los principales asentamientos humanos de Chile. Estado de la materia en 2019* (p. 40) [Informe de investigación]. Santiago, Chile: Universidad de Chile. https://doi.org/10.5281/zenodo.3385153

Vanier, M. (2000). Qu'est-ce que le tiers espace ? Territorialités complexes et construction politique. *Revue de géographie alpine*, *88*(1), 105–113. https://doi.org/10.3406/rga.2000.4626

Vanier, M. (2003). Le périurbain à l'heure du crapaud buffle: Tiers espace de la nature, nature du tiers espace. *Revue de géographie alpine*, *91*(4), 79–89. https://doi.org/10.3406/rga.2003.2264

Verón, G. (2010). *El medio urbano y rural. Argentina*.

Vilaró Caldera, R. A. (2017). *Vulnerabilidad urbana asociada a riesgos de desastres área central y pericentral de Puerto Montt* (Tesis de magister). Universidad de Chile, Santiago, Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/144205

While, A. & Whitehead, M. (2013). Cities, Urbanisation and Climate Change. *Urban Studies*, *50*(7), 1325–1331. https://doi.org/10.1177/0042098013480963

8.2 CALIDAD DE VIDA Y MEDIO AMBIENTE URBANO

24 Horas. (1 de febrero de 2021). *Valdivia para vivir y Santiago para estudiar: revisa las ciudades de Chile con mejor calidad de vida.* TVN. Recuperado de https://www.24horas.cl/nacional/para-vivir-trabajar-estudiar-y-visitar-cuales-son-las-mejores-ciudades-de-chile-4634251

Cámara Chilena de la Construcción. (2019). *Déficit habitacional: Un desafío pendiente.* Recuperado de https://cchc.cl/2019/deficit-habitacional

Centro de Estudios Socio territoriales. (2021a). *Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021. Informe ejecutivo.* TECHO. Recuperado de: https://ceschile.org/wp-content/uploads/2020/11/Informe%20Ejecutivo_Catastro%20Campamentos%202020-2021.pdf

Centro de Estudios Socio territoriales. (2021b). *Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021. Monitor de campamentos.* TECHO. Recuperado de: https://ceschile.org/catastro/

Centro de Estudios y Análisis del Delito. (s.f.). *Estadísticas Delictuales.* Recuperado de http://cead.spd.gov.cl/estadisticas-delictuales/

Consejo de Políticas de Infraestructura. (10 de mayo de 2019). *Calidad de vida urbana.* Recuperado de https://www.infraestructurapublica.cl/calidad-vida-urbana/

Corporación Ciudades. (2020). *Atlas de bienestar territorial.* Recuperado de http://corporacionciudades.cl/proyectos/atlas-de-bienestar-territorial/

De Ruyt, Felipe. (11 de abril de 2019). *Déficit habitacional* en Chile afecta a 2,2 millones de personas según estudio. La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/nacional/noticia/deficit-habitacional-22-millones-personas/609656/

Ferrer, Salvador. (14 de agosto de 2018). *Déficit habitacional en Chile: ¿La necesidad de construir nuevas viviendas?* Invitro, Instituto de la Vivienda de la Universidad de Chile. Recuperado de https://invi.uchilefau.cl/deficit-habitacional-en-chile-la-necesidad-de-construir-nuevas-viviendas/

Gálvez, Roberto. (23 de mayo de 2021). *Déficit habitacional afecta a 500 mil familias y gobierno aumentará en un 34% entrega de subsidios.* La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/nacional/noticia/deficit-habitacional-afecta-a-500-mil-familias-y-gobierno-aumentara-en-un-34-entrega-de-subsidios/XZFXMKVEBRGQNPVLXOFLNQGHCQ/

Hurtado, Javier. (7 de mayo de 2019). *Presentación ICVU 2019.* Cámara Chilena de la Construcción. Recuperado de https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/presentaci%C3%B3n_prensa_-_icvu_2019_-_07_mayo_2019_%28ok_-_2%29.pdf

Hurtado, Javier. (6 de julio de 2021). *Desafíos en el acceso a la vivienda y el entorno urbano.* Gerencia de Estudios, Cámara Chilena de la Construcción. Recuperado de https://cchc.cl/centro-de-informacion/publicaciones/publicaciones-otras-publicaciones/desafios-en-el-acceso-a-la-vivienda-y-el-entorno-urbano

Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f. a). *Calidad de vida urbana.* Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/condiciones-de-vida-y-cultura/calidad-de-vida-urbana

Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f. b). Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo U*rbano.* Recuperado de https://www.ine.cl/herramientas/portal-de-mapas/siedu/

Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). *Censo de población y vivienda 2017.* [Base de datos]. Recuperado de https://redatam-ine.ine.cl/redbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CENSO_2017&lang=esp

Instituto Nacional de Estadísticas. (2018). *Síntesis Censo 2017*. Recuperado de https://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas. (2018a). *"Estimaciones y Proyecciones 2002-2035 por comuna y área urbana y rural"*. Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion

Instituto Nacional de Estadísticas. (2018b). *"Estimaciones y Proyecciones 2002-2035 por región"*. Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion

Instituto Nacional de Estadísticas. (s.f.). *Estadísticas Policiales.* Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/seguridad-publica-y-justicia/estadisticas-policiales

Instituto Nacional de Estadísticas. (2018). *Informe Anual de Carabineros de Chile. Informe Estadístico, 2018.* Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/carabineros/publicaciones-y-anuarios/informes/informe-anual-carabineros-de-chile---2018.pdf?sfvrsn=7d7efade_2

Instituto Nacional de Estadísticas. (2019). *Estadísticas Policiales, 2019.* Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/estadisticas-policiales/publicaciones-y-anuarios/estadisticas-policiales/2019-informeanual-estad%C3%ADsticaspoliciales.pdf?sfvrsn=b82b340a_2

Ministerio de Desarrollo Social. (2021a). *Casen 2020 en Pandemia: Libro de Códigos Base de Datos.* Observatorio Social. Recuperado de: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2020/Libro_de_codigos_Base_de_Datos_Casen_en_Pandemia_2020.pdf

Ministerio de Desarrollo Social. (2021b). *Base de datos Casen 2020 en Pandemia.* Observatorio Social. Recuperado de: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen-en-pandemia-2020

Ministerio de Salud. (s.f.). *ENCAVI – Encuesta Nacional de Calidad de Vida y Salud.* Recuperado de http://epi.minsal.cl/encuesta-encavi/

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021a). *Catastro Nacional de Campamentos MINVU 2019. Mapa interactivo.* Recuperado de: https://storymaps.arcgis.com/stories/dfe1fe1afd334ec790f879e736a5af5e

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021b). *Catastro Nacional de Campamentos MINVU 2019. Resultados.* Recuperado de: https://www.minvu.gob.cl/catastro-de-campamentos/#/

Ministerio Secretaría General de Gobierno. (10 de junio de 2020). *Comenzó primer pago del Ingreso Familiar de Emergencia (IFE): ¿Cuál es el monto y cómo saber quiénes lo reciben?* Recuperado de https://msgg.gob.cl/wp/2020/06/10/comenzo-primer-pago-del-ingreso-familiar-de-emergencia-ife-cual-es-el-monto-y-como-saber-quienes-lo-reciben/

Observatorio Ecológico de Coronel. (s.f.), *Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU).* Recuperado de https://www.ecoronel.cl/atlas-ambiental-de-coronel/medio-humano/indice-de-calidad-de-vida-urbana/

Observatorio Social. (2020a). *Base de datos CASEN en Pandemia 2020.* Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile.

*O*bservatorio Social (2020a). *Nota técnica N° 2*. *Casen en Pandemia 2020. Medición de Ingresos y de Pobreza por Ingresos en Pandemia*. Subsecretaría de Evaluación Social. Recuperado de http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2020/Nota_tecnica2_Medicion_de_ingresos_y_de_pobreza_por_ingresos_en_pandemia.pdf

Observatorio Social. (2020b). *Resultados, estadísticas y bases de datos respecto a la encuesta "Casen 2020 en Pandemia".* Ministerio de Desarrollo Social. Recuperado de http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen-en-pandemia-2020

Observatorio Social (2020b). *Resultados Ingresos Casen en Pandemia 2020.* Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile. *O*bservatorio Social Recuperado de http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2020/Resultados_Pobreza_por_Ingresos_casen2020_en_pandemia.pdf

Observatorio Social. (2021). "*Medición de Pobreza por Ingresos".* Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile.

Orellana, Arturo; Altamirano, Héctor; Flores, Mónica y Truffello, Ricardo. (2021*). 10 años. Calidad de vida urbana*. Núcleo de Investigación sobre Gobernanza y Ordenamiento Territorial. Recuperado de https://estudiosurbanos.uc.cl/documento/indice-de-calidad-de-vida-urbana-icvu-2021/

Palacios, Pía; Silva, Gabriela y Vergara, Florencia. (26 de marzo de 2020). *Viviendas hacinadas y campamentos: dos rostros de la desigualdad frente al Covid-19.* CIPER Chile. Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2020/03/26/viviendas-hacinadas-y-campamentos-dos-rostros-de-la-desigualdad-frente-al-covid-19/

Salinas, Militza. (1 de septiembre de 2021). *Déficit habitacional en Chile. Situación de déficit habitacional cuantitativo en nuestro país.* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado de https://arcgiswebad.bcn.cl/portal/apps/storymaps/stories/a681e48a90684902aae6a2f35625acd3

San Juan, Patricia. (6 de julio de 2021). *Gremio de la construcción estima que se necesitan más de 30 años para resolver el déficit de las familias allegadas en el Gran Santiago.* La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/pulso/noticia/gremio-de-la-construccion-estima-que-se-necesitan-mas-de-30-anos-para-resolver-el-deficit-habitacional-de-las-familias-allegadas-en-el-gran-santiago/EE3SNRMU2BDPZLKEWXOG7YYIJU/

TECHO Chile. (2021). *Catastro Campamentos 2020-2021: Más de 81 mil familias viven en campamentos en Chile.* Recuperado de: *https://www.techo.org/chile/techo-al-dia/informate/catastro-campamentos-2020-2021-mas-de-81-mil-familias-viven-en-campamentos-en-chile/*

Servicio Jesuita a Migrantes, SJM (2021). *"Casen y Migración: Una caracterización de la pobreza, el trabajo y la seguridad social en la población migrante (Informe N°1)".* Santiago, Chile. Recuperado de https://www.migracionenchile.cl/publicaciones

Vicuña, Magdalena; Orellana, Arturo; Truffello, Ricardo y Moreno, Daniel. (2019). *Integración urbana y calidad de vida: disyuntivas en contextos metropolitanos.* Revista INVI vol. 34, N° 97. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-83582019000300017&lang=pt

8.3. Calidad Ambiental de los Asentamientos Humanos

Albagli Zaliasnik. (2022). *AZ Alert l Análisis de la Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*. Recuperado de https://www.az.cl/az-alert-l-analisis-de-la-ley-marco-para-la-gestion-de-residuos-la-responsabilidad-extendida-del-productor-y-fomento-al-reciclaje/

Cámara Chilena Norteamericana de Comercio. (19 de julio de 2012). *Gestión de Residuos en Chile.* Recuperado de https://www.amchamchile.cl/2012/07/gestion-de-residuos-en-chile/

Capuz-Rizo, Salvador y Pizarro, Jorge (2011). *Análisis de la gestión de los residuos domiciliarios en Chile. Tendencias y comparación con otros países.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/312550420_ANALISIS_DE_LA_GESTION_DE_LOS_RESIDUOS_DOMICILIARIOS_EN_CHILE_TENDENCIAS_Y_COMPARACION_CON_OTROS_PAISES

Castro, Claudia. (15 de julio de 2021). Lanzan herramientas de información para medir la calidad de vida rural. Instituto Nacional de Estadísticas. Recuperado de https://www.ine.cl/prensa/2021/07/15/lanzan-herramientas-de-informaci%C3%B3n-para-medir-la-calidad-de-vida-rural

Centro de Estudios Socio territoriales. (2021). *Catastro Nacional de Campamentos 2020-2021. Informe ejecutivo.* TECHO. Recuperado de: https://ceschile.org/wp-content/uploads/2020/11/Informe%20Ejecutivo_Catastro%20Campamentos%202020-2021.pdf

Cifelli, Rafaella. (20 de mayo de 2021). *Reciclaje de Chile en cifras: cada persona genera 1,19 kilos de residuos diarios y solo el 1% se recicla.* Codexverde. Recuperado de https://codexverde.cl/cada-chileno-produce-15-kilos-de-basura-al-dia-y-solo-el-10-recicla/

Comité APR El Vaticano. (s.f.). *Preguntas frecuentes.* Recuperado de https://www.aprelvaticano.cl/pagina-interior.php?id=48

Contreras, Esteban. (6 de marzo de 2019). *Agua segura y provisión mediante camiones aljibe.* El Quinto Poder. Recuperado de https://www.elquintopoder.cl/salud/agua-segura-y-provision-mediante-camiones-aljibe/

Corporación Ciudades. (2020a). *Atlas de bienestar territorial.* Recuperado de http://corporacionciudades.cl/proyectos/atlas-de-bienestar-territorial/

Corporación Ciudades. (2020b). *Atlas Gran Concepción.* Recuperado de http://corporacionciudades.cl/wp-content/uploads/2019/04/ATLAS-CONCEPCION.pdf

Corporación Ciudades. (2020c). *Atlas Gran Santiago.* Recuperado de http://corporacionciudades.cl/wp-content/uploads/2019/04/ATLAS-SANTIAGO.pdf

Corporación Ciudades. (2020d). *Atlas Gran Valparaíso.* Recuperado de http://corporacionciudades.cl/wp-content/uploads/2019/04/ATLAS-VALPARA%C3%8DSO.pdf

Dirección de Obras Hidráulicas. (2019a). Programa de Agua Potable Rural MOP. *Beneficiarios(as).* Recuperado de http://www.doh.cl/APR/AcercadeAPR/Paginas/Beneficiarios.aspx#

Dirección de Obras Hidráulicas. (2019b). *Tríptico de la historia del Programa de APR.* Recuperado de http://www.doh.cl/APR/Materiales/Triptico%20Historia%20APR%202019act.pdf

Esval. (s.f.). *Agua Potable.* Recuperado de https://portal.esval.cl/educacion/el-agua/agua-potable/

Generación M. (4 de septiembre de 2021). *Acceso a áreas verdes en zonas de la capital general aumento en las cotizaciones y ventas de departamentos.* Recuperado de https://www.elmostrador.cl/generacion-m/2021/09/04/acceso-a-areas-verdes-en-zonas-de-la-capital-generan-aumento-en-las-cotizaciones-y-ventas-de-departamentos/

Innocenti, Daniela; Valdivia, Mario; Truffello, Ricardo; Orrego, Jonathan y Mora, Pía. (2019). *Desafíos en la accesibilidad a áreas verdes en la ciudad y posibles vías de solución, en el marco de la ley de aportes.* Centro de Políticas Públicas UC. Recuperado de https://politicaspublicas.uc.cl/wp-content//uploads/2019/02/2019.03.04_REPORTE-DEL-ESTUDIO-%C3%81REAS-VERDES_final.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas. (2021). *Medio Ambiente. Informe Anual 2020.* Recuperado de https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2020-(versi%C3%B3n-actualizada-al-25-de-febrero-de-2021).pdf?sfvrsn=a6ddf6f1_2

Ley REP (s.f.). *Ley REP: ¿qué es?* Recuperado de https://www.leyrep.cl/que-es

Ministerio de Desarrollo Social. (2021). *Data Social. Caracterización Socioeconómica. Índice de acceso a servicios básicos.* Encuesta Casen y Encuesta Casen En Pandemia 2020, Subsecretaría de Evaluación Social. Recuperado de https://datasocial.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fichaIndicador/647/1

Ministerio de Obras Públicas. (1 de junio de 2020). *Aporte de Emergencia Operación Sistemas APR*. Recuperado de https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=198246&prmTipo=DOCUMENTO_COMISION

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Catastro Parques Urbanos 2017 – 2018.* Recuperado de https://minvu.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=7ba92d7ce3404f6aa8a0df86cca2bb0e

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (s.f.). *Parques Urbanos.* Recuperado de https://www.minvu.gob.cl/sobre-minvu/parques-minvu/

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). *Capítulo 9: Infraestructura verde urbana. Informe del Estado del Medioambiente.* Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado de https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/9-infraestructura-verde-urbana.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Capítulo 10: Residuos. Informe del Estado del Medioambiente.* Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado de https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/10-residuos.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2021a). *Capítulo 10: Residuos. Informe del Estado del Medioambiente.* Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado de https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/10-residuos.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2021b). *Ministerio del Medio Ambiente publica el Tercer Informe del Estado del Medio Ambiente.* Recuperado de https://mma.gob.cl/ministerio-del-medio-ambiente-publica-el-tercer-informe-del-estado-del-medio-ambiente/

Ministerio del Medio Ambiente. (2021c). *Resumen del Estado del Medio Ambiente para la Ciudadanía.* Recuperado de http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/32332/Resumen-Ejecutivo-IEMA2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Medio Ambiente (s.f.). *¿Qué es la ley REP?* Gobierno de Chile. Recuperado de https://economiacircular.mma.gob.cl/ley-rep/

Ministerio del Medio Ambiente (1 de junio de 2016). *Ley N° 20.920. Establece Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje.* Gobierno de Chile. Recuperado de https://www.bcn.cl/leychile/consulta/listado_n_sel?_grupo_aporte=&sub=501&agr=1020&comp

Ministerio del Medio Ambiente (16 de marzo de 2021). *Decreto N° 12. Establece Metas de Recolección y Valorización y otras obligaciones asociadas de Envases y Embalajes.* Gobierno de Chile. Recuperado de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1157019

Monasterio, Fernanda. (12 de septiembre de 2019). *La desigualdad del verde en Chile.* Recuperado de https://www.pauta.cl/calidad-de-vida/estadisticas-parques-espacios-verdes-ciudades-regiones-de-chile

Morales, David; Vicuña, Sebastián y Cid, Francisca. (2019). *Pobres de agua. Radiografía del agua rural de Chile: Visualización de un problema oculto.* Fundación Amulén y Centro de Derecho y Gestión del Agua UC. Recuperado de https://cambioglobal.uc.cl/proyectos/289-pobres-de-agua-radiografia-del-agua-rural-en-chile

Ojeda, Lautaro; Rodríguez, Juan Carlos; Mansilla, Pablo y Pino-Vásquez, Andrea. (2019). *El acceso al agua en asentamientos informales. El caso de Valparaíso, Chile.* Bitácora Urbano Territorial, 30 (1), pp. 151-165. Recuperado de https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n1.72205

Ossio, Felipe y Faúndez, Javier. (2021). *Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos (reporte nro. 1).* Santiago de Chile. DOI: 10.1787/b6bccb81-en. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/348443724_Diagnostico_Nacional_de_Sitios_de_Disposicion_Ilegal_de_Residuos

Palacios, Pía; Silva Gabriela y Vergara, Florencia. (2020). *Viviendas hacinadas y campamentos: dos rostros de la desigualdad frente al Covid-19.* CIPER Chile. Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2020/03/26/viviendas-hacinadas-y-campamentos-dos-rostros-de-la-desigualdad-frente-al-covid-19/

Parque Metropolitano de Santiago. (s.f.). *Nuestros parques.* Recuperado de https://www.parquemet.cl/parques-urbanos/nuestros-parques/

Pereda, Isidro (27 de octubre de 2021). *Ley REP: Se acaba el plazo.* Diario Financiero. Recuperado de https://www.df.cl/df-lab/sostenibilidad/df-lab-opinion-ley-rep-se-acaba-el-plazo#:~:text=El%2016%20de%20septiembre%20de,REP%20(Ley%20de%20Responsabilidad%20Extendida

Programa Reciclo Orgánicos (s.f.). *Ley REP entra en vigencia.* Recuperado de https://reciclorganicos.com/ley-rep-entra-en-vigencia/

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (2018). *Marco normativo e institucional aplicado al sector de residuos sólidos en Chile. Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y asimilables.* Gobierno de Chile. Recuperado de https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/2_marco_legal_agosto_2018.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.a). *Informe de Coberturas Sanitarias 2016.* Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-16607_recurso_1.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.b). *Informe de Coberturas Sanitarias 2017.* Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-17292_recurso_1.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.c). *Informe de Coberturas Sanitarias 2018.* Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-17587_recurso_1.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.d). *Informe de Coberturas Sanitarias 2019.* Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-17972_recurso_1.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.e). *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2020.* Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/articles-19431_recurso_1.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.f). *Informes sector sanitario.* Recuperado de https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6415.html

Todos Reciclamos (s.f.). *La responsabilidad extendida del productor.* Recuperado de https://www.todosreciclamos.cl/ley-rep#:~:text=La%20Ley%2020.920%20para%20la,y%20otro%20tipo%20de%20valorizaci%AC3%B3n.

Universidad Adolfo Ibáñez y Cámara Chilena de la Construcción. (2021). *Indicador de bienestar territorial.* Recuperado de https://bienestarterritorial.cl/

Valenzuela-Levi, Nicolás. (2019). *Factors influencing municipal recycling in the Global South: The case of Chile.* Resources, Conservation and Recycling, vol. 150. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919303362

Valenzuela-Levi, Nicolás. (9 de abril de 2021). *Reciclaje domiciliario en Chile: queremos, pero no nos dejan.* Ciper Chile. Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2021/04/09/reciclaje-domiciliario-en-chile-queremos-pero-no-nos-dejan/

Vásquez, Oscar. (2011). *Gestión de los residuos sólidos municipales en la ciudad del Gran Santiago de Chile: desafíos y oportunidades.* Rev. Int. Contaminación Ambiental, vol 27 n°4, Ciudad de México. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000400007

Toloza, Ismael. (21 de septiembre de 2021*). Concentración urbana, descentralización y calidad de vida en Chile.* Crítica Urbana. Recuperado de https://criticaurbana.com/concentracion-urbana-descentralizacion-y-calidad-de-vida-en-chile#:~:text=Chile%20no%20es%20la%20excepci%C3%B3n,%2C2%25%20en%20zonas%20rurales

8.4 Respuestas e Iniciativas para la Gestión Ambiental de los Asentamientos Humanos

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). Guía legal sobre: Elección democrática de gobernadores regionales. Recuperado de https://www.bcn.cl/leyfacil/recurso/eleccion-democratica-de-gobernadores-regionales

Biblioteca Nacional del Congreso (BCN). (9 de julio de 2019). Boletín N° 12.757-01. Proyecto de ley que modifica el decreto ley N° 3.516, sobre división de predios rústicos.

CEPAL. (s.f.). *Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT).* Plataforma Urbana y de Ciudades de América Latina y el Caribe. Recuperado de https://plataformaurbana.cepal.org/es/instrumentos/planificacion/plan-regional-de-ordenamiento-territorial-prot

CEPAL. (s.f.). *Política Nacional de Desarrollo Urbano.* Plataforma Urbana y de Ciudades de América Latina y el Caribe. Recuperado de https://plataformaurbana.cepal.org/es/pnu/politica-nacional-de-desarrollo-urbano

CIPER (12 de mayo de 2022). Parcelas de agrado: El agrado de pocos a costa de muchos. Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2022/05/12/parcelas-de-agrado-el-agrado-de-pocos-a-costa-de-muchos/

Diario Constitucional (1 de octubre de 2021). Proyecto de ley regula la división de predios con fines inmobiliarios. Recuperado de https://www.diarioconstitucional.cl/2021/10/01/proyecto-de-ley-regula-la-division-de-predios-con-fines-inmobiliarios/

Inzunza, Juan Andrés. (5 de julio de 2021). *Ejecutivo promulgó la Política Nacional de Ordenamiento Territorial tras consultoría de la DESE FADEU.* Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile Recuperado de http://fadeu.uc.cl/noticias/4717-ejecutivo-promulgo-la-politica-nacional-de-ordenamiento-territorial-tras-consultoria-de-la-dese-fadeu

Larraín, Clemente. (3 de diciembre de 2020). *Las políticas de suelo y la Ley de "Integración Social y Urbana".* CIPER Chile. Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2020/12/03/las-politicas-de-suelo-y-la-ley-de-integracion-social-y-urbana/

Ministerio de Agricultura (12 de julio de 2022). Oficio Ordinario N° 637.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2014). *Hacia una nueva política urbana para Chile. Política Nacional de Desarrollo Urbano.* Recuperado de https://cndu.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/L4-Politica-Nacional-Urbana.pdf

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (4 de marzo de 2014). *Decreto N° 78. Aprueba Política Nacional de Desarrollo Urbano y crea Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.* Recuperado de http://bcn.cl/2fx4n

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (5 de diciembre de 2018). *Decreto N° 49. Modifica Decreto Supremo N° 78, de 2013, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, revoca designación que indica y designa nuevos integrantes del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano. Política Nacional de Desarrollo Urbano y crea Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.* Recuperado de http://bcn.cl/2sn3d

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (22 de febrero de 2018). *Ley N° 21.073. Regula la elección de gobernadores regionales y realiza adecuaciones a diversos cuerpos legales*. Recuperado de http://bcn.cl/2fod0

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (5 de mayo de 2020). *Decreto N° 19. Aprueba Política Nacional de Desarrollo Rural.* Subsecretaría del Interior. Recuperado de http://bcn.cl/2f9ab

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (30 de septiembre de 2020). *Decreto N° 98. Aprueba reglamento que fija los estándares mínimos para el establecimiento de las áreas metropolitanas y establece normas para su constitución.* Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Recuperado de http://bcn.cl/2ldti

Ministerio del Interior y Seguridad Pública (5 de julio de 2021). *Decreto N° 469. Aprueba Política Nacional de Ordenamiento Territorial.* Subsecretaría del Interior. Recuperado de http://bcn.cl/2qco8

Ministerio del Medio Ambiente. (1 de junio de 2016). *Ley N° 20.920. Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.* Recuperado de http://bcn.cl/297lc

País Circular. (6 de julio de 2021). Tras más de tres años de tramitación gobierno promulga Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), clave para el desarrollo sostenible de las regiones. Recuperado de https://www.paiscircular.cl/ciudad/tras-mas-de-tres-anos-de-tramitacion-gobierno-promulga-politica-nacional-de-ordenamiento-territorial-pnot-clave-para-el-desarrollo-sostenible-de-las-regiones/

Senado (11 de febrero de 2022). Comisión de Agricultura. Parcelas de agrado: ¿uso habitacional o suelo agrícola?. Recuperado de https://www.senado.cl/parcelas-de-agrado-uso-habitacional-en-suelo-agricola

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Circular 475, 2022.

8.6. ANEXOS

8.6.1. Anexo 8.1: Ciudades con Crecimiento Medio Bajo 2017 al 2021

Ciudad	Población 2017	Tasa de crecimiento	Población 2021
Calera	47072	6%	49755
Nogales	8889	6%	9350
El Melón	9808	6%	10317
San Antonio	86239	6%	91255
Algarrobo	9062	6%	9812
Mirasol- El Yeco	1818	6%	1968
El Tabo	6982	6%	7573
Las Cruces	5490	6%	5955
Santo Domingo	6147	6%	6501
San Felipe	64120	6%	69349
Llaillay	17934	6%	18987
Santa María	7671	6%	8058
Villa Los Almendros	423	6%	444
Limache	39002	6%	41838
Olmué	11996	6%	12865
Rancagua	231370	6%	253171
Coltauco	5461	6%	5738
Doñihue	48	6%	50
Doñihue	7401	6%	7927
Lo Miranda	9000	6%	9640
Graneros	28679	6%	31125
San Francisco de Mostazal	12719	6%	13636
La Punta	6990	6%	7494
Gultro	5423	6%	5706
Rengo	37721	6%	40235
Requínoa	10539	7%	11094
Los Lirios	4569	7%	4810
Pichilemu	12776	7%	13742
San Fernando	58367	7%	61775
Santa Cruz	22681	7%	23885
Talca	206069	7%	220953
Constitución	34022	7%	36427
Cauquenes	32135	7%	34402
Curicó	125275	7%	136441
Molina	37189	7%	39846
Linares	73602	7%	78573
Parral	30767	7%	32394
San Javier	29017	7%	30863
Concepción	217537	7%	231011
Coronel	112057	7%	121058
Chiguayante	85633	7%	90777
Hualqui	19643	7%	20943
Penco	46718	7%	49132
Santa Juana	9549	7%	10030
Tomé	42312	7%	44857
Hualpén	90704	7%	96017
Lebu	20961	7%	22102
Los Álamos	15244	7%	16210
Los Ángeles	143023	7%	151614
Cabrero	14978	7%	15810
Monte Águila	6574	7%	6939
Nacimiento	22857	7%	24048
Huépil	7780	7%	8268
Temuco	235509	7%	251674
Labranza	24008	8%	25656

Lautaro	24280	8%	25577
Vilcún	6416	8%	6765
Cajón	5673	8%	5982
Puerto Montt	169736	8%	184596
Alerce	42267	8%	45967
Frutillar	12876	8%	13746
Puerto Varas	26172	8%	27994
Castro	33417	8%	35653
Ancud	28162	8%	29845
Quellón	17552	8%	18465
Osorno	147666	8%	157603
Coyhaique	49667	8%	52234
Punta Arenas	123403	8%	132980
Porvenir	5992	8%	6438
Puerto Natales	19023	8%	20837
Tiltil	5549	9%	5975
Bajos de San Agustín	7802	9%	8245
Paine	31317	9%	34088
Hospital	6122	9%	6664
Melipilla	72212	9%	79148
Bollenar	5308	9%	5818
Curacaví	18686	9%	20079
Talagante	56878	9%	61619
El Monte	29998	9%	32899
Isla de Maipo	14176	10%	15361
La Islita	11431	10%	12386
Valdivia	150048	10%	159574
Chillán	164270	10%	175815
Chillán Viejo	27359	10%	29766
Mejillones	12784	10%	14163
Calama	157575	10%	179095
Tocopilla	24521	10%	27095
Copiapó	150804	10%	167292
La Serena	195382	10%	218654
Capital regional			
Capital provincial			

Fuente: INE, Censo 2017, proyecciones de población 2021.

8.6.2. Anexos 8.2: Ciudades con Crecimiento bajo 2017 al 2021

Ciudades con crecimiento bajo (1 al % %)			
Ciudad	**Población 2017**	**Tasa de crecimiento**	**Población 2021**
Tierra Amarilla	9857	1%	10030
Diego de Almagro	7223	1%	7384
El Salvador	6032	2%	6166
Vicuña	15872	2%	16591
Illapel	20751	2%	21634
Salamanca	13520	2%	13523
Combarbalá	5915	2%	6024
Monte Patria	6533	2%	6718
El Palqui	6175	2%	6350
Los Andes	59388	2%	60733
La Ligua	19127	2%	20078
Cabildo	10909	2%	11348
Hijuelas	9418	2%	9811
Catemu	7772	2%	8157
Putaendo	6722	2%	6876
Codegua	6659	2%	6977
Las Cabras	7766	2%	8033
Peumo	8522	2%	8843
Punta Diamante	306	2%	318
Pichidegua	5604	2%	5749
Quinta de Tilcoco	7223	2%	7510
San Vicente de Taguatagua	20827	2%	21817
Chépica	6146	2%	6359
Chimbarongo	16813	2%	17463
Nancagua	8774	2%	9200
Peralillo	5304	2%	5555
San Clemente	20350	3%	21109
Hualañé	5740	3%	5932
Rauco	5520	3%	5750
Romeral	6480	3%	6681
Teno	9508	3%	9731
Colbún	6928	3%	7199
Longaví	7098	3%	7262
Retiro	5498	3%	5610
Villa Alegre	8159	3%	8555
Lota	43272	3%	45292
Talcahuano	147831	3%	153933
Arauco	17597	3%	18456
Laraquete	5014	3%	5259
Cañete	19398	3%	20165
Curanilahue	30139	3%	31495
La Laja	16089	3%	16824
Mulchén	24113	3%	25031
San Rosendo	2858	3%	2982
Santa Bárbara	7943	3%	8211
Yumbel	9751	3%	10004
Carahue	11325	4%	11558
Cunco	7166	4%	7274
Freire	5443	4%	5502
Gorbea	8592	4%	8881
Loncoche	15303	4%	15804
Nueva Imperial	18751	4%	19197
Padre Las Casas	42020	4%	44100
Pitrufquén	16516	4%	17106
Pucón	17538	4%	18112
Villarrica	31780	4%	33210
Angol	48608	4%	51008
Collipulli	16175	4%	16943
Curacautín	12679	4%	13081
Purén	7524	4%	7677

Renaico	6516	4%	6825
Traiguén	14257	4%	14522
Victoria	24773	4%	25448
Calbuco	15903	4%	16512
Fresia	7328	4%	7459
Los Muermos	7928	4%	8089
Llanquihue	12945	4%	13563
Chonchi	5632	4%	5798
Dalcahue	7120	4%	7468
Purranque	12614	4%	12907
Río Negro	6978	4%	7013
Puerto Aysén	17441	4%	18105
Cochrane	2789	4%	2920
Chile Chico	3129	5%	3237
San José de Maipo	6230	5%	6378
Lanco	8521	5%	8857
Los Lagos	9746	5%	9958
San José de la Mariquina	9767	5%	10192
Paillaco	11296	5%	11517
Panguipulli	11091	5%	11299
La Unión	26517	5%	27248
Futrono	7095	5%	7247
Río Bueno	16909	5%	17352
Bulnes	11072	5%	11431
Quillón	10279	5%	10745
Yungay	10884	5%	11269
Quirihue	9432	5%	9823
Coelemu	10297	5%	10679
San Carlos	32529	5%	33784
Coihueco	9089	5%	9271
Pozo Almonte	9277	5%	9992
Caldera	15547	5%	16928
Chañaral	11073	5%	11783
Vallenar	45298	5%	49022
Huasco	7071	5%	7739
Andacollo	9989	5%	10582
Los Vilos	13816	5%	14883
Ovalle	75864	5%	81220
Punitaqui	5700	5%	6026
Valparaíso	251177	5%	267571
Placilla de Peñuelas	39344	5%	41912
Casablanca	17948	5%	19042
Concón	39345	5%	42804
Puchuncaví	5271	5%	5679
Las Ventanas	8314	5%	8957
Viña del Mar	332875	5%	360479
Hanga Roa	7163	5%	7720
Calle Larga	9653	5%	10470
Rinconada	8036	5%	8736
San Esteban	10293	5%	10914
Quillota	73261	5%	78435

Capital regional

Capital provincial

Fuente: INE Censo de 2017 y proyecciones al 2021.


FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: ENERGÍA



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural: ENERGÍA

Autor:
José Leal Rodríguez

Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP),
Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 9. ENERGÍA
José Leal, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **5**

AGRADECIMIENTOS **7**

9. ENERGÍA **9**

9.1. RESUMEN *9*

9.2. INTRODUCCIÓN *11*

9.3. MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL *15*

9.3.1. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES 17

ENERGÍA SOLAR *21*

9.4.1. Iniciativas Privadas (proyectos) 23

9.4.2. Proyectos en Funcionamiento 23

9.4.3. Proyectos en construcción 24

9.4.4. Marco internacional 25

9.4.5. Dimensión territorial 26

9.5. ENERGÍA EÓLICA *26*

9.5.1. Parques de Energía Eólica en desarrollo en el país 27

9.5.2. Principales nuevos proyectos de Energía Eólica en el país 28

9.5.3. Regulaciones relacionadas al desarrollo de proyectos de Energía Eólica 29

9.6. HIDRÓGENO VERDE *35*

9.6.1. La propuesta gubernamental 37

9.6.2. Proyectos 38

9.6.3. Visión internacional 39

9.6.4. La realidad de la disponibilidad de energía verde 41

9.7. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES DE USO MENOR *44*

9.7.1. Geotermia 44

9.7.2. Energía olamotriz (undimotriz) 45

9.7.3. Energía mareomotriz 46

9.8. ENERGÍAS RENOVABLES CONVENCIONALES (ERC) *46*

9.9. ENERGÍAS FÓSILES *47*

9.10. EL CAMINO HACIA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA SUSTENTABLE *48*

9.11. Conclusiones generales *49*

9.12. BIBLIOGRAFÍA *51*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

A Alfredo Muñoz, Daslav Ursic, Paz Araya, Carla Lanyon, Sebastián Alvarez, José Leal.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

9. ENERGÍA

Autor: José Leal[1].

9.1. RESUMEN

En este capítulo se busca caracterizar la problemática energética-ambiental sobre la base de los siguientes aspectos: la matriz energética nacional, que nos da la composición de las fuentes de energía que estamos utilizando y por lo tanto los efectos ambientales que de ellas pueden esperarse; la presencia de las energías renovables no convencionales (ENRC), una tendencia mundial promovida por Estados Unidos y los países de la Unión Europea para ser privilegiada en la lucha contra el cambio climático, en especial la energía solar directa y la energía eólica, aunque hay otras; la producción de hidrógeno verde como combustible alternativo, a ser derivado por medio de ERNC; las energías renovables convencionales (ERC), en concreto la biomasa (madera y desechos orgánicos) y la energía hidráulica; y las energías fósiles (petróleo, gas natural, carbón).

De este compleja y cambiante matriz resulta una componente del estado del medio ambiente; y debe salir una política energética que permita, por un lado, responder a las necesidades energética del país, su población y sus sectores productivos, a la vez contribuir a la sustentabilidad ambiental.

Respecto de la **matriz energética nacional**, la información disponible al 2021 nos muestra que las ERNC (solar y eólica) aportan en la actualidad con un 3% de la matriz energética primaria; las ERC aportan un 23% con la combustión de biomasa y un 5% con la hidroelectricidad; la energía fósil es un 68% (petróleo crudo 30%, carbón 22%, gas natural 16%). Respecto del sistema eléctrico nacional: la mitad son renovables y la mitad fósiles.

Un alcance respecto de las **ERNC**. Ha habido modestos avances, de ser menos de 1% en 2017 al 3% actual de la matriz energética primaria. El gobierno anterior anunció inversiones significativas en los rubros energía solar y eólica, pero no es posible verificar aun si van a concretarse por la coyuntura política actual, nacional. También porque la guerra Rusia-Ucrania ha significado un retroceso del tema en los países europeos, que han debido reactivar el uso del carbón como fuente energética. Rusia ha formulado con crudeza sus dudas respecto del cambio climático y el esfuerzo interesado por impulsar las ERNC, dentro de su lucha comunicacional con Estados Unidos y la UE.

[1] Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

El gobierno de Estados Unidos ha anunciado programas de incentivo a las ERNC, lo que tendría un potencial efecto positivo en Chile. Sin embargo, se está produciendo un problema coyuntural en Chile de insolvencia de empresas dedicadas a las ERNC, así como exigencias de parte de las nuevas autoridades ambientales, que han formulado objeciones a ciertos proyectos regionales por sus impactos, en particular en el rubro energía eólica.

En cualquier caso, están apareciendo nuevas propuestas que hacen vislumbrar un panorama futuro más expectante. Es una situación de inestabilidad que hace que sea difícil prever cuál va a ser la realidad de este esfuerzo de búsqueda de alternativas energéticas más limpias, por encima de los deseos o consignas.

En relación a las **ERC**, la biomasa tiene un déficit importante en materia de sustentabilidad, su uso en calefacción ha expandido el problema de contaminación urbana a otras ciudades del país, por lo que se le ha cuestionado. En este marco, está vigente la preocupación por bosques y matorrales, que pueden ser afectados por el abuso en la utilización de biomasa para la producción de pellets, por ejemplo. En todo caso, hay otras formas sustentables de aprovechar la biomasa remanente (cogeneración); de todos modos, sigue siendo el enemigo principal de la calidad ambiental en muchas ciudades del sur de Chile.

La **gran hidroeléctrica**, por su parte, tiene impactos ambientales mayores, está descartada en muchos países por el momento. Es larga la lista de proyectos que en Chile han sido desechados por estas razones fundamentales, aunque también ha tenido influencia la lucha por los mercados entre los productores y distribuidores de energía. La pequeña hidroeléctrica por sus menores impactos, es una opción de ERC.

Entrando a las **fuentes de energía fósiles**, fundamentalmente petróleo, gas natural y carbón, es en ellas donde se dan los mayores impactos ambientales (contaminación del aire). Además, contribuyen al calentamiento global y el cambio climático. Pues son y han sido materia principal de la política ambiental tradicional para mitigar la contaminación, desde sus inicios. Su disminución contribuye a aminorar la "huella de carbono", indicador de sustentabilidad ligada al calentamiento global, que se ha transformado en un *"trending topic"* en el medio empresarial.

En relación a la **eficiencia energética**, se trata de una política pública de larga data, que es compartida por los sectores privados debido a sus implicancias financieras, sobre todo. Tiene por ahora aplicación limitada como estrategia gubernamental: luminarias, algunos equipos electrónicos y transporte. Sin embargo, tiene potencial para ampliarse en la medida que se vaya pasando a

fuentes de energía menos degradantes del medio ambiente. Los instrumentos de fomento y los acuerdos de PL (sectoriales, regionales) pueden jugar un rol.

En este marco, **las orientaciones de la política energética sustentable** podrían ser: buscar formas de introducir mayor presencia de ERNC (solar, eólica, otras); hacer más sustentables las ERC (renovables convencionales): biomasa + hidráulica; reducir el uso de energía fósil (petróleo y derivados + carbón), tanto por sus impactos ambientales como por su contribución al calentamiento global (cambio climático); y, por último, promover la eficiencia energética en los sectores productivos y la población. Por el momento no se vislumbra espacio para grandes transformaciones en el corto plazo, que requieren de mucho tiempo de maduración y las correspondientes inversiones. Todo esto debe ser visto buscando coherencia con la Agenda de Energía 2022-26.

Este capítulo del Informe País da noticia de la continuidad que ha tenido el desarrollo del tema, con algunos atisbos favorables en materia de ERNC, pero las condiciones vigentes de la crisis mundial –sobre todo sanitaria, financiera y energética– hacen que, por una parte, el monitoreo del contexto global sea clave al momento de impulsar políticas; y por otro no olvidar que tanto la producción como la distribución de energía en Chile están en manos privadas, un sector altamente competitivo.

9.2. INTRODUCCIÓN

La cuestión energética, además del aspecto estratégico que significa para cada país, es una materia de la más alta relevancia cuando se trata del tema de la calidad ambiental. Esto tanto por los impactos ambientales que hay detrás de las opciones energéticas que cada país adopta, así como por las conexiones más allá de las fronteras que subyacen tras el perfil energético del país. Es algo que condiciona a un país más de lo que se conoce, sobre todo cuando hay dependencia de las importaciones. Por otro lado, no hay correspondencia regional en América Latina, el perfil energético de cada país es propio, no existe una forma idéntica de afrontar el tema energético. Y las consecuencias para el medio ambiente son también dispares.

El tema energético constituye entonces uno de los más relevantes al momento de plantearse un modelo de desarrollo que conduzca a una mayor sustentabilidad ambiental del país. Fundamentalmente, porque la opción al utilizar la energía necesaria para el crecimiento económico y la mejora del bienestar social, a través de los procesos productivos relevantes, no es ajena a los efectos sobre el medio

ambiente en un estadio preciso del desarrollo. Como ha sido en la historia de la humanidad, y lo sigue siendo hasta el presente, las variantes energéticas elegidas, o adoptadas, por un país, territorio o continente, descontados los eventos naturales imponderables, son una causa principal de un medio ambiente de mayor o menor calidad.

El uso intensivo de la biomasa boscosa para uso energéticos ha transformado territorios alguna vez fértiles en verdaderos desiertos, en conformidad de degradar los suelos y las cuencas hidrográficas. El uso masivo de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, ha generado una contaminación atmosférica global que ha obligado a costosas acciones paliativas, que nunca terminan por llegar a resultados satisfactorios. Esto en términos de provocar daños a la ecología en torno a los yacimientos y el trayecto de los gasoductos, y en la salud en los hogares. La energía nuclear por su parte, no ha logrado tampoco deshacerse del fantasma de los accidentes, y la energía hidroeléctrica sigue siendo un tabú en muchas regiones por sus daños ambientales, poblacionales y culturales.

Los datos que siguen muestran la situación de la energía primaria en Chile, o sea aquella que entra directamente a la matriz energética, desde la naturaleza (el medio ambiente), para ser transformada en energía útil en los procesos productivos, el desarrollo y el bienestar social.

Según cifras de septiembre 2021, provenientes del Ministerio de Energía, las energías renovables no convencionales (ERNC: solar directa y eólica) aportan un 3% de la matriz energética primaria. Las energías renovables convencionales (ERC: biomasa e hidroelectricidad), contribuyen con un 23% y un 5% respectivamente. Las energías fósiles constituyen el 68% (petróleo crudo 30%, carbón 22%, gas natural 16%) (García, 2021).

Respecto de la energía destinada a la generación de electricidad, más o menos la mitad corresponde a renovables (ERNC y ERC) y la otra mitad a fósiles. Siendo opciones competitivas, en muchos casos hay un tema de precios relativos que condiciona su participación relativa en el mercado. Ha habido importantes variaciones recientes en este rubro que se señalan más adelante.

Cada una de estas fuentes tiene impactos ambientales diferentes a nivel nacional, e implicancias internacionales si consideramos el tema del calentamiento global (cambio climático, o crisis climática como se le llamó en la propuesta de

constitución). De allí que los cambios en este perfil energético pueden significar rumbos importantes en el futuro del medio ambiente en el país. ¿Qué se debe hacer?

Cabe señalar que una de las propuestas en la nueva constitución (PNC) releva la educación púbica como eje de su concepto educacional, sin mención de las potenciales iniciativas privadas tradicionales. Dentro de sus principios señala: "El Estado garantiza una educación ambiental que fortalezca la preservación, la conservación y los cuidados requeridos respecto al medioambiente y la naturaleza, y que permita formar conciencia ecológica" (Art. 39 de la PNC, 2002).

Sin duda es un elemento importante, que se podría transformar en un precepto constitucional que no debería ser soslayado por las autoridades públicas educacionales (y los prestadores privados, de existir) para no abandonar la educación ambiental, que tuvo algún auge en los primeros gobiernos democráticos y después perdió momento. Esto debe incluir la temática de la energía, que como se ha dicho tiene implicancias ambientales diferenciadas.

Al respecto y más específicamente se planteaba en el PNC: "El Estado regula y fomenta una matriz energética distribuida, descentralizada y diversificada, basada en energías renovables y de bajo impacto ambiental" (Art. 59, inciso 3 de la PNC, 2022). Claramente aquí se formula una opción que es radicalmente diferente de la que ha sido la evolución inducida de la matriz energética nacional. Una revisión histórica muestra una débil tendencia a ampliar la oferta de ERNC, aunque existen a la fecha importantes iniciativas de inversión [privada] en el tema, sobre todo heredadas del gobierno anterior y motivadas por un contexto internacional favorable. Las ERC, sobre todo la biomasa por sus efectos contaminantes, y también la hidroeléctrica, (que tocaría intereses territoriales indígenas), deberían mejorar su comportamiento en el tema para lograr un "bajo impacto ambiental".

Respecto de las energías fósiles, consideradas en general sucias, contaminantes y responsables del calentamiento global, no parecían tener mención directa en el PNC. Esto a pesar del peso que tienen en la matriz energética nacional. En todo caso, han ido perdiendo algún espacio (muchas inversiones sobre todo en carbón han sido rechazadas), pero siguen siendo altamente mayoritarias, en parte en desmedro de la hidroeléctrica (varios proyectos importantes fueron desechados en décadas anteriores, sobre todo en Aysén y Magallanes). Como dato de la causa, las energías fósiles siguen siendo centrales en la política energética. Por

ejemplo, dos iniciativas importantes del actual gobierno tienen a las energías fósiles como protagonistas: la producción de parafina (kerosene) a bajo precio por parte de la empresa estatal (ENAP), con fines sociales; y los acuerdos con Argentina para retomar la distribución en Chile de gas natural transandino. Cabe recordar que el gas natural licuado sigue siendo importante para ciertos sectores productivos que lo utilizan en sus procesos desde que la normativa de emisiones les hizo cambiar su perfil energético.

El PNC planteaba, por otra parte, un elemento estratégico en materia de energía que no puede ser desestimado: "La infraestructura energética es de interés público" (Art. 59, inciso 4 de la PNC, 2022). Es necesario avanzar en el significado específico de esta proposición, que seguramente debería ser materia de leyes y reglamentos. Sin embargo, es importante señalar que hoy en día la producción y distribución de energía está en manos privadas, y por ende, lo están las instalaciones e inversiones para apoyar esos procesos. Hay aquí un cambio radical que debería ser tenido en cuenta, al menos por dos razones: la necesidad de darle continuidad a la operación de la energía en el país, para el proceso de desarrollo; y la capacidad de lobby del poderoso sector empresarial privado en el rubro energía, que puede encontrar maneras de asimilar un precepto constitucional de este cariz. El concepto "interés público" es de interpretación diversa y no significa necesariamente el paso a una propiedad estatal de la infraestructura energética.

Finalmente, el PNC expresaba: "El Estado fomenta y protege las empresas cooperativas de energía y el autoconsumo" (Art. 59, inciso 5 de la PNC, 2022). Un formato importante a desarrollar, por cuanto refuerza el esfuerzo de impulsar las ERNC, que tiene una expresión sobre todo a nivel local. Por ejemplo, el fervor con que se habla del Hidrógeno Verde, que se produciría a partir de ERNC. Esto significa cantidades ingentes de generación de energía limpia, lo que va a depender de su disponibilidad. Así es el caso de Magallanes, donde se necesita un espacio territorial significativo para instalar las granjas eólicas (descartada la solar en esa región), materia también de inversiones (compra de terrenos, instalaciones, tecnología, etc.). Esto sin contar el uso futuro del Hidrógeno Verde (un insumo, no un producto final), que puede estar destinado a actividades productivas no necesariamente compatibles con la sustentabilidad global, como es el caso del diésel para maquinarias y el amoníaco como insumo de la industria química.

Vale anotar que hay que tener en cuenta otro precepto que señalaba el PNC: “Son bienes comunes naturales el mar territorial y su fondo marino; las playas; las aguas, glaciares y humedales; los campos geotérmicos; el aire y la atmósfera; la alta montaña, las áreas protegidas y los bosques nativos; el subsuelo, y los demás que declaren la Constitución y la ley” (Art. 134, inciso 2 de la PNC, 2022). La energía está en todas las componentes del medio ambiente señaladas allí.

Aun cuando la ciudadanía rechazó en forma categórica el PNC, por diversas razones no necesariamente complementarias, en estas materias hay elementos rescatables ya que el planeta, y por lo tanto nuestro país, debe transitar hacia una reformulación energética; ésta tendrá avances y retrocesos durante las próximas décadas, pero la amenaza de un colapso ambiental por causa del cambio climático (calentamiento global en algunas regiones, enfriamiento global en otras) llamará sin duda a acciones, de carácter global. Todo esto conforma el estado del medio amiente en la actualidad, donde el tema la energía juaga un rol fundamental.

9.3. MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

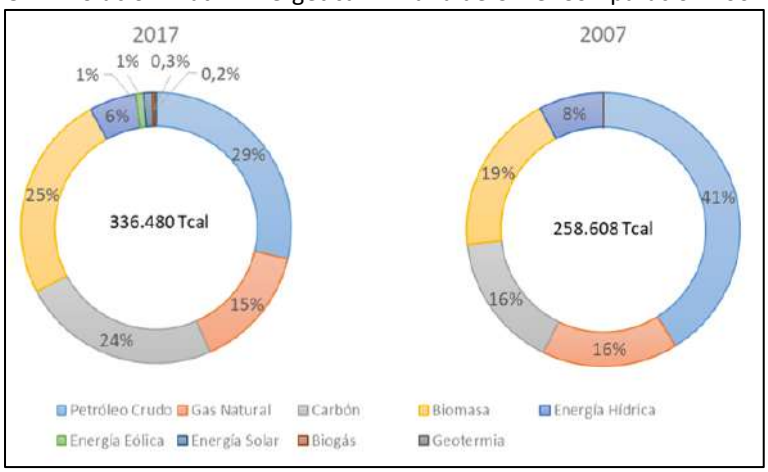
Como se ha señalado, la matriz energética primaria de Chile se componía al 2021 de 68% de combustibles fósiles: petróleo crudo (30%), carbón (22%) y en menor medida gas natural (16%). A estos le sigue el uso de biomasa en un 23%, lo que responde a la presencia del uso de leña en calefacción residencial y de subproductos orgánicos de procesos industriales como combustible para autogeneración eléctrica. Finalmente, se encuentran fuentes renovables como lo son la hidroeléctrica (5%), eólica y solar (3%), y en menor medida el biogás y la energía geotérmica (ambas menores al 1%).

Las cifras difieren según las fuentes, es un mercado sumamente competitivo: “La matriz eléctrica tiene al carbón como su fuente primaria con un 41% del total, seguido por la biomasa (26%), el gas natural (15%), energía hídrica (11%) y la energía eólica y solar, ambos con un 3% “(Energía Abierta, 2021).

Esto se debe a su disponibilidad relativa en los mercados y un relativamente bajo costo del cuestionado carbón como combustible para producción de energía eléctrica, procesos industriales, transporte y calefacción residencial. O sea que las fuentes de energía no convencionales (ERNC), han subido del 1% de la matriz energética en 2017, según los datos del Informe País 2019, al 3% en 2021. En

general hay coincidencia en esta cifra de baja presencia de las ERNC (**Ver Figura 9.1**).

Figura 9.1. Evolución Matriz Energética Primaria de Chile. Comparación 2007-2017.



Fuente: Centro de Análisis de Políticas Públicas, 2018.

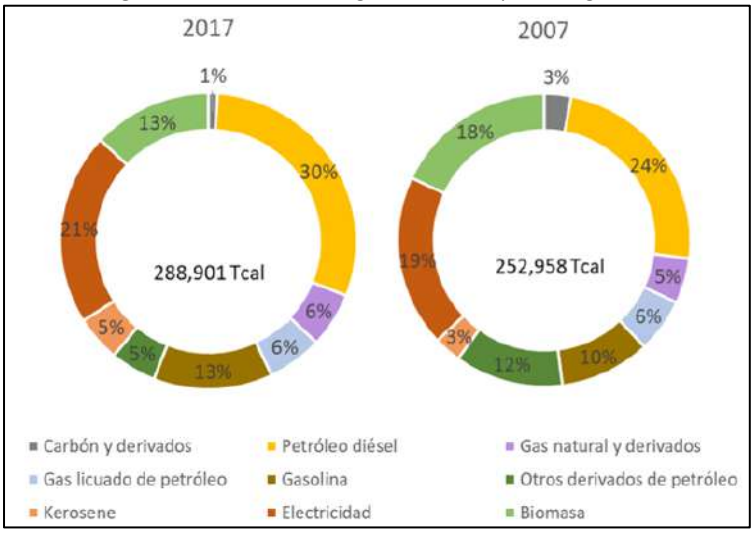
Para visualizar la evolución de la base de sustentación de la energía en Chile, de acuerdo al Anuario Estadístico 2019 de la Comisión Nacional de Energía, la composición de la matriz primaria energética del país elevó la contribución de las ERNC desde 2016 a poco más de 2% al 2018. Se esperaba algún aumento a la fecha según el Ministerio de Energía, dadas las nuevas inversiones, aunque aún no se manifiestan ni se evalúa el efecto pandemia. De modo que por el momento es una contribución bastante magra con el 3% señalado. Según el Ministerio de Energía (2021), una importante cantidad de proyectos, previstos en funcionamiento al 2022, ampliarían notablemente la disponibilidad de fuentes renovables.

El Informe País 2018 señalaba que la matriz energética secundaria, aquella que muestra la participación de cada energético en el consumo final de energía, cobrando relevancia los derivados del petróleo y la electricidad, utilizados para el desarrollo de todo tipo de actividades industriales tanto como para la vida cotidiana en ciudades y pueblos ya sea en iluminación, calefacción, transporte, etc., se ha mantenido relativamente estable.

En términos de composición, como se puede observar en la **Figura 9.2**, la matriz energética secundaria de Chile en el año 2017 se compone principalmente de la producción de petróleo Diésel (30%) seguido de electricidad (21%), luego gasolina y biomasa (ambas con un 13%). A estos le siguen una variedad de energéticos en menor cantidad, estos son: gas natural (6%), gas licuado de petróleo (6%),

kerosene (5%), otros derivados del petróleo (5%) y finalmente carbón y derivados (1%).

Figura 9.2. Consumo energía secundaria por energético.



Fuente: CNE, Anuario estadístico de energía 2018.

9.3.1. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

Como se señaló, las ERNC aportan (informe septiembre 2021) un 3% de la matriz energética primaria. La biomasa 23% e hidroelectricidad 5%. Las fuentes fósiles 68% (Petróleo crudo 30%, Carbón 22%, gas natural 16%). La capacidad sistema eléctrico es más o menos mitad y mitad renovables y fósiles (García, 2021a).

En cuanto al consumo final, según el Anuario Estadístico de Energía 2018, la demanda presenta una preponderancia del sector industrial y minero con una participación del 39%, seguida del transporte con un 36%, mientras que los sectores comercial, público y residencial, en su conjunto, demandan un 22% de la oferta de energía. La composición del consumo final de energía ha presentado pocas variaciones en los últimos quince años.

No obstante, se constata una tendencia al desarrollo de proyectos de ERNC, principalmente solar fotovoltaica, en las regiones del norte, centro y centro sur del país. La energía eólica está representada por diez proyectos: cuatro en la Región del Bío Bío, tres en las regiones de Los Lagos, Araucanía y Magallanes y dos de mayor potencia en la Región de Atacama. En cuanto a de proyectos hidroeléctricos, había dieciocho declarados en construcción en la zona centro y sur del país en el Informe País 2018. Frente a esto, según el informe señalado, había una docena de proyectos con fuente energética petróleo que se distribuyen

a lo largo del país, concentrándose los de mayor tamaño en la región de Atacama y Coquimbo.

Actualizando, un total de **166 proyectos ERNC se encuentran en construcción en el país, al iniciarse 2022**, sumando 4.473 MW de capacidad instalada a incorporar en el Sistema Eléctrico Nacional, que entrarían en operación a diciembre de 2023, según indica el reporte sectorial de la Comisión Nacional de Energía (CNE). De este total, un 80% de las iniciativas son centrales solares fotovoltaicas, que acumulan 3.572 MW, seguida de 15% de parques eólicos (696 MW), minicentrales hidroeléctricas (166 MW) y biomasa (166 MW) (ACERA, 2022). Claramente una evolución impresionante en materia de ERNC.

Los impactos ambientales asociados a proyectos de generación de electricidad atañen al uso de recursos naturales y la afectación de los ecosistemas en el área de influencia. Para lograr identificar estos impactos ambientales existen guías para la evaluación de impacto ambiental de centrales energéticas. Al respeto, se han identificado los siguientes grupos de impactos: atmósfera (aumento en la concentración ambiental de material particulado y gases, así como aumento en los niveles de ruido y vibraciones); suelo (cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas, activación de procesos erosivos o erosión, compactación y pérdida, afectación de usos); flora (pérdida de individuos, pérdida de una comunidad de flora o vegetación, modificación o pérdida de hábitat); fauna (pérdida de individuos, perturbación, modificación o pérdida de hábitat); agua (cambio de propiedades físicas, químicas y microbiológicas, alteración en la escorrentía superficial; paisaje (pérdida de atributos biofísicos del paisaje, intrusión visual, modificación de atributos estéticos, afectación de la oferta de servicios turísticos); población (desplazamiento de población local, alteración del patrimonio arqueológico).

Los principales impactos de las centrales termoeléctricas en Chile son principalmente el uso de agua de mar y borde costero para el proceso de enfriamiento, así como la emisión de residuos sólidos y gases de la combustión del carbón. Para ellos también existen profusas guías e instancias de capacitación que deben ir principalmente a los promotores de proyectos, ya que el sistema chileno no contempla exigencias de metodología, sino que ello queda al arbitrio de los proponentes en la medida que se cumpla con la normativa vigente o se mitiguen los impactos.

En otras palabras, existe un *know-how* disponible y aplicable para enfrentar tales situaciones. Posiblemente un aporte constitucional sería exigir que la legislación ambiental vigente, con sus leyes, reglamentos, instructivos, resoluciones y el resto, sean efectivamente aplicadas. Es decir, ir más allá de lo que actualmente se formula escuetamente en la constitución vigente como el "derecho a un medio ambiente libre de contaminación".

En relación con lo anterior existe una dimensión de conflictos que derivan de percepciones diferentes de los actores sociales en relación a los factores económicos, sociales y ambientales de los proyectos. De allí la existencia de las llamadas "zonas de sacrificio". Para ello es necesario, se plantea en el Informe País 2018 y se reitera, que los procedimientos para la toma de decisiones ambientales sean considerados legítimos. Esto exige contar con espacios de participación eficaz sobre aquellas materias que afectan directamente a las personas; y todo ello dentro de una cultura política que favorezca el diálogo y las soluciones colaborativas. Diversas fuentes levantan una importante serie de conflictos ambientales que, en algunos casos, siguen estando en la agenda nacional.

En los ámbitos señalados cabe una política global de sustentabilidad para el sector energético, a lo cual se puede agregar la eficiencia energética, una forma de enfrentar el consumo de energía, de cualquier fuente, con un criterio de ahorro y rendimiento. Pese a ciertos avances, la eficiencia energética sigue sin consolidarse en el país, lo que se evidencia por la falta de políticas públicas. Si bien destacan esfuerzos regulatorios como la implementación de etiquetados de artefactos y establecimiento de estándares de mínimo desempeño, aún queda un amplio camino que recorrer y así lo indican revisiones internacionales de éstas.

El Informe País 2018 planteaba que la transición energética, el cambio estructural del sistema hacia uno seguro, asequible y sustentable, era un factor clave para alcanzar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En efecto, las proyecciones indican que un escenario de aumento de 1,5°C de la temperatura del planeta se logra reduciendo en un 66% las emisiones de GEI, a través de acciones de reducción de la demanda de energía a través de eficiencia energética, sustitución de fuentes de energía por alternativas renovables, cambio de combustibles, estrategias de captura y almacenamiento de carbono, entre otros. Por lo que la eficiencia energética y las energías renovables se posicionan como los principales ejes de acción en el ámbito de políticas energéticas para la

sustentabilidad. Ello sin dejar de tener en cuenta lo poco que aun aportan en este momento al perfil energético del país. Es un largo proceso.

En términos de cambio climático, el aporte del sector energía a **las emisiones de GEI corresponde a un 77% del total de las emisiones contabilizadas en el país al año 2021** (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). Chile ratificó el acuerdo de Paris en enero del 2017, con la meta de reducir al año 2030 en un 30% los niveles de emisiones en relación a los del año 2007. El Consejo de Ministros para la Sustentabilidad adoptó en noviembre del 2017 el "Plan de Mitigación para el Sector Energético", el cual establece cuatro conjuntos de medidas en: generación de electricidad; los sectores comercial, público y residencial; transporte; industria y minería. Todos ellos deberían estar alineados con las metas a mediano y largo plazo de la política Energía 2050, cada uno de los cuales establece metas. Con respecto a la reducción de emisiones del país, el país no cuenta con un marco jurídico que permita asignar responsabilidades de reducción de emisión, o exigir implementación y reporte de medidas de mitigación de GEI y adaptación a impactos de cambio climático.

En el país hay que considerar que las centrales termoeléctricas son las responsables de un cuarto de las emisiones totales del país de dos contaminantes relevante: 23% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO2) y el 27% de las emisiones de dióxido de azufre. Las políticas debieran privilegiar los esfuerzos de reducción de ellas.

Por otra parte, Chile tiene un gran potencial de fuentes de energía renovables, siendo la radiación en la zona norte del país privilegiada en relación al resto del mundo en materia de radiaciones. **En la Política Energía 2050 se establecen metas participación de energías renovables de un 70% al 2050**. Además, Chile ha acogido el Acuerdo de Paris, con una reducción de un 30% en la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero por PIB en relación al año 2007, de las cuales un 77,4% se origina en el uso energético de combustibles fósiles. A partir de esto la Ruta Energética 2018-2022 compromete el inicio de un proceso de descarbonización de la matriz energética a través del retiro o reconversión de centrales a carbón (Garcia, 2021b). A esto se suma la promoción de la electromovilidad. Un tema de facilidades en materia de permisos de circulación es un aspecto que se está barajando en el gobierno.[2]

[2] El Mercurio: Chile Tecnológico. Electromovilidad. 27 de abril 2022.

Una nueva Ruta Energética 2022-26 ratifica esa tendencia. Según el ministro de energía el proceso de formulación "dejó como resultados ocho ejes temáticos que se desarrollarán durante la actual administración. Estos son: 1) Acceso equitativo a energía de calidad, 2) Matriz energética limpia, 3) Desarrollo energético seguro y resiliente, 4) Transición energética justa e infraestructura sustentable, 5) Descentralización energética, 6) Empoderamiento ciudadano y democratización de la energía, 7) Innovación y crecimiento económico inclusivo y 8) Modernización de la gestión pública."

En todo caso, se vislumbra, aunque todavía embrionariamente, un proceso de transición a las ERNC que pudiera ser de la mayor relevancia para el país. Se ha señalado también la importancia de la **Certificación de Energía Renovables** como una manera de acelerar y consolidar el proceso de cambio en las empresas. Muchas han acogido el llamado y presentan propuestas y acciones efectivas según se señala en la prensa.[3]

También los temas financieros implican para las empresas esfuerzos de recambio que necesitan ser apoyados con políticas adecuadas. Se habla, por ejemplo, de "Clientes Libres", que es un concepto ligado al marco jurídico. Establece dos tipos de clientes en el sector energía: los regulados, cuyos precios son fijados por la autoridad, y los libres, que por su capacidad negociadora pueden proveer electricidad en otras formas. Entre ellos se hallan los generadores de ERNC. Todo depende de la potencia y de los precios competitivos que puedan ofrecer. Dependiendo de esto mismo, también pueden conectarse al sistema regulado.[4]

Son tareas en las cuales alguna referencia constitucional podría ayudar en estos procesos, que son factibles, solo requieren que el país cumpla los compromisos asumidos consigo mismo. Siguiendo en el tema ERNC, a continuación, se abunda en las dos principales en desarrollo en Chile: solar y eólica.

ENERGÍA SOLAR

Según la Política Energética 2050 realizada por el gobierno de Piñera en el marco de los compromisos internacionales tomados por este en relación a sus GEI, la energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y que puede generar electricidad y calor. Existen tres tipos de energía eléctrica:

[3] El Mercurio. Especial "Certificación de Energías Renovables", 30 de agosto 2022.
[4] El Mercurio. Especial "Energía: Clientes Libres". 22 de abril 2022.

- Fotovoltaica: transforma los rayos del sol en electricidad a través de paneles solares.
- Fototérmica: aprovecha el calor del sol a través de colectores solares.
- Termoeléctrica: el cual transforma el calor en energía eléctrica.

Al 2021 existían 3.779 MW de capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) lo que representa un 99,6% de la capacidad total nacional en cuanto a energía solar fotovoltaica y un 51,7% del total de energía aportado por todos los proyectos de ERNC del país.

Actualmente en Chile existen 2 tipos de medios de generación distribuida de energía solar, reguladas por sus respectivos marcos legales:

- Los proyectos Net-billing: estos están regulados por la Ley N° 20.571 y comprenden proyectos de auto consumo de energía y no comercialización. Poseen una capacidad de producción de máximo 300 kW. Sin embargo, tienen permitido ingresar sus excedentes de energía a la red eléctrica.
- Los proyectos PMGD: estos se regulan a partir de la Ley General del Servicio Eléctrico y el Decreto Supremo N°244. Los PMGD son un "medio de generación cuyos excedentes de potencia son menores o iguales a 9 MW y está conectado a una empresa concesionaria de distribución, o a instalaciones de una empresa que posee líneas de distribución de energía eléctrica que utiliza bienes nacionales de uso público" (Rudnick, s.f).

Existe un gran potencial de radiación solar en el norte de Chile, donde se alcanzan unas radiaciones de 8 kW/m^2, superior a sus competencias en California y Almería donde se alcanzan unos 5,86 y 4,8 respectivamente (Vásquez, 2013). La Comisión Nacional de Energía informa que en 2014 la energía solar en Chile contribuía con un 1% de la matriz total. Actualmente, su contribución llega al 10%, que corresponden a 2,4 GW en capacidad instalada (Tesla Energy, 2021).

En el mes de agosto del año 2021 hubo una inyección de 571 GWh producto de parques solares al total de la energía aportada a la matriz por parte de las ERNC.

Para el desarrollo de la energía solar en Chile hay temas relevantes relacionados con el desarrollo de la energía solar. En especial existen tres ámbitos críticos, industria-gobierno-universidades, los cuales reciben el nombre de la "Triple Hélice" (Romero, 2015).

Se vislumbra que los principales problemas en materia de Energía Solar en Chile son actualmente el almacenamiento de los excedentes de energía producidos por

las numerosas plantas solares en el norte del país. El principal obstáculo para proyectos de almacenamiento, suponiendo superados los problemas técnicos mayores, se encuentra en la inexistencia de marcos regulatorios que permitan definir las necesidades que deben superar los proyectos.

Hay en desarrollo iniciativas interesantes como desarrollar tejas fotovoltaicas-térmicas, aplicables al uso de la energía solar en casas, edificaciones rurales, cabañas, etc. A continuación, se señala un registro de proyectos en curso o en marcha, por el momento sin posibilidad de discernir si se están concretando dada la etapa de transición que el país vive por causa de la crisis mundial, el debate constitucional y el cambio de gobierno.

9.4.1. Iniciativas Privadas (proyectos)

Se calcula que aproximadamente el 80% de energía eléctrica en el norte de Chile es consumido por las empresas mineras (Vásquez Elias, 2013).

Del total de energía (4.733 MW) que se calcula que aportaran los proyectos declarados “En construcción” por parte de la Comisión Nacional de Energía para julio de 2021, se estima que los proyectos de energía solar fotovoltaica y concentración solar de potencia aportaran con el 71% de este total, es decir, 3.360 MW, casi el total de lo que aportan los proyectos en funcionamiento de energía solar fotovoltaica y concentración solar de potencia actualmente.

9.4.2. Proyectos en Funcionamiento

a. El Romero Solar. Inició su funcionamiento en el año 2016, se encuentra en la Comuna de Vallenar, en la Región de Atacama. Su tecnología es del tipo solar fotovoltaica. Teniendo una potencia de 246 MWp y 196 MW nominales (Electricidad, 2017).
b. Planta Solar Bolero. Inició su funcionamiento en el año 2016, se ubica en la comuna de Sierra Gorda en la Región de Antofagasta. Tiene una capacidad instalada de 146 MW, 475.000 paneles y está llevado a cabo por EDF Energies y Marubeni (EDF Renewables, 2022).
c. Planta Solar Luz del Norte. Inició su funcionamiento en el año 2016, se ubica al noreste de Copiapó, región de Atacama, posee 478 hectáreas de planta y una potencia neta de 141 MW de capacidad. Su dueño es First Solar (Pares & Alvarez, 2022; Sánchez, 2020).

d. Planta Solar Finis Terrae. Se ubica en la comuna de Maria Elena en la región de Antofagasta, inició su funcionamiento en 2016 con una potencia neta de 160 MW y se proyecta una extensión iniciada en el año 2020 que sumaría 126 MW. Cuenta con 668.160 paneles instalados actualmente. Su inversor principal es Enel Green Power Chile (Cabello, 2020; ENEL, 2022).

9.4.3. Proyectos en construcción

a. Planta Solar Conejo Solar. Se ubicará en la comuna de Taltal en la región de Antofagasta, inició su construcción en el año 2016 y contará con una potencia neta de 306 MW aprox. divididos en 3 etapas distintas. Contará con 1,26 millones de módulos fotovoltaicos y su objetivo principal será entregar energía a la mina de cobre y molibdeno Los Pelambres. Su principal inversor es Pattern Energy (Parque Conejo Solar, 2022).
b. Campos del Sol II. Año de puesta en servicio es 2022, potencia neta 369,60 MW.
c. Proyecto Solar Fotovoltaico Elena. Año de puesta en servicio es 2022, potencia neta 270,00 MW.
d. Diego de Almagro Sur. Año de puesta en servicio es 2021, potencia neta 264,00 MW.
e. Parque Fv Domeyko. Año de puesta en servicio es 2021, potencia neta 208,00 MW.
f. Proyecto Fv Coya. Año de puesta en servicio es 2021, potencia neta 186,20 MW.

Para las empresas generadoras, el marco regulatorio existente, en conjunto con las condiciones geográficas del país, hacen que Chile sea un país muy llamativo a la hora de realizar grandes proyectos. Sumado a esto, existen numerosos beneficios otorgados a pymes y pequeñas empresas, centrados en proyectos de net billing y PMGD (medio de generación cuyos excedentes de potencia son menores o iguales a 9 MW y está conectado a una empresa concesionaria de distribución, o a instalaciones de una empresa que posee líneas de distribución de energía eléctrica que utiliza bienes nacionales de uso público), para fomentar la auto generación de energía a escala residencial e industrial, estos son:

1. CRECE de Sercotec (Campos, 2019).
2. Inversión Energética Local de la Agencia de Sostenibilidad Energética.
3. Comunidad Energética de la Agencia de Sostenibilidad Energética.
4. Súmate a la Economía Circular del Comité Solar de la CORFO.
5. Fortalece Pyme del Comité Solar de la CORFO.

Cabe señalar que este registro está en evolución, ya que se han reportado señales de una importante crisis del sector de ERNC a nivel nacional, con problemas de la industria para integrarse al sistema interconectado, situaciones de insolvencia y retiro de proyectos por razones ambientales (Guillou, 2022). Por ahora dejaremos información contenida hasta donde hay datos, en espera de que de que se vayan asentando las situaciones señaladas y sea posible tener un panorama más claro. Estamos, como se ha dicho, sumidos en una dinámica de cambio de gobierno y además de evoluciones constitucionales.

9.4.4. Marco internacional

Existen múltiples países que a nivel nacional, regional y local poseen legislación relacionada a la regulación y (a veces) obligación respecto a la instalación de sistemas de energía solar. Países como Kenia, México, Portugal, Suiza, Uruguay, entre otros. Es decir, se trata de un movimiento de carácter global, no exclusivo de Chile.

Para el año 2018 existían según la The International Energy Agency (IEA, 2022) casi 600.000 GWh de producción de energía solar PV en el mundo. Se puede observar que existe un crecimiento exponencial desde el año 2010 pasando de 32.000 GWh aprox. a los GWh indicados anteriormente. Sin embargo, la solar está lejos de los 1.200.000 GWh aprox. de electricidad que produce la energía eólica en el mundo. La energía fotovoltaíca cubre actualmente el 2.6% de la demanda de energía mundial. A su vez, se estima que para el año 2024 la capacidad total de las energías renovables alcance 1,2 TW de los cuales el 60% estará cubierto por energía solar fotovoltaica. De cumplirse esta estimación, del 30% que estarán aportando las energías renovables a la matriz energética mundial, más de la mitad será un aporte de parte de las plantas de energía solar (Next City Labs, 2021).

La fotovoltaica aumentó en un año un 41% su aporte a la generación de la electricidad en Chile. En junio 2022, el aporte de la generación de la fotovoltaica fue de 813 GWh, un 41,2% más respecto del mismo mes de 2021. Un número pequeño a nivel mundial, poco más de un 1% (Ini, 2022).

A través del reporte Low Emissions Escenario se estima que para el 2035 la energía solar será la principal tecnología de producción de electricidad en todo el mundo.

9.4.5. Dimensión territorial

La cuestión que se plantea es donde se podría en Chile realizar estos proyectos de energía solar. La ventaja de los proyectos de net billing y PMGD es que se pueden realizar en cualquier parte. Por lo que, si existe una continuidad del apoyo gubernamental al desarrollo de estos proyectos, podríamos tener en Chile una gran proyección respecto a los proyectos de autogeneración y consumo. Sumado a esto, la existencia de los Planes Energéticos Regionales (PER) pueden incentivar incluso más el desarrollo de esto proyectos a lo largo del país. Estos son la expresión instrumental de un proceso de ordenamiento territorial energético regional que nace a partir de las metas y acciones definidas en la Agenda de Energía, de la Política Energética 2050, de los procesos regulatorios y de planificación energética (Ministerio de Energía, 2018).

Como un ejemplo de lo anterior, el desierto de Atacama presenta una ventaja comparativa, destacando a nivel internacional respecto a la radiación existente en este. Se estima que en el desierto de Atacama se alcanzan unas radiaciones de 8 KW/m^2, superior a sus competencias en California y Almería donde se alcanzan unos 5,86 y 4,8 respectivamente.

9.5. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es una ENRC que se obtiene de la energía cinética del viento, esto fruto del movimiento de las palas de un aerogenerador, que a través de la puesta en marcha de una turbina transforma esta energía cinética en energía eléctrica (ENEL Perú, 2018). Por cierto su instalación requiere que haya un régimen de vientos adecuado para hacer funcionar los generadores, lo cual puede ser mar adentro, en el borde costero o en el territorio. En el caso de Chile este último emplazamiento, territorial, parece ser el más adecuado.

Existen dos tipos principales de energía eólica, las cuales dependen de donde se genera la electricidad (Repsol, 2022):

- Proyectos de energía eólica en tierra (energía onshore).
- Proyectos de energía eólica en el mar (energía offshore).

En Chile están regulados los proyectos de energía onshore, es decir, los proyectos de energía eólica que se sitúan en tierra. La última guía del SEA está destinada específicamente a estos proyectos (Servicio de Evaluación Ambiental, 2020). Los

proyectos de generación de energía eólica de gran envergadura son denominados parques eólicos, estos se definen según la cantidad de aerogeneradores instalados y distribuidos en un terreno definido. En la actualidad, a agosto de 2020 existían 2.248 MW de instalaciones de energía eólica, representando un 8,7% del Sistema Eléctrico Nacional.

Según la Guía para la Descripción de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA, existe un potencial aproximado de 40.000 MW de producción eólica posible en los territorios existentes entre Arica y Chiloé. Más específicamente, las áreas con más potencial dentro de ese territorio son:

- La zona interior de la región de Antofagasta.
- La zona costera de la región de Coquimbo.
- Las zonas interiores de la región del Biobío y La Araucanía.
- La zona costera de la región de Los Lagos.

Sin embargo, en el extremo sur del país se presentan las zonas con mayor potencial eólico del país. En las regiones de Aysén y Magallanes se presenta un potencial de 22.000 MW. La región de la Antártica Chilena presenta un potencial de 59.000 MW. Para la definición de estos potenciales energéticos se tomaron en cuenta las tecnologías existentes y características apropiadas del territorio para la instalación de proyectos eólicos.

9.5.1. Parques de Energía Eólica en desarrollo en el país

Para 2019 la región de Coquimbo lideraba la capacidad de producción de energía eólica instalada con unos 692 MW (Generadoras de Chile, 2019). A le fecha, las instalaciones en desarrollo y operación son las siguientes:

a. Parque Eólico San Juan**:** ubicado en Freirina, Región de Atacama cuenta con una capacidad instalada de 185 MW y se proyecta una vida útil de 27 años (Latin America Power, 2022). Ocupa un terreno de 3.000 hectáreas y funcionará con 56 aerogeneradores que se conectarán al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).[5]
b. Parque Eólico El Arrayán**:** es propiedad de Pattern Energy y Antofagasta Minerals, se ubica en las cercanías de Tongoy, comuna de Ovalle, Región de Coquimbo. Posee una capacidad instalada de 115 MW. Produce con 50 aerogeneradores en un terreno de 250 hectáreas y se halla en operación

[5] El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) corresponde desde 2017 a la interconexión del Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). Abarca 3100 km, desde Arica hasta la isla de Chiloé. A estos se agregan el Sistema Eléctrico de Aysén (SEA) y el Sistema Eléctrico de Magallanes.

desde 2014. Está conectado al SEN Este parque le vende el 70% de su energía a la minera Los Pelambres, que cubre un 20% de sus necesidades a la fecha. El parque posee una vida útil de 20-30 años (Antofagasta Minerals, 2022).

c. Parque Eólico Sierra Gorda Este**:** es propiedad de Enel, se ubica a 60 km de la ciudad de Calama en la comuna de Sierra Gorda, Región de Antofagasta. Cuenta con una capacidad instalada de 112 MW y genera 295 GW/h/año aproximadamente. Este se conecta a una subestación minera de 220 kV llamada "Minera Sierra Gorda" donde después se conecta al SEN. Inició sus operaciones en el año 2016 (ENEL, 2022).
d. Parque Eólico Aurora**:** se ubica a 15 km de la comuna de Llanquihue en la Región de Los Lagos. Posee una capacidad instalada de 129 MW y se conecta al SEN a través de una conexión tap-off a una línea de transmisión de 220 kV llamada "Rahue-Puerto Montt". El proyecto es propiedad de AEL Energía, al igual que el Parque Eólico Sarco (Reporte Sostenible, 2020).
e. Parque Eólico Sarco**:** se ubica en la comuna de Freirina también a 60 km al suroeste de la comuna en la Región de Atacama. Cuenta con una capacidad instalada de 170 MW. Se conecta al SEN a través de la subestación Maitencillo (Ministerio de Energía, 2018).

9.5.2. Principales nuevos proyectos de Energía Eólica en el país

Actualmente existen 946 MW de energía eólica en construcción, el cual proyecta su ingreso total al sistema en 2022 (un 21% del total de proyectos de ERNC en construcción), 12.266 MW con la Resolución de calificación ambiental (RCA) aprobada, y 4.202 MW en calificación.

a. Parque Eólico Entre Ríos: se ubicará en la Región del Biobío, más específicamente en las comunas de Mulchén, Negrete y Los Ángeles. Se proyectan 310,5 MW de capacidad instalada. Su estado actual es Aprobado (superó el Estudio de Impacto Ambiental) (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022a).
b. Parque Eólico Horizonte: se trata de un proyecto que se ubicará en terrenos fiscales a 130 km de la comuna de Taltal, Región de Antofagasta. Se proyectan unos 778 MW de capacidad instalada y una energía generada equivalente al consumo de 700 mil hogares (2.400 GWh/año). Se insertará al SEN y será el parque eólico más grande de América Latina.

Posee una vida útil indefinida y un inicio de operaciones proyectado para el 4to Trimestre de 2023 (Colbun, 2022b).

c. Parque Eólico Ovejera Sur: se ubicará en la Región de Los Ríos, en las comunas de Paillaco y la Unión se proyectan unos 252 MW de capacidad instalada que se acoplaran al SEN a través de una red de media tensión y una línea de transmisión (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022b).
d. Parque Eólico Culenco: se ubicará en la Región del Ñuble, se proyecta una capacidad instalada neta de 248 MW (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022c).
e. Parque Eólico Rinconada: se ubicará en la región del Biobío, comuna de Laja y Los Ángeles. Tendrá una capacidad instalada neta de 258 MW. Se conectará al SEN a través de la construcción de una línea de alta tensión de 220 KV, con una vida útil de 30 años (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022d).

9.5.3. Regulaciones relacionadas al desarrollo de proyectos de Energía Eólica

Un tema que es insoslayable en proyectos de este tipo es el marco regulatorio en que debe apoyarse su desarrollo, por lo cual se señalan a continuación los cuerpos legales principales pertinentes (Servicio de Evaluación Ambiental, 2020):

- D.F.L N°725 de 1967: regula las emisiones de aguas servidas y residuos industriales.
- DL N°3.557 de 1980: regula emisiones, residuos y sustancias peligros relacionados a contaminar agricultura.
- DS N°38 de 2011: regula las emisiones de ruido definiendo límites de emisión de ruido y presiones sonoras. Está dividido por 4 zonas, cada zona se divide en dos franjas horarias, y cada franja y zona establece una cantidad distinta de decibles permitidos.
- DS N°43 de 2015: regula el almacenamiento de sustancias peligrosas.
- DS N°47 de 1992: regula emisiones de ruido, polvo y material.
- DS N°75 de 1987: establece la necesidad de tomar medidas y acciones para evitar derrames, dispersiones de material, entre otras emisiones de sustancias peligrosas.
- DS N°138 de 2005: establece la necesidad de informar respecto a procesos relacionados a emisiones de combustible y otros.
- DS N°144 de 1961: establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.
- DS N°148 de 2003: establece un reglamento sanitario relacionado al Manejo de Residuos Peligrosos.
- DS N°298 de 1994: regula el transporte de residuos peligrosos.
- Ley N°4.601 de 1929: protege fauna.

- Ley N°17.288 de 1970: protege patrimonio cultural.
- Ley N°18.378 de 1984: establece sanciones respecto al daño a flora y fauna.
- Ley N°20.283 de 2008: aprueba reglamente de suelos, aguas y humedales.
- Ley N°20698 de 2013: propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales.

Este listado de legislación, que pudiera no ser exhaustivo, es importante por lo que se señala a continuación, los impactos ambientales de la generación de energía eólica (**Ver Cuadro 9.1, 9.2** y **9.3**), que han salido a colación recientemente con motivos de algunos proyectos en Magallanes.

Cuadro 9.1. Riesgos de impacto ambiental en la fase de construcción de un proyecto de energía eólica**.**

Factores del proyecto que determinan impactos ambientales		**Impactos ambientales**
Acondicionamiento del terreno para construir o habilitar partes y obras del proyecto	Emisiones a la atmósfera.	Aire -Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP10, MP2,5, entre otros).
	Emisiones de ruido y vibración.	Fauna -Perturbación de fauna Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos -El ruido y vibración puede alterar sus quehacederes cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sentimientos de arraigo o cohesión social
	Escarpe o extracción de la capa vegetal del suelo. Movimiento de tierra.	Suelo -Perdida de suelo -Compactación de suelo -Activación de procesos erosivos o erosión del suelo
	Corta de flora y vegetación.	Flora − Pérdida de individuos o ejemplares de una población − Pérdida de una comunidad de flora o vegetación − Modificación o pérdida de hábitat para la flora
		Fauna − Pérdida de individuos o ejemplares de una población − Perturbación de la fauna − Modificación o pérdida de hábitats para la fauna terrestre
		Valor paisajístico − Pérdida de atributos biofísicos del

		paisaje
		Patrimonio cultural − Alteración de monumentos arqueológicos − Alteración de sitios con valor antropológico, arqueológico e histórico
Movimiento de tierras por carguío y volteo de material y por excavación o corte y de relleno o terraplén	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP_{10}, $MP_{2,5}$, entre otros)
Lavado de vehículos y camiones	Disposiciones de efluentes en:	Agua − Cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Suelo − Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (cambios en la textura, estructura, patrón de aireación, régimen hídrico) de las aguas superficiales y subterráneas
Obras o instalaciones para el manejo de aguas servidas	Disposición de efluentes en:	Agua − Cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Suelo − Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (cambios en la textura, estructura, patrón de aireación, régimen hídrico) de las aguas superficiales y subterráneas
Construcción y habilitación de caminos para acceder al interior del parque eólico		Flora − Pérdida de individuos o ejemplares de una población − Pérdida de una comunidad de flora o vegetación Fauna − Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna Suelo − Pérdida de suelo − Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (patrón de aireación)
Mantenimiento de caminos		Fauna − Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello)
Tránsito y funcionamiento de vehículos y maquinarias al interior del emplazamiento del	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP_{10}, $MP_{2,5}$, entre otros) y gases (NOx , CO, SO_2, entre

proyecto		otros)
	Emisiones de ruido y vibración	Fauna − Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello) Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social
Establecimiento de plataformas y sus respectivas cimentaciones subterráneas y montaje de los aerogeneradores .		Valor paisajístico − Artificialidad − Intrusión visual − Modificación de atributos estéticos
Construcción de fundaciones de los aerogeneradores	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP_{10}, $MP_{2,5}$, entre otros) Fauna − Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna
Transporte de insumos, sustancias peligrosas, residuos y mano de obra fuera del área de emplazamiento del proyecto	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP_{10}, $MP_{2,5}$, entre otros) y gases (NOx, CO, SO_2, entre otros)
	Emisiones de ruido y vibración	Fauna -Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello) Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social
		Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − Obstrucción o restricción a la libre circulación − Conectividad o aumento en los tiempos de desplazamiento

Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), 2020.

Cuadro 9.2: Factores más frecuentes de impacto ambiental en la fase de operación de un proyecto de energía eólica.

Factores del proyecto que determinan impactos ambientales		**Impactos ambientales**
Obras o instalaciones para el manejo de aguas servidas	Disposición de efluentes en:	Agua − Cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Suelo − Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (modificación de los valores de parámetros químicos y biológicos)
Operación del parque eólico (conjunto de aerogeneradores)		Valor paisajístico − Artificialidad − Intrusión visual − Modificación de atributos estéticos Riesgo para la salud − El efecto de sombra parpadeante puede generar riesgos para la salud de la población Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − El efecto disco percibidos por las personas pertenecientes a un grupo humano pueden alterar sus quehaceres cotidianos afectando con ello su rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, afectando sus sentimientos de arraigo o cohesión social
Altura de los aerogeneradores y movimiento de sus aspas		Fauna − Pérdida de individuos o ejemplares (colisión y muerte de aves y murciélagos)
Movimiento de las aspas de los aerogeneradores (ruido aerodinámico) y operación de la turbina de la unidad de generación de energía eléctrica (ruido mecánico)	Emisiones de ruido y vibración	Fauna − Perturbación de fauna (aves podrían dejar de posar para su descanso o nidificación, y modificación de su desplazamiento aéreo) Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social Valor turístico

		− Las emisiones de ruido en zonas con valor turístico pueden afectar el interés de los visitantes o turistas por visitar dichas zonas, lo que conlleva a una alteración por menoscabo del valor turístico, en particular, a la atracción de flujos de visitantes.

Fuente: SEA, 2020.

Cuadro 9.3. Factores de impacto ambiental en la fase de cierre de un proyecto de energía eólica.

Factores del proyecto que determinan impactos ambientales		**Impactos ambientales**
Desmontaje o retiro de estructuras (por ejemplo, plataformas de montaje, torres de aerogeneradores, conductores de energía eléctrica, subterráneos y superficiales) y otras instalaciones	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP10, MP2.5, entre otros)
		Valor paisajístico − Modificación de atributos estéticos
Tránsito de vehículos, camiones y funcionamiento de maquinarias al interior del emplazamiento del proyecto	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP_{10}, $MP_{2,5}$, entre otros) y gases (NO_x, CO, SO_2, entre otros)
	Emisiones de ruido y vibración	Fauna − Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello) Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social
Transporte de insumos, sustancias químicas, residuos y mano de obra fuera del área de emplazamiento del proyecto	Emisiones a la atmósfera	Aire − Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP_{10}, $MP_{2,5}$, entre otros) y gases (NO_x, CO, SO_2, entre otros)
	Emisiones de ruido y vibración	Fauna − Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello) Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de

		arraigo o cohesión social
		Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos − Obstrucción o restricción a la libre circulación − Conectividad o aumento en los tiempos de desplazamiento

Fuente: SEA, 2020.

En el marco de lo anterior, se reproducen algunos efectos negativos para el medio ambiente de estos proyectos, que no se contradicen necesariamente con sus ventajas en materia energética, aunque sí pueden generar problemas sobre todo a las comunidades humanas, la ecología y el paisaje de los lugares donde se emplazan. La información proviene del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Muchos de estos elementos han puesto en jaque a un importante proyecto de energía eólica en la región de Magallanes, ligado a la potencial producción de Hidrógeno Verde. La situación no se ha resuelto entre la autoridad ambiental, la empresa, el gobierno regional, el sector académico y la comunidad organizada, que constituyen frentes oponentes en este proceso (Guillou, 2022). Al momento en que se redacta este borrador el tema no ha sido aún resuelto, y otro proyecto en Magallanes, por 6 mil millones de dólares, impulsado por una empresa diferente y competitiva, ha entrado al proceso de evaluación de sus impactos ambientales (Cooperativa.cl, 2022). Gente Grande prevé establecerse en la bahía del mismo nombre y producir entre 1,3 y 1,5 millones de toneladas anuales de combustible sostenible, para su exportación a mercados de Europa y Asia.

La iniciativa aún debe ingresar al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y, de ser aprobada, iniciaría sus operaciones en 2028.

9.6. HIDRÓGENO VERDE

El hidrógeno verde (H_2V) se ha transformado en un tópico al momento de pensar en un futuro energético más sustentable para Chile. La Fundación Chile, institución que lidera la promoción internacional de este combustible, enseña que el hidrógeno verde se produce a partir de agua y de energías renovables. La obtención de hidrógeno (no disponible en estado natural) a partir de fuentes renovables, consiste en la descomposición de las moléculas de agua (H_2O) en oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2). Este proceso de hidrólisis requiere importantes cantidades de energía.

Cabe señalar que en función de su grado de sostenibilidad existen tres tipos distintos de hidrógeno: hidrógeno gris, hidrógeno azul e hidrógeno verde. La diferencia radica en las fuentes de energía eléctrica necesarias para implementar el proceso de hidrólisis que permite separar el O_2 del H_2. El llamado H_2 gris, sin entrar en detalles técnicos, se produce a partir de metano usando gas natural como combustible. Es por lo tanto contaminante en términos clásicos y generador de CO_2. Si este CO_2 es capturado o reducido, se habla de hidrógeno azul. El gris es el procedimiento más usado en la actualidad, aun cuando se prefiera el azul por ser menos contaminante y acorde con los objetivos de la lucha contra el cambio climático. El tema ambientalmente conflictivo está en la fuente energética.

Vale señalar que la literatura menciona también un hidrógeno negro o marrón, el cual se genera a partir de la combustión de carbón, donde nos encontramos naturalmente con otro proceso estigmatizado como contaminante y degradante de la capa de ozono, con todas las secuelas que eso significa, incluida la contaminación del suelo asociado a las faenas mineras (Aleasoft Energy Forecasting, 2020).

Pues hay una fórmula más amigable con el medio ambiente, que es producir H_2 con energía solar y eólica y se llama hidrógeno verde. Se le suele poner H_2V. Es pues una forma diferente a la tradicional de utilizar combustibles fósiles para generar el hidrógeno, a menudo con alto daño ambiental. El supuesto color verde es naturalmente un gancho para asociar el producto a la corriente verde o ecológica, al ambientalismo y el ecologismo, etiquetas fundamentalmente políticas.

El H_2V, como sus congéneres denominados con otros colores, se utiliza fundamentalmente en la refinación de combustibles fósiles (lo cual también demanda importantes cantidades de energía), en la producción de amoniaco y en la industria del acero. Son procesos industriales tradicionales que han funcionado con “energías sucias” (fósiles) desde sus inicios a nivel mundial. En Chile también, por cierto.

Actualmente se están desarrollando nuevas aplicaciones, en las cuales el hidrógeno se quema en forma directa o genera electricidad a través de dispositivos llamados celdas de combustible, que combinan hidrógeno y oxígeno del aire. A esto se considera una muestra de eficacia, al permitir consumir el H_2V en el caso de que no haya bastante demanda para usos industriales.

En transporte ya existen en Europa y Estados Unidos vehículos con celdas de combustibles y estanques de hidrógeno (no necesariamente verde). En Chile hay trabajos en avance sobre todo en materia del recambio del combustible Diesel para la minería, donde el sector privado financia y patrocina investigaciones sobre la base de las ventajas de eficiencia del rendimiento del H_2V en relación al gas natural (Espinoza, 2021).

También se puede usar en el almacenamiento y producción de energía eléctrica y térmica; en la generación de electricidad en turbinas de gas; en procesos industriales y refinación de metales; en la producción de fertilizantes para la agricultura y en insumos mineros. Es por tanto un insumo importante en la industria química y petroquímica.

La mitigación de las emisiones de carbono, la reducción de costos de la electrólisis y los incentivos que vienen de fondos internacionales, presentan un escenario que permitirían a un país globalmente integrado acelerar el desarrollo de hidrógeno verde. Lo cual significa que la reducción en costos y el potencial en energías renovables, podrían posicionar a Chile como eficiente productor de hidrógeno verde. Asimismo, se espera que el desarrollo de esta industria contribuya a impulsar una reactivación económica respetuosa con el medio ambiente, sostenible e inclusiva. El actual gobierno, siguiendo la línea del anterior, ha decidido hacerlo política pública.

9.6.1. La propuesta gubernamental

El gobierno ha sostenido que el hidrógeno verde y sus derivados, incluyendo amoniaco, metanol y combustibles sintéticos, sería un elemento fundamental en tres ámbitos: cambio climático, oportunidades sociales y desarrollo económico (emprendimientos). Para ello ha formulado una política de promoción de la investigación y el desarrollo del hidrógeno verde, a cargo del Ministerio de Energía. La Fundación Chile está creando un nuevo fondo de inversión de $300 millones de dólares para invertir en proyectos de hidrógeno verde. El lanzamiento está planeado para año 2022, con el objetivo de invertir en 12 a 15 empresas. Se están haciendo llamados para concursar (Fundación Chile, 2022).

Para el gobierno del presidente Piñera “es una nueva industria”, palabras con que anunció la producción de la primera molécula de hidrógeno verde, en una planta de Anglo American en Colina, a ser utilizada en la minería con una visión sustentable, siendo así un factor en la descarbonización de la matriz energética.

La electricidad se producirá en una planta fotovoltaica ubicada en Las Tórtolas, que ocupa un antiguo relave de la mina Los Bronces de Anglo American. Se trata de un avance de la llamada "Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde" (Munita, 2022).

Según estimaciones del Ministerio de Energía, se espera que el hidrógeno verde contribuya con una reducción de emisiones entre el 25 % y 27% al año 2050.

En el anuncio gubernamental se prevé otro uso, ya señalado, como combustible para los camiones y otros vehículos de la minería, de alto consumo de diésel en la actualidad, "enverdeciendo" así el proceso de transporte. Por lo tanto, haciendo un aporte a la mitigación del cambio climático, aunque nuestro país no es un emisor importante de CO_2. Las proyecciones son optimistas y se espera ser el productor más barato de H_2V al 2030, el mayor exportador mundial al 2040 y alcanzar un volumen de exportaciones cercano a las del cobre por el año 2050, cuando Chile alcanzaría su carbono neutralidad, según apunta el gobierno (Osorio *et al*., 2021).

Se ha planteado incluso que este tema debería tener una presencia en el debate constitucional y eventualmente ser parte del texto mismo de la constitución (Carey, 2021).

9.6.2. Proyectos

A través de la prensa el Ministerio de Energía ha proporcionado una lista de proyectos de desarrollo de ERNC destinadas a apoyar la promoción de la generación de H_2 verde. En la región de Antofagasta aparecen 4 proyectos de las empresas HyEx, Atacama Hydrogen HUB, AES Andes y Hoasis. En la región de Magallanes se señalan proyectos de las empresas HIF y HNH Energy. Todas ellas prevén estar exportando H2 verde a fines de esta década. Como proyectos a nivel de idea/estudio los hay en la región de Antofagasta (2) y en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Bío-Bío (uno cada una). Ninguno de tales proyectos está aún en ejecución.

Sin embargo, en el proyecto HIF en Magallanes hay una planta piloto en construcción y estará produciendo a fin de año. Su DIA (Declaración de Impacto Ambiental) fue aprobada en mayo 2021. Sin embargo, ha entrado en conflicto con la autoridad ambiental que ha exigido un nuevo estudio. Por otro lado, en la

revista "Electricidad" se informa que están evaluándose los pilotos de 40 proyectos de H_2V (Electricidad, 2020).

Cabe mencionar una reciente declaración conjunta para fortalecer la cooperación en materia de hidrógeno verde con Alemania, en el marco de la Asociación Chileno-Alemana de Energía para identificar proyectos viables de hidrógeno verde (Energy Partnership, 2022).

Cabe señalar también en el ámbito local que, según el Diario Financiero, la empresa de gas de Valparaíso se une a la apuesta por el H_2V y acuña proyectos para introducirlo en sus redes de gas, particularmente en la región de Coquimbo (Peña, 2021).

Lo anterior da señal de una dinámica fuerte por avanzar en la materia.

9.6.3. Visión internacional

El *National Geographic*, revista de divulgación científica, plantea sin embargo que: "El hidrógeno es la eterna promesa de los combustibles alternativos a aquellos fósiles y emisores de gases de efecto invernadero. A pesar de su enorme potencial, se trata de un combustible difícil de obtener, pues no se encuentra de forma aislada en la naturaleza. ¿Es viable un modelo energético basado en este elemento?" (Alcalde, 2023).

De lo anterior queda claro el interés de los países generadores de GEI (gases con efecto invernadero), el mundo desarrollado fundamentalmente, que buscan opciones para lograr las mitigaciones que han comprometido como parte de sus compromisos para poner freno al calentamiento global. La contribución de Chile al efecto invernadero es marginal, por eso se piensa que el H_2 verde puede convertirse en un buen negocio con los países que necesitan reducir emisiones (Molina, 2021).

Según una investigación realizada por la Universidad Stanford y la Universidad Técnica de Múnich (*Economics of converting renewable power to hydrogen*, february 2019), la producción de hidrógeno verde podría ser rentable utilizando el exceso de energía renovable que no se consume, y que, por tanto, no puede almacenarse. El problema, según el estudio, es que el rendimiento de las energías renovables es intermitente, con lo que el suministro de electricidad a partir de estas fuentes también es variable. A veces no es suficiente para satisfacer la

demanda, mientras que en ocasiones se produce demasiada y se pierde, o bien se deja de producir, ya que no se puede almacenar en el momento (Glenk & Reichelstein, 2019).

En todo caso, hay una experiencia en Australia con una mega batería de litio, quizás no es económica todavía, pero podría viabilizarse a futuro. También el tema de la intermitencia podría resolverse con la energía termosolar. Son elementos técnicos que esperan su consolidación, para mirar la perspectiva de esta fuente energética de manera optimista.

En cualquier caso, sería eventualmente interesante para nuestro país, que puede quedar con superávit en producción de energías alternativas para otros propósitos y encontraría aquí una forma de utilizar tales excedentes. Falta mucho para eso, pero nada quita que se pueda investigar y soñar al respecto. Sobre todo, con optimismo y visión de negocios.

Un centro académico entusiasta, ligado a la Universidad Austral (el Núcleo INVENT), se pregunta si no es esta “la gran oportunidad para crear un modelo de desarrollo ejemplar”. La creación y operación de una planta química en la región de Magallanes es señalado como un hito importante. Le agregan, por cierto, la afirmación de que es “la oportunidad que significaría implementar un modelo de desarrollo descentralizado, haciendo partícipe a la ciudadanía”. Sustentabilidad, descentralización y participación aparecen pues como conceptos seductores en la caracterización de esta iniciativa (Uribe, 2021).

No obstante, quedan latentes varias preguntas. ¿Para qué se quiere producir el H_2 (verde o del color que sea)? ¿Como gasolina para los camiones mineros? ¿En la producción de amoníaco para fertilizantes y explosivos? ¿Para fabricar metanol (insumo de plásticos, disolventes, combustibles)? ¿En otros procesos industriales de hidrogenación? Son los usos según las fuentes disponibles.

No suenan a objetivos muy "verdes" que digamos, salvo claramente en lo que respecta a emisiones de CO_2, eliminadas o compensadas... Tal vez lo más “verde” sea sustituir el petróleo por H_2 verde para combustibles, o para salvar la economía local, como parece ser el sueño de algunos magallánicos (por la energía eólica potencialmente disponible), o de empresarios mineros del norte interesados por su potencial en el rubro acción climática.

En esta línea, el Ferrocarril de Antofagasta (internacional, cubre la ruta Antofagasta-Oruro en Bolivia), ha anunciado que tiene en estudio el reemplazo del combustible de sus locomotoras de Diesel a H_2V, con el objetivo de descarbonización de sus operaciones como contribución a la lucha contra el cambio climático (Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia [FCAB], 2021).

Cabe señalar que Argentina también está lanzando una entusiasta política gubernamental para la producción de hidrógeno verde, incluyendo "millonarias inversiones" de acuerdo a la información de prensa en el medio automotriz. ¿En qué se invertiría? Pues en energía eólica, donde hay un gran potencial en el extremo sur del país vecino, tanto por el régimen de vientos como en el espacio para las instalaciones correspondientes. Se habla de inversiones del orden de 8.400 millones de dólares, para una producción máxima estimada de 2,2 millones de toneladas anuales para el 2030. El desarrollo se iniciaría en 2024 (Calaza, 2021).

No es innecesario hacer mención de estas iniciativas de países vecinos, ya que constituyen competencia a lo que se pretende producir en Chile a nivel de los mercados globales.

9.6.4. La realidad de la disponibilidad de energía verde

Cabe señalar que la industria misma está consciente de la complejidad de la instalación del H2 verde y, aunque se hable de una "fiebre por el H2 verde", compartida por un amplio espectro de actores sociales, el tema ha sido tomado seriamente con el apoyo del sector académico. La empresa opina que "El hidrógeno gris se usa en la industria, en aplicaciones en refinerías y en producción de amoníaco principalmente. Las nuevas aplicaciones de hidrógeno verde están en los sectores del transporte terrestre, marítimo y aviación, industria, electricidad, edificaciones y plantean desafíos tecnológicos y despliegue masivo de tecnologías de demanda como vehículos, motores, turbinas y calderas que usen el hidrógeno y sus derivados".

De acuerdo a la Comisión Nacional de Energía, la disponibilidad efectiva de ERNC al 2019 en Chile, insumo para la producción de H_2V como se ha dicho, se puede ver en el **Cuadro 9.4**:

Cuadro 9.4. Oferta al 2019 de Energéticos Primarios – Tcal.

Petróleo Crudo	102,53	29,66 %
Gas Natural	56,00	16,20 %
Carbón	75,02	21,70 %
Biomasa	81,17	23,48 %
Energía Hídrica	18,44	5,34 %
Energía Eólica	4,21	1,22 %
Energía Solar	5,52	1,60 %
Geotermia	1,74	0,50 %
Biogás	1,01	0,29 %
TOTAL	345,64	100 %
Eólica + Solar =	**9,73 Tcal**	**2,82%**

Fuente: (Comisión Nacional de Energía - Chile).

En otras palabras, la suma de eólica y solar (2,82%) da una disponibilidad extremadamente exigua, aun si utilizara íntegramente en la producción del mentado hidrógeno verde.

En todo caso hay profusos proyectos en curso como se muestra en los **Cuadros 9.5** y **9.6**.

El tema es sumamente dinámico y los listados se están actualizando permanentemente. El Ministerio de Energía registra 30 iniciativas en distintas etapas de desarrollo para producir derivados verdes de hidrógeno y otras 15 en proceso de obtener terrenos fiscales para instalarse. Esto a fines de diciembre 2022. Aunque puede sonar anecdótico, la prensa ha señalado que la empresa Porsche en Chile ha inaugurado el primer vehículo con combustible H2 verde, en evento avalado por el ministro de energía del actual gobierno (Muñoz, 2021). La prensa señala también un experimento de H2 casero: "2.400 clientes de la conurbación La Serena y Coquimbo, ya reciben en sus casas una mezcla de gas natural con hidrogeno verde, proveniente de la primera planta de Chile y de Latinoamérica, ubicada en el Barrio Industrial de la comuna puerto (Mursell, 2022).

Cuadro 9.5. Proyectos zona norte.

Proyecto	**Descripción**	**Fuente de energía**	**Uso proyectado para el H_2V**	**Inicio de operación proyectado**	**Estado del proyecto (a sept. 2021)**
Iniciativa HyEx	Las empresas multinacionales ENGIE y ENAEX buscan generar H_2V para producir NH_3 "verde" en la planta Prillex de ENAEX. Lugar: en principio Tocopilla	Eólica y Solar	Fabricar insumo para producir nitrato de amonio (NH_3) en región de Antofagasta Utilización del NH_3 como combustible Exportación del NH_3 Fertilizantes	2025	DIA ingresada por ENGIE

Paracelsus	La empresa Atacama Hydrogen HUB en la ciudad de Mejillones busca generar H_2V a gran escala a través de una planta electrolizadora alimentada por una planta de energía solar de 2 GW.	Solar	Generar H_2V para alimentar trenes a hidrógeno que transporten implementos relacionados con la minería Exportar H_2V al extranjero	2030	Por definir
AES Andes	Proyecto inicial realizado por AES Gener y una empresa anónima, hasta el momento no posee ubicación y se estima la necesidad de 800 MW de energía renovable para su funcionamiento	N/E	Producir NH_3 "verde" para consumo y exportación Utilizar los excedentes para producir fertilizantes y productos agrícolas	Por definir	Realizando estudio de factibilidad
Hoasis	La empresa TCI GeCOMP busca establecerse en la región de Antofagasta en predio de 9000 Ha compuestas por una instalación solar fotovoltaica con capacidad de 3GW, una electrolizadora de hidrógeno de 2,1 GW de capacidad con proyecciones de producción de 102.000 Ton de H_2V anuales, entre otras unidades.	Solar	Exportación de H_2V vía gaseoducto y barco Generar un sistema de economía circular alrededor del H_2V y el O_2 producido, para ser utilizado en agricultura, sinergias con industrias locales (minería) y combustible.	Por definir	Por definir

Fuente: Elaboración propia en base a Engie Chile, 2021; Engie Chile, 2020; Atacama Hydrogen Hub, 2022; Peña, 2021; TCI GECOMP, 2022.

Cuadro 9.6. Proyectos zona sur.

Nombre del proyecto	**Descripción**	**Fuente de Energía**	**Uso proyectado para el H2V**	**Inicio de operación proyectado**	**Estado del proyecto**
Haru Oni	Se desarrolla en región de Magallanes, Cabo Negro, al norte de Punta Arenas por la multinacional HIF en conjunto con ENEL, ENAP y otras empresas.	Eólica Utilizará energía proveniente de un aerogenera-dor de 3,4 MW y poseerá electroli-zador de 1,25 MW.	Gasolina Utilización del H_2V como combustible a través de su transformación en e-Gasolina	2022	En construc-ción
Land-scape	Se llevará a cabo en la Región de Magallanes por las empresas Trammo y HNH Energy.	Eólica Se alimentará de un aero-generador de 1,6 GW. Se busca producir 850.000 ton de NH_3 y 150.000 ton de H_2V por año.	Creación de NH3 "verde" para minería, fertilizantes entre otros Utilización del H_2V para refinería, industria del acero y química. Exportación de NH_3 y H_2V para transporte, energía, calor.	Por definir	Memorán-dum firmado. En estudio de factibilidad

Fuente: Elaboración propia en base a AustriaEnergy, 2021.

9.7. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES DE USO MENOR

9.7.1. Geotermia

La energía geotérmica es aquella que se produce en la corteza terrestre de la Tierra debido al calor existente en las distintas capas subterráneas del planeta. Se sabe que el gradiente geotérmico o temperatura aumenta unos 30°C/km (Ministerio de Energía, 2022).

Chile posee una situación privilegiada respecto de otros países entorno a las potencialidades de aprovechamiento de esta energía puesto que se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una ubicación con alta actividad geológica (Centro de Excelencia de Geotermia de Los Andes, 2022).

La energía geotérmica se clasifica según su entalpía, es decir, la cantidad de energía que puede intercambiar un sistema con su entorno. Según esto existen las siguientes clasificaciones de Entalpía según temperatura:

- Recursos de baja entalpía: inferior a los 160 C°.
- Recursos de media entalpía: entre los 160 y 200 C°.
- Recursos de alta entalpía: zonas con una temperatura superior a los 200 C°.

Un estudio del Ministerio de Energía (2018) informa que Chile tiene un potencial geotérmico de hasta 3.800 MW e inversiones por US$25 mil millones a la fecha. La generación solar y eólica han tomado el protagonismo de las energías renovables del país, pero hay otros actores, afirman, como la geotermia, que tienen un importante potencial a desarrollar. Ello, ya que en base a la prospección de los recursos existentes actualmente en Chile se cuenta con exploración suficiente para cifrar el potencial técnicamente explotable de las zonas exploradas entre 1.300 MW y 3.800MW, con un rango de inversiones entre US$9 y US$25 mil millones (Ministerio de Energía, 2018).

En el país el aprovechamiento de la energía geotérmica está regulado por la Ley 19.657 de Concesiones de Energía Geotérmica.

Según un artículo de la revista “Electricidad”, a marzo de 2020 existían aproximadamente 43.000 hectáreas en las cuales hay siete centrales dedicadas a la explotación de energía geotérmica. Estas están divididas en:

- Concesiones en el norte: la Provincia del Loa, Región de Antofagasta (8.100 Ha); en la comuna de Ollagüe (1.280 Ha); en la comuna de Calama y La Torta (3.000 Ha); Olca, comunas de Pica- Ollagüe, Región de Antofagasta (2.500 Ha).
- Concesiones en el Centro/Sur: Laguna del Maule, comunas de San Clemente Colbún (4.000 Ha); Pellado, comunas de San Clemente-Colbún, Región del Maule (16.000 Ha), Peumayén, comunas de Quilaco-Curacautín, en las regiones de Biobío-Araucanía (2.250 Ha); Tinguiririca, San Fernando, Región de O'Higgins (6.175 Ha) (Electricidad, 2021).

El **Cuadro 9.7** que sigue señala los principales proyectos de geotermia en vigencia. Cabe señalar que estos desarrollos dependen en alta medida de los acuerdos público-privados para avanzar en ellos, y que la confianza gobierno-empresa-comunidades juega un rol esencia para su éxito.

Cuadro 9.7. Proyectos de geotermia más avanzados en Chile.

Característica	**Mariposa**	**Peumayén**	**Cerro Pabellón**	**Tinguiririca**
Empresa desarrolladora	EDC / Enerco	Transmark	ENEL0	Energía Andina
MMUS$ Invertidos en desarrollo	40	100	100	40
Potencial (P90)	240 MW	300 MW	114 MW	200 MW
Estrategia Desarrollo	100 MW (50 + 50)	100 MW (50 + 50)	48 + 33 + 33 MW	100 MW (50 + 50)
Ubicación	Laguna del Maule, VII región, Chile	Volcán Tolhuaca VIII-IX regiones, Chile	Ollagüe II región, Chile	Tinguiririca VI región, Chile
Fecha entrada (si se toma decisión en Q4 2018)	Q4 2021 (1° unidad) 2024 (2° unidad)	Q4 2021 (1° unidad) 2024 (2° unidad)	Q2 2020 (3° unidad) 2024 (4° unidad)	2023 (1° unidad) 2025 (2° unidad)

Fuente: Consejo Geotérmico, 2018.

9.7.2. Energía olamotriz (undimotriz)

Esta energía proviene de la energía cinética y potencial de las olas del mar. Se puede transformar en energía mecánica o eléctrica.

El potencial de esta energía es de 25KW/m y 110 KW/m, aproximadamente, en el sur según Ocean Energy Systems.[6] Cabe señalar que esta institución produce investigación y su sitio web contiene trabajos sobre desarrollos en otros temas como la energía térmica del mar. [7]

El sitio Reporte Sostenible (abril 2021) informa que un convertidor de energía de olas fue instalado por el Centro Tecnológico Meric y Enel Green Power en la costa

[6] Recuperado de https://www.aprendeconenergia.cl/energia-undimotriz/
[7] Recuperado de https://www.ocean-energy-systems.org/

de la región de Valparaíso. Este dispositivo permitirá estudiar la generación de energía marina en condiciones oceánicas reales (Reporte Sostenible, 2021).

Enel Green Power Chile, filial de energías renovables de Enel Chile, en conjunto lideró la instalación de un PB3 PowerBuoy, el primer convertidor a escala completa de energía de las olas frente a las costas de Las Cruces, en la Región de Valparaíso. El generador de energía marina instalado por Enel Green Power es el primero de su tipo en Latinoamérica y el quinto en el mundo.

9.7.3. Energía mareomotriz

Proviene del movimiento de las mareas, aprovechando o las corrientes mareales o los cambios en el nivel de las mareas.

Existen dos tipos de mareas: las vivas o sicigias y las muertas o cuadraturas.

- Mareas vivas o sicigias: se producen en las fases de luna llena y nueva, caracterizándose por el ascenso o descenso del agua
- Mareas muertas o cuadraturas: se producen en las fases cuarto creciente y menguante.

Se destaca el potencial existente en el sur de Chile respecto a esta energía, especialmente en el Canal de Chacao y el Estrecho de Magallanes. La prensa se ha hecho eco del tema que en Chile no hay desarrollo en la materia, a pesar de su enorme potencial de costas.[8]

9.8. ENERGÍAS RENOVABLES CONVENCIONALES (ERC)

En Chile, la biomasa utilizada como leña alcanza al 24% de la matriz energética primaria de Chile que entra al sistema. Su origen es fundamentalmente el recurso forestal con alguna presencia menor de otros vegetales.

No hay cifras recientes de estimaciones del potencial de generación adicional mediante biomasa. En 2015 (Altamirano, Adison et al.) ese potencial se estimó en 26.700 GWh, los que equivalen a una potencia instalada de unos 3.400 MW. Como referencia, esta cantidad es un poco menor que la actual potencia instalada en centrales de ciclo combinado que usan gas natural (3.900 MW). La estimación anterior no incluye el potencial crecimiento de la generación mediante biogás.

[8] El Heraldo Austral, agosto 2021.

De acuerdo a los antecedentes que entrega el Ministerio de Energía, en 2008 la energía biomasa tenía una capacidad instalada de generación de 166,4 MW. Y se estima que para 2025, su potencia bruta será de 14.000 MW (Universidad Técnica Federico Santa María, 2011).

Según las cifras anteriores, la biomasa tiene todavía un potencial de crecimiento interesante para la generación eléctrica. Eso sí, ese crecimiento enfrenta varios desafíos dentro de los que se pueden mencionar la competencia por el uso del territorio, las dificultades que se observan en la aceptación de proyectos por parte de las comunidades cercanas y la necesidad de hacer que el suministro de biomasa sea continuo y en las cantidades requeridas para dar seguridad a su generación eléctrica, por mencionar tan solo los más importantes (Finat, 2022).

El Ministerio de Energía está trabajando en una nueva ley de biocombustibles sólidos, cuyo objetivo apuntaría a regularizar el mercado de la leña, uno de los formatos de la biomasa, específicamente su fiscalización por contenidos de humedad. Esta es la fuente de la contaminación atmosférica que sufren diversas ciudades del sur de Chile.[9]

Al respecto, el Estado hablando de incentivar la producción de pellets (madera procesada) para evitar la quema de leña. En un año más debiese comenzar a operar en Aysén una planta de pellets, proyecto que cuenta con una inversión de 3.500 millones de pesos y que será levantado por la empresa Ecomas, una de las principales productoras y distribuidoras de este producto en el país (Cooperativa.cl, 2022).

9.9. ENERGÍAS FÓSILES

Hay impactos importantes de la energía fósil en Chile como fuentes energéticas de la actividad productiva y doméstica. Se han señalado antes sus elementos contaminantes, la degradación de entorno por su producción, el daño a la fauna y flora, los efectos sobre la salud y muchos otros; a la par que están estigmatizadas por ser la principal causa de le generación de CO2 y otros gases degradantes de la capa de ozono; en otras palabras, de ser responsables del cambio climático de origen antrópico de las últimas décadas.

[9] Recuperado de Revista Nueva Minería y Energía, octubre 2022.

El combustible que más impacto tiene en Chile es el petróleo crudo puesto que es el que más aporta a la matriz energética. El petróleo crudo se utiliza principalmente en la fabricación de combustibles, pero también en la utilización de parafina para la calefacción del hogar. También se utiliza como compuesto en otros materiales como el PVC el cual tiene múltiples usos. Toda la industria del plástico y sus aplicaciones en campos diversos, incluyendo telecomunicaciones, computadoras, amoblado, recipientes, embalajes, automóviles, y un largo etcétera es, mayoritariamente, plástico derivado del petróleo.

Seguido a este encontramos el carbón. Este combustible fósil actualmente es el que más aporta a la huella de carbono debido principalmente a las termoeléctricas a carbón y su gran impacto ambiental. Estas son responsables del 91% de las emisiones totales de dióxido de carbono del parque eléctrico y más del 80% en todo el resto de partículas tóxicas que se emiten en el aire (Claro, 2019; Chile Sustentable, 2018).

Por último, se encuentra el gas natural que de los tres combustibles fósiles principales es el menos contaminante, por eso se ha tomado como una de las principales energías a futuro para poder realizar una transición a las ERNC menos dañina, tanto para la producción eléctrica como para el medio ambiente (Asociación Gas Natural, 2022).

Tanto el tema del carbón como el del gas natural están tratados en el capítulo de este Informe País correspondiente a los sectores Minería e Hidrocarburos. Señalamos también que los temas de contaminación atmosférica están profundizados en el capítulo de aire.

9.10. EL CAMINO HACIA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA SUSTENTABLE

Las líneas estratégicas fundamentales a seguir son las siguientes:

- **Inversión:** para poseer una alta participación de las ENRC y cumplir con los objetivos institucionales, tanto a nivel nacional como internacional, es necesario invertir en proyectos e I+D+i que permitan la creación y eficacia de estos, haciendo así que estas energías posean un rol más protagónico dentro de la matriz energética. Tal como se presenta el panorama actual hay indicios favorables, aunque no se puede pensar de manera autárquica o behaviorista en la materia, ya que el tema de la energía es crucial en estos tiempos de globalización. Cualquier país puede ver seriamente

menoscabados sus deseos de cambio, y la posibilidad de cometer errores graves (como lo fue en su momento confiar en el gas natural importado), debe ser evaluada.

- **Descentralización:** es crucial para el desarrollo del sistema energético en todos sus niveles la existencia de un sistema que permita la descentralización tanto de su uso, como de su fuente, de su manejo, etc. Esto debido a que a través de un sistema descentralizado se podría mejorar la accesibilidad de la energía para todas las personas y el tratamiento de problemas específicos para cada región, un factor fundamental para lograr un desarrollo que efectivamente permia que en las regiones queden los frutos de la utilización sustentable de su patrimonio de recursos naturales.
- **Medio ambiente:** es crucial para la situación ecológica mundial esta línea estratégica, cosa que ya ha ratificado Chile mediante acuerdos y el establecimiento de metas de logro con respecto al sector energético. Por esto, todas las decisiones que se realizan en torno a la energía deben tener como pilar un enfoque sustentable desde el punto de vista de las amenazas del calentamiento global, del cual Chile es un país que se está viendo afectado de manera significativa.

Este conjunto de líneas estratégicas se profundizarán con mayor detalle en la Cuarta Parte de este informe, referida a la propuesta de cambio en el estilo desarrollo.

9.11. Conclusiones generales

El paso del Informe País 2018 al actual, ha cambiado el panorama del tema energía en el país, que ha dado un vuelco debido sobre todo a:

- El proyecto de nueva constitución, el cual aun cuando fue rechazado por la población en un plebiscito, contiene elementos que en cualquier propuesta alternativa deberían incorporarse, si es que se desea hacer un cambio estratégico en la orientación del país en el tema de la energía, y como una respuesta a la aún vigente visión de la sociedad chilena por una transformación en materia constitucional.
- La política del gobierno entrante, que se ha autodefinido con un enfoque ambientalista, entre otros conceptos, y por lo tanto debería ir empujando estrategias de recambio en materia energética, lo cual es un pilar fundamental en cualquier propuesta de sociedad más inclinada hacia la sustentabilidad y así superar algunos problemas ya endémicos en materia de contaminación, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y otros factores de alta relevancia sobre todo a nivel regional y local, y que están ligados con la energía y sus consecuencias.
- El contexto internacional, que ha cambiado con la guerra Rusia-Ucrania, y que significará sea exigencias mayores o relajos en materia de política

> energética y sus implicancias ambientales, con efectos sean positivos o negativos para la calidad del medio ambiente en Chile, y que seguirá siendo clave dada la dependencia del país en los combustibles fósiles, de los cuales carece de reservas y lo hace un importador neto.

El país se halla en un proceso de transición hacia energías más limpias, sobre todo ERNC. Aún cuando la cantidad de iniciativas de inversión en la materia es grande, por mucho que algunas se hayan revelado inciertas, permite señalar que, si la política del gobierno se consolida, logra involucrar a los sectores privados, y favorecer vía instrumentos de fomento e incentivo a los sectores productivos, podrá apurar los avances deseados, y con eso descarbonizar sus actividades y reducir los efectos ambientales negativos de las energías sucias. No solo las energías fósiles (petróleo, carbón) sino también la ERC, en especial el uso de biomasa vegetal.

Todo esto sin olvidar que está por medio el objetivo de toda política ambiental, que es mejorar la calidad ambiental sobre la base de mejores prácticas, en especial en los sectores productivos, aunque también en la población; ya que, como se ha señalado, es necesario cumplir con los compromisos internacionales de cambio climático y por ende acceder a los tradicionales y nuevos instrumentos que han surgido de las últimas convenciones.

En el marco de lo anterior, no se puede dejar de señalar los esfuerzos importantes que se deben hacer para asegurarse un lugar entre los productores mundiales relevantes de H_2 verde, considerado una fuente de energía del futuro. Esto porque la presencia de ERNC es aún escasa en la matriz primaria, aunque se señalan avances en la generación eléctrica; éstas son fundamentales para que el H2 verde sea realmente una opción limpia. Al respecto, se han reportado importantes proyectos de ERNC, los datos son aún inciertos, hay un tema coyuntural, potencial crisis del sector, por quiebras y exigencias ambientales, por sus dificultades para acceder a los mercados de distribución.

Por último, una condicionante global: el sector energía (generación, importación y distribución) está fundamentalmente en manos privadas; en otras palabras, no habrá avance sin armonizar los deseos del gobierno y los intereses privados, utilizando los instrumentos que están disponibles, empezando por los acuerdos público-privados y/o privado-públicos. Esto debe ser central en la política energética nacional.

9.12. BIBLIOGRAFÍA

ACERA. (2022). CNE: 2022 parte con 166 proyectos ERNC en construcción por 4.473 MW a incorporar. Recuperado de https://acera.cl/cne-2022-parte-con-166-proyectos-ernc-en-construccion-por-4-473-mw-a-incorporar/#:~:text=Un%20total%20de%20166%20proyectos,Nacional%20de%20Energ%C3%ADa%20(CNE).

Alcalde, S. (03 de enero de 2023). Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo. National Geographic España. Recuperado de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897

Aleasoft Energy Forecasting. (15 de diciembre de 2020). El hidrógeno y toda su gama de colores. El periódico de la energía. Recuperado de https://elperiodicodelaenergia.com/el-hidrogeno-y-toda-su-gama-de-colores/

Antofagasta Minerals. (2022). Parque Eólico El Arrayán: energía más limpia para Los Pelambres. Recuperado de https://web.pelambres.cl/comunicaciones/noticias/2018/parque-e%C3%B3lico-el-array%C3%A1n-energ%C3%ADa-m%C3%A1s-limpia-para-los-pelambres/

Asociación Gas Natural. (2022). Qué es el gas natural. Recuperado de https://www.agnchile.cl/gas-natural/

Atacama Hydrogen Hub. (2022). Paracelsus, a large-scale electrolysis facility sun powered. Recuperado de https://atacamahydrogenhub.com/

AustriaEnergy. (2021). Green Hydrogen. Recuperado de https://www.austriaenergy.com/en/green-hydrogen/

Cabello, M. (01 de junio de 2020). Enel Green Power construye extensión del parque solar Finis Terrae. Reporte Minero. Recuperado de https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2020/06/enel-green-power-construye-extension-del-parque-solar-finis-terrae#:~:text=Enel%20Green%20Power%20Chile%20inici%C3%B3,286%20MW%20de%20potencia%20instalada.

Calaza, H. (05 de noviembre de 2021). Todo sobre el hidrógeno verde que se produciría en Argentina. Recuperado de https://noticias.autocosmos.cl/2021/11/05/todo-sobre-el-hidrogeno-verde-que-se-produciria-en-argentina

Campos, C. (19 de diciembre de 2019). Para Pymes y privados: la guía de concursos que financian proyectos de energía solar en Chile. La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/tiempo-de-actuar/noticia/pymes-privados-la-guia-concursos-financian-proyectos-energia-solar-chile/945909/

Carey, A. (2021). Hidrogeno verde: una revolución en la Constitución. Diario Sustentable. Recuperado de https://www.diariosustentable.com/2021/03/hidrogeno-verde-una-revolucion-en-la-constitucion/

Centro de Excelencia de Geotermia de Los Andes. (2022). Geotermia en Chile. Recuperado de http://www.cega-uchile.cl/informacion-de-interes/geotermia-en-chile/

Chile Sustentable. (2018). Impactos de las termoeléctricas a carbón en la salud de la población local. Recuperado de https://www.chilesustentable.net/publicacion/impactos-de-las-termoelectricas-a-carbon-en-la-salud-de-la-poblacion-local/

Claro, H. (10 de octubre de 2019). El impacto ambiental de las 6 centrales a carbón que cerrarán en 2024. El Dínamo. Recuperado de https://www.eldinamo.cl/pais/2019/10/10/el-impacto-ambiental-de-seis-centrales-a-cerrar-en-2024/

Colbun. (2022). Parque eólico horizonte. Recuperado de https://horizonte.colbun.cl/

Consejo Geotérmico. (2018). Geotermia como alternativa de reemplazo al carbón. Recuperado de https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/20180925_presentacion_consejo_geotermico_-_sesion_5.pdf

Cooperativa.cl. (06 de octubre de 2022). Planta productora de pellet se instalará en Coyhaique.

Cooperativa.cl. Recuperado de https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-aysen/planta-productora-de-pellet-se-instalara-en-coyhaique/2022-10-06/181724.html

Cooperativa.cl. (26 de octubre de 2022). Anuncian proyecto de hidrógeno verde por 6.000 millones de dólares en Tierra del Fuego. Cooperativa.cl. Recuperado de https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-magallanes/anuncian-proyecto-de-hidrogeno-verde-por-6-000-millones-de-dolares-en/2022-10-26/143611.html

EDF Renewables. (2022). Bolero. Recuperado de https://www.edf-renouvelables.com/en/project/bolero/

Electricidad. (2017). El Romero Solar: Se inaugura la planta fotovoltaica en operación más grande de América Latina. Recuperado de https://www.revistaei.cl/reportajes/el-romero-solar/

Electricidad. (2020). Hidrógeno verde: Qué es, cómo se produce y cuál es su «impresionante» potencial en Chile. Recuperado de https://www.revistaei.cl/2020/01/24/hidrogeno-verde-que-es-como-se-produce-y-cual-es-su-impresionante-potencial-en-chile/

Electricidad. (2021). Geotermia: concesiones de explotación vigentes en Chile totalizan más de 43.000 hectáreas. Recuperado de https://www.revistaei.cl/2020/03/27/geotermia-concesiones-de-explotacion-vigentes-en-chile-totalizan-mas-de-43-000-hectareas/#

ENEL. (2022a). Planta Solar Finis Terrae. Recuperado de https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales/planta-solar-finis-terrae.html

ENEL. (2022b). Parque Eólico Sierra Gorda Este. Recuperado de https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales/parque-eolico-sierra-gorda-este.html

ENEL Perú. (2018). ¿Qué es la energía eólica y cómo funciona? Recuperado de https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-eolica-y-como-funciona.html

Energy Partnership Chile-Alemania. (2022). Acerca de la Energy Partnership. Recuperado de https://www.energypartnership.cl/es/home/

ENGIE Chile. (Productor). (05 de noviembre de 2020). Proyecto HyEx. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=DQpdXEgREBk

ENGIE Chile. (2021). ENGIE INGRESA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EVALUAR PILOTO INDUSTRIAL DE HIDRÓGENO VERDE EN ANTOFAGASTA. Recuperado de https://www.engie.cl/engie-ingresa-declaracion-de-impacto-ambiental-para-evaluar-piloto-industrial-de-hidrogeno-verde-en-antofagasta/

Espinoza, D. (28 de octubre de 2021). Hidrógeno Verde: Egresada lucha por impulsar el "combustible del futuro" en nuestro país. Facultad de Comunicación e Imagen. Recuperado de https://fcei.uchile.cl/noticias/181198/egresada-lucha-por-factibilidad-economica-del-hidrogeno-verde-en-chile

Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (FCAB). (2021). FCAB proyecta transformar locomotoras 100% a Hidrógeno Verde. Recuperado de https://www.fcab.cl/2021/10/25/fcab-proyecta-transformar-locomotoras-100-a-hidrogeno-verde/

Finat, C. (22 de agosto de 2022). Biomasa: Oportunidades para la transición energética. Revista Nueva Minería y Energía. Recuperado de https://www.nuevamineria.com/revista/biomasa-oportunidades-para-la-transicion-energetica/

Fundación Chile (FCh). (2022). Una oportunidad estratégica para Chile : Hidrógeno verde. Recuperado de https://fch.cl/iniciativa/hidrogeno-verde/

Garcia, N. (2021a). Matriz energética y eléctrica en Chile. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN_Matriz_energetica_electrica_en_Chile.pdf

Garcia, N. (2022b). Carbono neutralidad en el sector energético de Chile. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32578/1/BCN_Carbononeutralidad_en_el_sector_energetico_Chile_15Oct._Rev._RT01_edPM.pdf

Generadoras de Chile. (2019). Energía eólica: Consolidando proyectos. Recuperado de http://generadoras.cl/prensa/energia-eolica-consolidando-proyectos

Gestacur. (2022). Parque Conejo Solar. Recuperado de https://www.gestacur.com/proyectos/parque-conejo-solar/#:~:text=Parque%20Conejo%20Solar%20El%20proyecto%20Conejo%20Solar%20consiste,total%20de%201%2C26%20millones%20de%20m%C3%B3dulos%20fotovoltaicos%20solares

Glenk, G., & Reichelstein, S. (2019). Economics of converting renewable power to hydrogen. Nature

Energy, 4, 216-222. doi: 10.1038/s41560-019-0326-1

Guillou, V. (06 de octubre de 2022). El retiro de un proyecto eólico por US$ 500 millones: lo que acusan las empresas y lo que responden las autoridades. La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/pulso/noticia/el-retiro-de-un-proyecto-eolico-por-us-500-millones-lo-que-acusan-las-empresas-y-lo-que-responden-las-autoridades/4WJVZ3BDG5HKFDHQ3QXU34N6H4/

Ini, L. (11 de agosto de 2022). La fotovoltaica aumentó en un año un 41% su aporte a la generación de la electricidad en Chile. Pv Magazine. Recuperado de https://www.pv-magazine-latam.com/2022/08/11/la-fotovoltaica-aumento-en-un-ano-un-41-su-aporte-a-la-generacion-de-la-electricidad-en-chile/

Latin America Power. (2022). Parque Eólico San Juan. Recuperado de https://parquesanjuan.com/

Ministerio de Energía. (2015). Guía para la elaboración de Planes Energéticos Régionales : Estructura y Contenidos. Recuperado de https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/554

Ministerio de Energía. (2018). Sarco: Parque Eólico instalado en Freirina presenta un 80% de avance en su construcción. Recuperado de https://energia.gob.cl/noticias/atacama/sarco-parque-eolico-instalado-en-freirina-presenta-un-80-de-avance-en-su-construccion

Ministerio de Energía. (2021). Anuario Estadístico de Energía. Recuperado de https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2022/07/AnuarioEstadisticoEnergia2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2021. Estrategia Climática de Largo Plazo 2050. Recuperado de https://cambioclimatico.mma.gob.cl/estrategia-climatica-de-largo-plazo-2050/descripcion-del-instrumento/

Munita, I. (23 de agosto de 2022). Presidente anuncia la producción de la primera molécula de hidrógeno verde en Chile: "Es una nueva industria". Emol. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/12/08/1080499/reglamento-potencia-critica-sector-electrico.html

Munita, I. (08 de diciembre de 2022). Alerta en sector energético: Industria en picada contra nuevo y "crucial" reglamento de potencia que prepara el Gobierno. Emol. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/12/08/1080499/reglamento-potencia-critica-sector-electrico.html

Molina, T. (26 de agosto de 2021). El mayor exportador mundial a 2040: El potencial de la naciente industria del hidrógeno verde en Chile. Emol. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2021/08/26/1030746/hidrogeno-verde-potencial-industria-chile.html

Muñoz, J. (20 de diciembre de 2021). Empresa chilena inicia producción de hidrógeno verde: un Porsche es el primero en llenar el estanque. BioBio Chile. Recuperado de https://www.biobiochile.cl/noticias/economia/negocios-y-empresas/2022/12/20/empresa-chilena-inicia-produccion-de-hidrogeno-verde-un-porsche-es-el-primero-en-llenar-el-estanque.shtml

Mursell, K. (17 de diciembre de 2022). En La Serena y Coquimbo inyectan hidrógeno verde a redes de gas natural. Cooperativa.cl. Recuperado de https://cooperativa.cl/noticias/pais/regiones/en-la-serena-y-coquimbo-inyectan-hidrogeno-verde-a-redes-de-gas-natural/2022-12-17/133859.html

Next City Labs. (19 de agosto de 2021). El futuro de la energía solar en el mundo. Recuperado de https://nextcitylabs.com/global/es/el-futuro-de-la-energia-solar-en-el-mundo/

Osorio, J.C., Pérez, J., y Reyes, L. (2021). Hidrógeno Verde en Chile: ¿la gran oportunidad para crear un modelo de desarrollo ejemplar? Recuperado de https://www.ciperchile.cl/2021/05/29/hidrogeno-verde-en-chile-la-gran-oportunidad-para-crear-un-modelo-de-desarrollo-ejemplar/

Pares & Alvarez. (2022). Campo Solar “Luz del Norte”. Recuperado de https://www.pya.cl/sector/campo-solar-luz-del-norte/

Peña, K. (24 de agosto de 2021). El boom del hidrógeno verde sigue creciendo en Chile: se triplican los proyectos y se concentran en cuatro regiones. Diario Financiero. Recuperado de https://www.infraestructurapublica.cl/wp-content/uploads/2021/08/Proyectos-de-hidrogeno-verde-en-Chile-se-triplican-y-se-concentran-en-Antofagasta-Valparaiso-Biobio-y-Magallanes-Diario-Financiero.pdf

Peña, K. (09 de septiembre de 2021). Gasvalpo se une a apuestas por el hidrógeno verde y presenta proyecto para inyectarlo en redes de gas. Diario Financiero. Recuperado de https://www.df.cl/empresas/energia/gasvalpo-se-une-a-apuestas-por-el-hidrogeno-verde-y-presenta-proyecto

Reporte Sostenible. (22 de abril de 2021). Energía undimotriz: Instalan en Chile el primer convertidor de energía de olas a escala completa. Reporte Sostenible. Recuperado de https://reportesostenible.cl/blog/energia-undimotriz-instalan-en-chile-el-primer-convertidor-de-energia-de-olas-a-escala-completa/#:~:text=Hidr%C3%B3geno%20febrero%202020-,Energ%C3%ADa%20undimotriz%3A%20Instalan%20en%20Chile%20el%20primer%20convertidor%20de,de%20olas%20a%20escala%20completa&text=El%20convertidor%20de%20energ%C3%ADa%20de,de%20la%20Regi%C3%B3n%20de%20Valpara%C3%ADso.

Reporte Sostenible. (07 de enero de 2020). En funcionamiento parque Eólico Aurora, el más grande de Los Lagos. Reporte Sostenible. Recuperado de https://reportesostenible.cl/blog/en-funcionamiento-parque-eloico-aurora-el-mas-grande-de-los-lagos/

Repsol. (2022). La energía del viento. Recuperado de https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-eolica/index.cshtml#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20en%20funci%C3%B3n,energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20offshore.%20Energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20terrestre%20u%20onshore

Romero, R. (2015). Perspectivas de desarrollo de la Energía Solar en Chile SERC como caso de estudio (memoria de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Rudnick, H. (s.f). Contexto y marco legal de los PMGD en Chile. Recuperado de http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/impact/Impacto_de_PMGD/Contexto_y_Marco_Legal_ de_los_PMGD_en_Chile.htm

Salazar, D. (09 de diciembre de 2022). Transición Energética Acelerada o Precipitada. La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/opinion/noticia/columna-de-daniel-salazar-transicion-energetica-acelerada-o-precipitada/2BW2XP2OFJBHJAWAGNWDEQNOYM/

Sánchez, P. (20 de agosto de 2020). Luz del Norte, en Chile, es la primera planta solar del mundo en ofrecer servicios auxiliares de red. Pv Magazine. Recuperado de https://www.pv-magazine-latam.com/2020/08/20/luz-del-norte-en-chile-es-la-primera-del-mundo-en-ofrecer-servicios-de-red/

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2020). GUÍA PARA LA DESCRIPCIÓN DE CENTRALES EÓLICAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SEIA. Recuperado de https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2020/03/13/guia_dp_centrales_eolicas_version_2.pdf

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022a). Ficha del Proyecto: Parque Eólico Entre Ríos. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2139246650

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022b). Ficha del Proyecto: PARQUE EÓLICO OVEJERA SUR. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2151788123

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022c). Ficha del Proyecto: Parque Eólico Culenco. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2151873849

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022d). Participación Ciudadana y Consulta Indígena. Recuperado de https://www.sea.gob.cl/participacion-ciudadana-y-consulta-indigena

TCI GECOMP. (2022). HOASIS. Recuperado de https://tci-gecomp.com/project/hoasis/

Tesla Energy. (2021). Energía Solar en Chile. Recuperado de https://teslaenergy.cl/energia-solar-en-chile/

The International Energy Agency (IEA). (2022). Data and statistics. Recuperado de https://www.iea.org/data-and-statistics

Universidad Técnica Federico Santa María. (2011). Biomasa en Chile: Una fuente viva y natural de energía. Recuperado de https://noticias.usm.cl/2011/02/11/biomasa-en-chile-una-fuente-viva-y-natural-de-energia/#:~:text=Situaci%C3%B3n%20en%20Chile,bruta%20ser%C3%A1%20de%2014.000%20MW

Uribe, M. (29 de enero de 2021). Investigadores del Núcleo INVENT UACh integran proyecto iberoamericano en torno al hidrógeno verde. Diario UACh. Recuperado de https://diario.uach.cl/investigadores-del-nucleo-invent-uach-integran-proyecto-iberoamericano-en-torno-al-hidrogeno-verde/

Vásquez Elías, J. (2013). Cogeneración solar: integración entre minería y energía (memoria de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.


FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

DESASTRES SOCIONATURALES



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

DESASTRES SOCIONATURALES

Autores:
Sergio Galilea Ocón (1)
Leandro Espíndola (2)
Gustavo Orrego Méndez (3)

Asistentes de investigación:
Ignacia Fernández Segura (4)
Gabriela Oporto Tapia (4)
Isadora Herrera Aranda (4)

(1) Académico y Director del Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Investigador y Coordinador del Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(3) Investigador y Coordinador del grupo de investigación en Medio Ambiente, Ordenamiento Territorial y Cambio Climático del Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(4) Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 10. CAMBIO CLIMÁTICO Y DESASTRES SOCIONATURALES
Sergio Galilea, Leandro Espíndola, Gustavo Orrego, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP

Asistentes de Investigación: **Ignacia Fernández Segura, Gabriela Oporto, Isadora Herrera**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas

---

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **6**

AGRADECIMIENTOS **8**

10. Desastres socionaturales **10**

10.1. Introducción *10*

10.2. Las complejas tendencias críticas del cambio climático y el futuro de acción de la ONU *15*

10.2.1. Síntesis de los Informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 15

10.2.2. La contribución de organismos internacionales sobre la materia (CEPAL, FAO, BID y Hábitat) 21

10.2.3. Acuerdos COP 25, 26 y 27 23

10.2.4. Marco de Sendai y Objetivos de Desarrollo Sostenible 27

10.3. Análisis macrorregional de los desastres socionaturales en Chile: características esenciales y casos emblemáticos *31*

10.3.1. Justificación de la visión macrorregional 31

10.3.2. Macrorregión norte 33

10.3.3. Macroregión centro 39

10.3.4. Macroregión sur 51

10.3.5. Macroregión austral 60

10.3.6. Casos emblemáticos 71

10.3.7. Área Metropolitana de Santiago 80

10.4. Institucionalidad para enfrentar el cambio climático y los desastres socionaturales *89*

10.4.1. Institucionalidad para la prevención y respuesta a los desastres socionaturales 89

10.4.2. Institucionalidad para enfrentar el cambio climático 102

10.4.3. Gasto Presupuestario en materias relativas al Cambio Climático año 2021 108

10.4.4. Asociatividad público-privada y el rol clave del tercer sector 113

10.5. Los instrumentos de gestión del cambio climático y desastres socionaturales *117*

10.5.1. Los instrumentos para la gestión del riesgo de desastres 117

10.5.2. Los instrumentos para la gestión del cambio climático *124*

10.5.3. El riesgo de desastres en los Instrumentos de Planificación Territorial 135
10.6. Riesgos y Tendencias Futuras *150*
10.6.1. Síntesis del Informe Climate Change 2022 del IPCC 150
10.7. Propuestas y/o recomendaciones para Políticas Públicas *157*
10.7.1. Lineamientos generales estratégicos 158
10.7.2. Los cambios en los estilos de desarrollo presiden las políticas públicas frente a desastres 160
10.7.3. Las Políticas Públicas para afrontar los desastres socionaturales 161
10.8. BIBLIOGRAFÍA *163*
10.9. Anexos y Apéndices *173*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Sergio Galilea y Leandro Espíndola.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes

señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

10. Desastres socionaturales

Autores: Sergio Galilea Ocón[1], Leandro Espíndola Vergara[2] y Gustavo Orrego Méndez[3]

Asistentes de investigación: Ignacia Fernández Segura[4], Gabriela Oporto Tapia[712] e Isadora Herrera Aranda[712].

10.1. Introducción

Hay fundadas razones para incorporar en esta edición del Informe País los "desastres socionaturales" y su vinculación con el "cambio climático". Aunque parcialmente tratado en versiones anteriores, estos eventos desastrosos constituyen fenómenos cada vez más recurrentes. En torno a ellos, es preciso establecer cuáles son, cómo han evolucionado y el modo en que el aumento de la temperatura media del planeta ha generado presiones adicionales para acentuar desastres sin precedentes.

Los aluviones que afectaron el norte del país el año 2015 y los mega incendios que devastaron el secano costero del centro-sur del territorio nacional en 2017 se han constituido en desastres de connotación mundial. En ambos casos, estos complejos fenómenos fueron señalados en la esfera planetaria como catástrofes de "gran magnitud", se constituyeron en eventos cualitativamente superiores a sus precedentes nacionales, requirieron movilizar a las agencias públicas y privadas para su enfrentamiento, incidieron en un severo ajuste del presupuesto nacional de inversión y de operación, sobrepasaron por mucho las capacidades nacionales.

Las catástrofes anteriores se explican, casi en su totalidad, por la exacerbación de la crisis climática. Las características del país permiten clasificarlo como un país vulnerable al cambio climático y con un acentuado riesgo de desastres. Para ello, hay diferentes razones que nos llevan a explicar esta "especificidad desastrosa

[1] Académico y Director del Centro de Análisis de Políticas Públicas.
[2] Investigador y Coordinador del Centro de Análisis de Políticas Públicas.
[3] Investigador y Coordinador del grupo de investigación en Medio Ambiente, Ordenamiento Territorial y Cambio Climático del Centro de Análisis de Políticas Públicas.
[4] Estudiante de Administración Pública, Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

chilena", mismas que han sido tratadas a lo largo de los capítulos de la segunda parte de este informe.

La mega sequía que se ha extendido por más de una década ha implicado efectos durísimos, algunos irreversibles, respecto de la cantidad del recurso hídrico, lo cual ha modificado severamente la capacidad nacional de producción agrícola y alimentaria, ha transformado con fuerza las características de los ecosistemas frágiles a escala nacional y local, y compromete de forma importante el desarrollo y la diversificación productiva futura del país.

Otro tanto ocurre con los cambios observados en el "régimen de precipitaciones". Específicamente, se destaca una disminución de las precipitaciones en la mayor parte del territorio nacional durante la última década. Adicionalmente, es posible prever un cambio en las clasificaciones climáticas en la zona central del país, la que pasará de un "clima templado" a una nueva fase de "clima semi-árido".

Precipitaciones sorpresivas, en lugares no tradicionales, de una intensidad inusitada y en un marco de climas predominantemente cálidos, han generado condiciones graves de "riesgo aluvional" en muchos de los territorios. Las elevadas isotermas de estos eventos meteorológicos generan en muchas quebradas y cursos de ríos cordilleranos una tendencia agravada para los fenómenos aluvionales violentos. Adicionalmente, la masa de nieve ha disminuido severamente, muchos glaciares se encuentran en fase terminal o muy debilitados, y las consecuencias sobre el abastecimiento del recurso hídrico se van estrechando cada vez más.

Todo lo anterior ha ido afectando los equilibrios basales de los ecosistemas naturales y, en particular, de aquellos que estaban ya presentando fragilidades importantes. En suma, el aumento en la temperatura media del planeta, ha agravado los fenómenos aluvionales, confiriéndoles una fuerza que ha estado "totalmente fuera de rango".

La misma situación se repite en el caso de los incendios forestales que se han producido en las zonas urbanas y rurales del país. Eventos como los de enero y febrero de 2017 con más de 500 focos simultáneos, de una intensidad enorme y cubriendo una extensión longitudinal y transversal inusual (linealmente más de 800 kilómetros) dan cuenta de ello.

Lluvias desérticas “templadas” y estos maxi-incendios en una extensa geografía, están directamente asociados al cambio climático. En la primera situación, se presentaron precipitaciones intensas y “fuera de estación”, las cuales generaron un fenómeno aluvional durísimo y destructivo en casi 1000 kilómetros del norte chileno. En la otra, las olas de calor extendidas y sin precedentes, humedades bajas y un régimen intenso y variable de viento, generaron una combinación crítica de factores.

Estos mega fenómenos son aún más críticos cuando se producen en territorios caracterizados por una pobreza y desigualdad social manifiesta, que implican una alteración fortísima a poblaciones que deben ser desplazadas urgentemente y, posteriormente, ser asistidas social y económicamente. De hecho, hablamos en estos casos de desastres socionaturales para dar cuenta que no solo se trata de una combinación de factores climáticos y naturales, sino que también hay factores sociales inherentes a los asentamientos humanos que influyen en la magnitud de estos fenómenos.

Siendo muy significativas estas catástrofes, Chile asiste en la última década a fenómenos recurrentes de la naturaleza como las descritas, que consolidan un crítico riesgo aluvional y de incendios de enorme envergadura en la amplia y diversa geografía nacional.

El litoral costero enfrenta marejadas y otras manifestaciones críticas periódicas, en un número que es “tres veces” lo que teníamos hasta hace pocos años. Efectos tremendos como la reducción de las playas, invasión oceánica permanente en las ciudades costeras, drásticas alteraciones de las riquezas marítimas, modalidades de extracción cada vez más complejas, y el aumento grave de la acidificación oceánica, hacen que esta amenaza se acentúe cada vez más. En los hechos, Chile participa del grupo de Naciones Isleñas y Costeras convocado por Naciones Unidas, que le asigna al “riesgo oceánico” un rol preponderante en graves fenómenos críticos futuros. Es probable que, a mediano plazo, esta sea la amenaza más dura que deba enfrentar Chile, puesto que el océano expande sus fronteras costeras y desde la Antártica chilena se desprenden hielos gigantescos, agregando riesgos a las costas y aumentando críticamente el volumen oceánico.

Además, se han constatado trombas marinas y otros fenómenos inhabituales en las costas chilenas y, ciertamente, se han comenzado a percibir disminuciones y alteraciones importantes de las especies costeras habituales. Es destacable la

insuficiencia de defensas costeras y los proyectos para enfrentar la situación implican grandes cantidades de recursos económicos que los hacen difíciles de solventar. En síntesis, la amenaza oceánica está “a la vuelta de la esquina” y comienza a manifestarse paulatinamente. Los casos graves en los países nórdicos e insulares nos muestran la amenaza oceánica en toda su dimensión crítica.

Otro tanto ocurre con el “riesgo metropolitano” que se observa con nitidez en Ciudad de México, Bogotá, Lima y otras metrópolis regionales. Las grandes ciudades chilenas, con su expansión incesante y los riesgos propios de sistemas ecológicos de pertenencia, se gestionan y operan cada vez más con un “riesgo agregado”. Ello ha ocurrido con la recurrencia de grandes incendios, paralizaciones críticas y cada vez más periódicas de sus sistemas de transporte público, problemas graves de abastecimiento de agua y de recursos energéticos. Santiago de Chile, donde su localización geográfica y desigualdad social le agregan criticidad a su operación cotidiana, está amenazado además por la acción de su precordillera, lo que ha significado en la última década un estructural problema de abastecimiento y provisión de agua potable.

Santiago presenta severos problemas en su sistema de transporte público, solo atenuado por el metro, el que es de gran complejidad y de creciente costo y subsidio público. Por otra parte, el aumento excesivo del parque automotriz privado post pandemia, ha agravado la crisis de congestión estructural en muchas vías y zonas de la capital. La metrópolis opera en un marco de creciente “riesgo”, como se observa en su operación habitual cuando existen lluvias ocasionales con inundaciones crecientes y en la operación cada vez más irregular de sus servicios esenciales. Escasamente se ha avanzado en una planificación urbana que valore las zonas interiores y detenga una expansión incontrarrestable sobre sus entornos naturales. Otro tanto ocurre con ciudades de rango medio mayor como Antofagasta, Valparaíso-Viña, Concepción-Talcahuano, Temuco y Puerto Montt.

Pueden añadirse otros riesgos climáticos chilenos que apuntan a la notable disminución de la biodiversidad local, lo que está comunicando debilidades severas a los ecosistemas de especial fragilidad. Cada cierto tiempo se constatan trabajos que hablan de una disminución irreversible de especies en el territorio nacional, del desplazamiento hacia el sur de las formas agrícolas de producción y cultivo, un desplazamiento cada vez más austral de la salmonicultura y de alteraciones graves en los ecosistemas naturales, producto de una desertificación que avanza sostenidamente hacia el sur.

Todo lo anterior se gesta en el marco de limitadas capacidades de respuesta en las políticas públicas al efecto. A pesar de estar instaurándose un nuevo Sistema Nacional de Protección Civil, las instituciones dedicadas a emergencias y desastres son de estructura, funcionamiento y capacidades profesionales limitadas. Altamente centralizadas en su operación, tienen dificultades severas para enfrentar el origen de los desastres. Es particularmente criticable su accionar preventivo en todo aquello referido a los desastres de connotación climática. Su experticia reconocida en terremotos y tsunamis, que se ha desarrollado al calor de experiencias muy activas y que incluso incorpora a la población organizada en riesgo, no es extrapolable a aluviones, mega incendios y otros desastres climáticos.

Aunque Chile ha mostrado cierta capacidad operativa y de gestión frente a desastres, como ocurre en los eventos sísmicos, se ha observado una limitación compleja de "respuesta pública" en esta temática. A lo anterior se agregan experiencias promisorias, pero insuficientes de asociación público-privada, que, en otras latitudes, es la forma predominante para enfrentar estos desastres socionaturales.

Los mega incendios de 2017 mostraron capacidades de respuesta importantes, aun en el marco del déficit estructural público de prevención y respuesta a catástrofes. En los hechos, la total destrucción de la localidad de Santa Olga dio lugar a una reconstrucción señera y pionera sobre la materia, que fue recogida en una publicación de la Facultad de Gobierno (INAP en ese momento) al efecto. La reconstrucción de Santa Olga es un ejemplo de respuesta público-privada, de colaboración con las Fuerzas Armadas y de esquemas de trabajo conjunto con los gobiernos regionales y los municipios. Pero, desafortunadamente, se trata de la excepción y no de la norma. También la reacción público-privada en los aluviones, especialmente en la región de Atacama, fue destacada en el mismo sentido.

Es muy probable que, en los dos casos de catástrofes señaladas, la magnitud enorme de la emergencia y la desprotección evidente en que quedaban muchas localidades y población, haya incidido en este comportamiento excepcional. El liderazgo presidencial, las autoridades subnacionales, las FFAA y las empresas privadas con importante arraigo en los respectivos territorios, contribuyó a experiencias todavía insuficientemente sistematizadas y aprendidas. En el estándar internacional de Naciones Unidas y su oficina de desastres, ambas

respuestas gubernamental y social han sido consideradas destacadamente. El desafío es ahora pasar “de la excepción a la norma”.

No obstante, los problemas y los riesgos climáticos en Chile parecen avanzar a una velocidad que supera con mucho las capacidades institucionales y de recursos para respuestas orgánicas, profesionales y oportunas.

Por último, el riesgo climático y los desastres socionaturales asociados, deben ser estudiados con detalle en todo el territorio nacional, con sus innegables particularidades y desafíos. También ello ha sido trabajado en un estudio macro regional efectuado por la Facultad de Gobierno (INAP en ese entonces), que define problemas, diagnósticos y prácticas regionales. En particular, existe una publicación específica y completa sobre la situación del Área Metropolitana de Santiago.

Las siguientes líneas y reflexiones darán cuenta de un enfoque pormenorizado del riesgo climático chileno, en el amplio espectro de su diversidad geográfica y ecosistémica. En cada situación regional observaremos riesgos y márgenes de acción, destacando la posibilidad de ampliar esos márgenes con acciones más profesionales, más focalizadas y más oportunas. Estas páginas complementan los esfuerzos que sobre el conjunto de las visiones sectoriales se definen en el presente Informe País.

Se concluirá este capítulo con propuestas de política pública, de acción asociada público-privada, de la comunidad científica, de los emprendedores en cada región del país y de la acción sistemática de un sistema de respuesta a catástrofes, que es cada día más urgente y necesario.

10.2. Las complejas tendencias críticas del cambio climático y el futuro de acción de la ONU

10.2.1. Síntesis de los Informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en el esfuerzo de cooperación internacional para combatir y minimizar el avance del cambio climático, crea en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC),

cuyo objetivo es "*facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta*" (IPCC, s.f).

Su esfuerzo como órgano científico es examinar y evaluar bibliografía científica, técnica y socioeconómica (artículos, trabajos, informes, estudios entre otros) más actualizadas de todas las regiones del mundo para lograr una mayor comprensión sobre el cambio climático y sus efectos colaterales.

En el sexto ciclo de evaluación, el IPCC ha conformado tres informes especiales y un informe metodológico sobre los inventarios nacionales de gas de efecto invernadero (GEI). A continuación, se detalla sintéticamente estos informes.

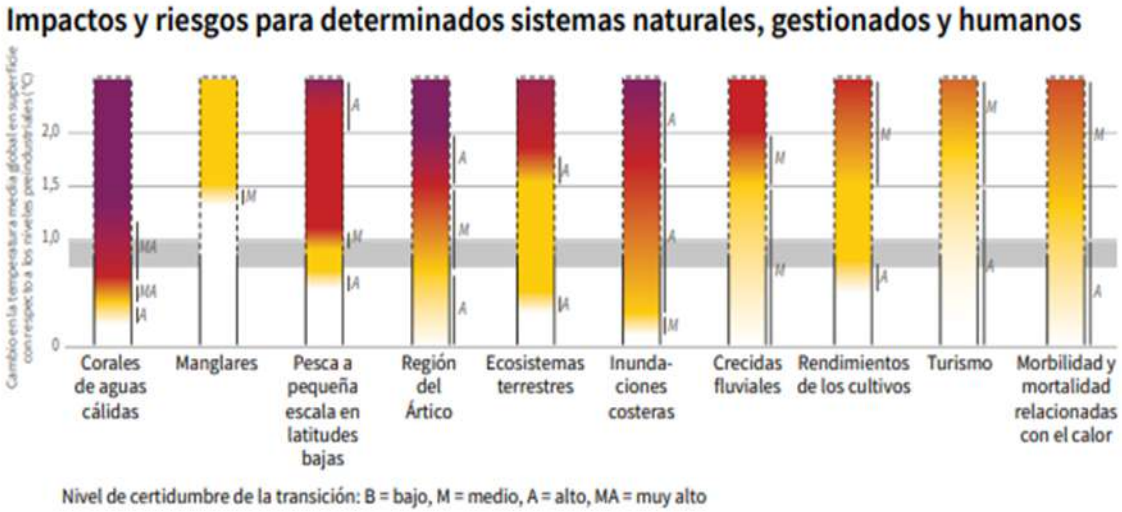
Informe Especial Calentamiento global de 1,5 °C

Dicho informe (Incheon, República de Corea, octubre de 2018), detalla los impactos del calentamiento global de 1,5 °C, respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias de emisiones de GEI.

Lo más relevante, es que se estima que las actividades humanas han provocado un calentamiento global aproximado de 1,0 °C con respecto a los niveles preindustriales. Es probable que el calentamiento global llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2050 si sigue aumentando la temperatura al ritmo actual, todo esto con un nivel de confianza alto (IPCC, 2018).

Tal como se ilustra en la **Figura 10.1**, el IPCC estima que los impactos negativos en la biodiversidad y en los ecosistemas, entre ellos la pérdida y la extinción de especies, sean menores con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2,0 °C, todo esto con niveles de confianza alto. Esta variación se comprende en que estos riesgos dependen de la magnitud y el ritmo del calentamiento, la ubicación geográfica, los niveles de desarrollo y vulnerabilidad de cada país, así como todas las medidas y acciones de adaptación y mitigación que se diseñen e implementen (ibídem, pág. 10).

Figura 10.1. Los cinco motivos de preocupación (MdP). Ilustran los impactos y los riesgos de los diferentes niveles de calentamiento global para las personas, las economías y los ecosistemas de los distintos sectores y regiones.



Fuente: IPCC, 2018.

La variación entre los 1,5 °C o los 2,0 °C determinará los riesgos de una mayor intensidad negativa asociados con el clima, ya sea en salud, medios de subsistencia, la seguridad alimentaria, la seguridad hídrica (suministro y accesibilidad universal a su consumo), la seguridad humana y el crecimiento económico.

De esta manera, para disminuir el calentamiento global, se debe lograr cero o reducidas emisiones netas totales globales de dióxido de carbono (CO2), sobre todo, en los sistemas energéticos (traspaso de energías de base combustibles fósiles a renovables o no convencionales), terrestre, urbano y de infraestructura (transporte y edificios), e industriales a una velocidad equitativa en todas las regiones del mundo como un compromiso sustancial al efecto.

Informe Especial "El cambio climático y la Tierra"

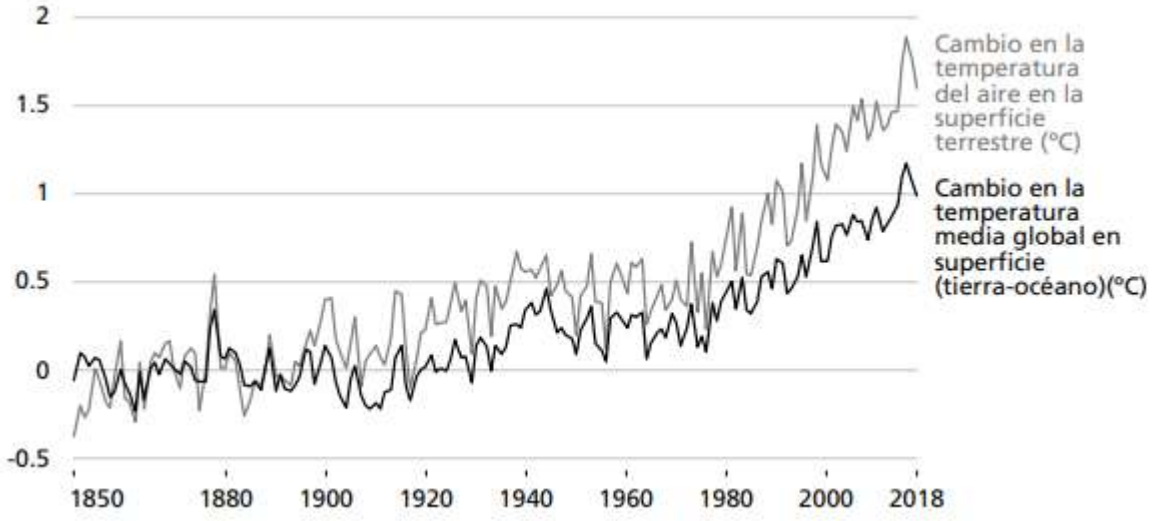
El presente informe (Ginebra, Suiza. Agosto de 2019), detalla el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de GEI en los ecosistemas terrestres.

Se establece que las actividades relativas a la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (infraestructura, tierras de cultivo con y sin regadío, pastoreo intensivo como extensivo, sabanas y tierras arbustivas utilizadas, plantaciones forestales, bosques gestionados para extraer madera y otros), representaron en el periodo

2007-2016 alrededor del 13% de las emisiones de CO2, el 44% de las de metano (CH4) y el 81% de las de óxido nitroso (N2O) procedentes de las actividades humanas a nivel mundial, lo que representa el 23% (12,0 +/- 2,9) del total de emisiones antropógenos netas de GEI, con un nivel de confianza medio (IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019).

Tal como se observa en la **Figura 10.2**, la temperatura del aire en la superficie terrestre y la temperatura media global en superficie han aumentado respecto al período preindustrial (1850 a 1900).Hola Este aumento en la temperatura respecto a los niveles preindustriales, genera un impacto en una serie de procesos, entre los cuales se encuentra la escasez de agua en zonas áridas, erosión del suelo, desaparición de la vegetación, daños de los incendios forestales, degradación del permafrost, disminución del rendimiento de cultivos tropicales e inestabilidad del suministro de alimentos[5].

Figura 10.2. Cambio de temperatura observado con respecto a 1850-1900. Desde el periodo preindustrial (1850-1900).



Fuente: IPCC, 2019.

La situación es más agravante aún, cuando las distintas trayectorias socioeconómicas influyen en los niveles de riesgos relacionados con el clima. Esto implica que dicha variable puede reducir o exacerbar los riesgos, así como influir en la tasa de aumento de la temperatura. Por ejemplo, en aquellas regiones con

[5] Este tipo de riesgos específicos pueden variar de cada lugar y según la región. Por tanto, 1 °C no tendrá el mismo impacto o gravedad que un aumento de 2 °C o un aumento de 4 °C.

mejores condiciones de vida, bajo crecimiento demográfico, altos ingresos y reducción de desigualdades, alimentos producidos en sistemas de bajas emisiones de GEI, una regulación eficaz del uso de la tierra tendrá mejores capacidades de adaptación ante fenómenos de desertificación (escasez de agua en zonas áridas), degradación de la tierra (degradación del hábitat, incendios forestales e inundaciones) e inseguridad alimentaria (disponibilidad y acceso), respecto a regiones con situaciones socioeconómicas totalmente opuestas, ante un mismo nivel de aumento de temperatura media global en la superficie.

Informe Especial "El océano y la criosfera en un clima cambiante"

El referido informe (Principado de Mónaco, septiembre de 2019), detalla la importancia del océano a todas las personas de la Tierra de forma directa e indirectamente para la supervivencia de la especie humana y otros seres vivos.

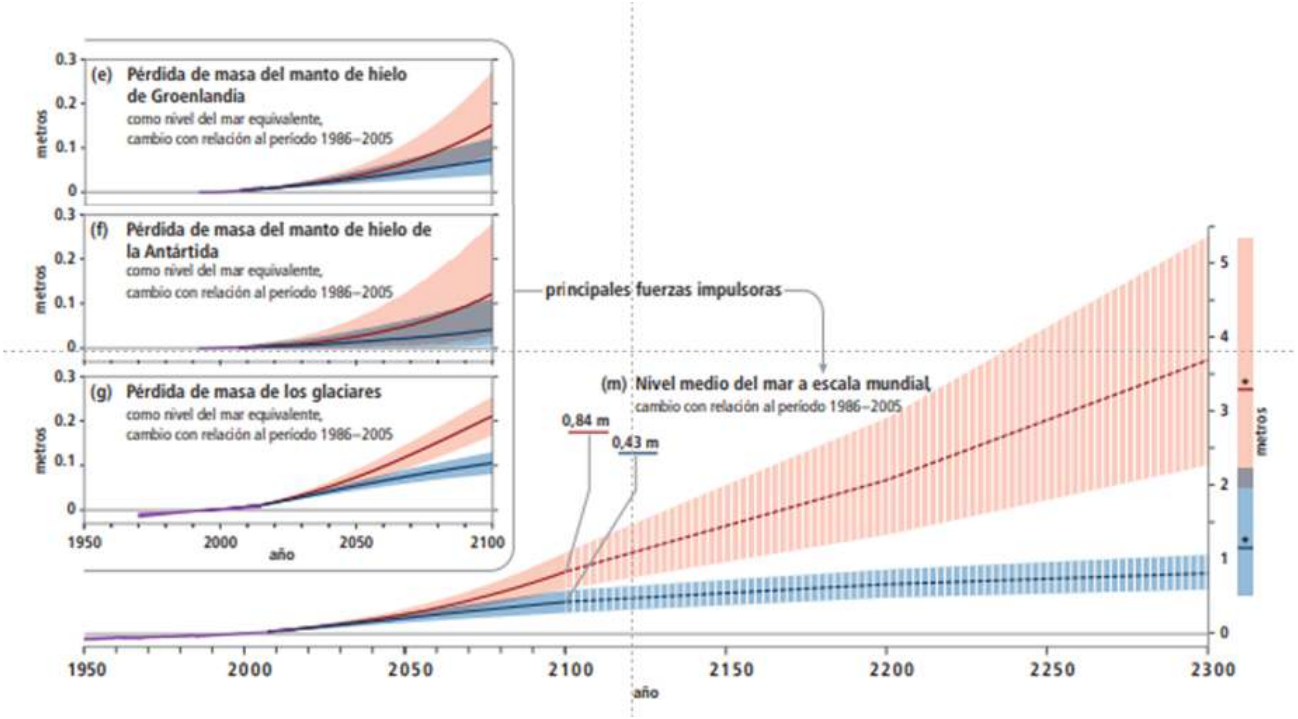
Los océanos cubren el 71% de la superficie terrestre y contienen aproximadamente el 97% del agua del planeta. Los glaciares y los mantos de hielo de todo el mundo han sufrido pérdidas de masa (nivel de confianza muy alto) (**Ver Figura 10.3**). Entre 2006 y 2015, el manto de hielo de Groenlandia perdió masa de hielo a un ritmo medio de 278 ± 11 Gt/ (equivalente a un aumento del nivel del mar a escala mundial de 0,77 ± 0,03 mm/año–1). Por su parte, la extensión del manto de nieve del Ártico registrada en junio en tierra disminuyó en un 13,4 ± 5,4 % por decenio de 1967 a 2018, lo que representa una pérdida total de aproximadamente 2,5 millones de km^2, debido principalmente al aumento de la temperatura del aire en superficie (nivel de confianza alto).

El océano ha absorbido entre el 20% y el 30% (muy probable) del total de emisiones antropogénicas de CO2 desde la década de 1980, lo que ha incrementado la acidificación del océano. El pH de la superficie en mar abierto ha disminuido en un rango muy probable de 0,017 a 0,027 unidades de pH por decenio desde finales de la década de 1980.

Los cambios criosféricos y las modificaciones hidrológicas conexas han afectado las especies y los ecosistemas terrestres y de agua dulce en las regiones polares y de alta montaña a través de la aparición de tierra que solía estar cubierta por el hielo, los cambios en el manto de nieve y el deshielo del permafrost. Estos cambios han contribuido a la alteración de las actividades estacionales, la población y la distribución de especies vegetales y animales importantes desde el

punto de vista ecológico, cultural y económico, las perturbaciones ecológicas y el funcionamiento de los ecosistemas (nivel de confianza alto).

Figura 10.3. Cambios pasados y futuros en los océanos y la criosfera.



Fuente: IPCC, 2019.

Se prevé que la pérdida de masa de los glaciares, el deshielo del permafrost y la disminución del manto de hielo a escala mundial, así como la disminución de la extensión del hielo marino del Ártico continúe en el corto plazo (2031-2050) debido a los aumentos de la temperatura del aire en superficie (nivel de confianza alto), con consecuencias inevitables para la escorrentía de aguas fluviales y los peligros locales (nivel de confianza alto). Asimismo, se prevé que los mantos de hielo de Groenlandia y de la Antártida sufrirán pérdidas de masa a un ritmo creciente durante el siglo XXI y posteriormente (nivel de confianza alto). De acuerdo con las proyecciones, las tasas y magnitudes de estos cambios criosféricos se incrementarán aún más en la segunda mitad del siglo XXI en un escenario de altas emisiones de gases de efecto invernadero (nivel de confianza alto). Según se prevé, las fuertes disminuciones de las emisiones de gases de efecto invernadero que se alcancen en las próximas décadas reducirán los cambios después de 2050 (nivel de confianza alto).

No obstante, si dichas disminuciones de GEI no se producen en tiempo y forma, los impactos y riesgos para los ecosistemas oceánicos, tales como: arrecifes de

coral de aguas cálidas, bosques de algas pardas, praderas marinas, zona epipelágica, costas rocosas, marismas, arrecifes de coral de aguas frías, estuarios, playas de arena, bosques de manglares y llanuras abisales entre otros, tendrán un impacto muy negativo en relación al cambio de temperatura media global de la superficie del mar con respecto a los niveles preindustriales.

10.2.2. La contribución de organismos internacionales sobre la materia (CEPAL, FAO, BID y Hábitat)

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas, cuyo esfuerzo intrínseco se realiza en la cooperación y relaciones de diferentes países de la región para contribuir al desarrollo económico de América Latina. En ese objetivo, realiza periódicamente estudios, generación y recolección de datos y estadísticas, capacitación y publicaciones. En este último campo, las temáticas van desde cooperación internacional, agricultura y desarrollo rural hasta cambio climático, recursos naturales y biodiversidad.

Desde el 2009 a la fecha, ha habido un incremento relevante de publicaciones referidos al cambio climático teniendo una correlación directa de todas las discusiones y medidas de carácter global y regional sobre la materia. La CEPAL ha enfocado sus esfuerzos en identificar, comprender y explicar que el cambio climático no es un fenómeno aislado, sino más bien, holístico y sistémico donde se relaciona constantemente con otras categorías de observación, por ejemplo: agricultura, agricultura familiar y agrodiversidad, seguridad alimentaria y nutrición, salud y políticas públicas, empleo, fuentes de financiamiento, cambios en la demanda hídrica, nuevas tecnologías en la mitigación y adaptación de la agricultura y otras actividades, energía, transporte y urbanismo entre otras materias.

Tal es la importancia del medio ambiente y el cambio climático, que la CEPAL cuenta con el Observatorio del Principio 10 de la Declaración de Río, cuyo objetivo es proporcionar información sobre leyes, políticas, jurisprudencia y tratados que hayan adoptado países de la región al efecto, proporcionando además información de participación, justicia y personas defensoras ambientales que cuenten con instrumentos normativos para su protección (CEPAL, s.f.).

En cuanto a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, más conocida como FAO, ha tenido un rol clave para establecer

lineamientos y cursos de acción para enfrentar el cambio climático y, a su vez, la amenaza principal de este fenómeno que es contar con la capacidad suficiente de alcanzar la seguridad alimentaria a nivel mundial, erradicar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible. Todos los efectos de los gases de efecto invernadero (GEI), derivados de carácter antropogénico ha producido efectos directos como indirectos en la productividad agrícola mundial.

La FAO en su esfuerzo de contribuir en esta ardua tarea, ha realizado programas estratégicos fundamentales tales como: Youth for Green and Climate-Resilient Agriculture Programme [YCRA] (febrero 2022); Scaling up Climate Ambition on Land Use and Agriculture through NDCs and National Adaptation Plans [SCALA] (2020-2025); Globally Important Agricultural Heritage Systems [GIAHS]; Adapting Irrigation to Climate Change [AICCA](2017); Agroecology Knowledge Hub [2016] (FAO, 2022)entre otros programas con resultados más que positivos. En cuanto a proyectos, ha tenido un mayor énfasis en las regiones de África Central y Asia, no obstante, en América Latina, ha estado enfocado en el manejo sostenible de recursos como: conservación de suelos y aguas, ganadería sostenible y manejo forestal sostenible, además de bioenergía y manejo de desastres (FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

Referido a colaboración e inversión en América Latina y el Caribe, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha fortalecido su institucionalidad en los últimos años en materia de Medio Ambiente, Cambio climático y desastres, realizando contribuciones financieras congruentes para estrategias de resiliencia climática y descarbonización a largo plazo en ciudades, la creación de Fondo Verde, apoyo en agendas de Cambio Climático, apoyos de iniciativa en uso de combustibles renovables, movilización recursos colectivos de los bancos regionales para enfrentar el cambio climático (BID, 2022) entre otras medidas.

Su mayor contribución se debe a la movilización de recursos financieros en la región. Contemplan un registro de un total de 18 proyectos en materia de Medio Ambiente y desastres naturales, traducidos en una financiamiento de 1,48 Billones de dólares desglosados en ordenación de recursos forestales; ordenación de zonas costeras; Gestión integrada del riesgo de desastres; Medio ambiente y desastres naturales; Ordenación y Gobernanza Ambientales; Respuesta inmediata en casos de emergencia; Financiamiento relacionado con el cambio climático; política de adaptación al cambio climático y política de mitigación del cambio climático (BID, 2022).

Por último, pero no menos importante es lo que ha desarrollado ONU-Hábitat, institución encargada de desarrollar planes y programas de apoyo que contribuyan a las cientos de áreas urbanas que concentran gran parte de las emisiones de CO2, representando una alta concentración de activos financieros, de infraestructura y actividades humanas susceptibles al cambio climático, sobre todo, en aquellas zonas que ya están bajo amenaza, siendo por ejemplo, ciudades costeras que representan el 90% de áreas urbanas y poseen aproximadamente más de 10 millones de personas (ONU-Habitat, 2022) cuyo impacto negativo se refleja en la debilidad de proyectos financiados en adaptación y escaso uso de herramientas para perfilar ciudades resilientes.

En definitiva, la contribución de los diferentes organismos internacionales se expresa en asesorías, conocimiento e investigación, innovación e inversión para frenar el avance de la crisis climática que acontece a todo el planeta. No obstante, estas grandes contribuciones no darán el impacto sustancial proyectado si los acuerdos, políticas y planes, la legislación, la institucionalidad y las voluntades políticas y la proliferación de estudios con evidencia empírica no se alinean para detener este fenómeno sin precedentes.

10.2.3. Acuerdos COP 25, 26 y 27

La Conferencia de las Partes (COP) es la Cumbre Anual donde se reúnen los 196 países más la Unión Europa para tratar sobre el cambio climático (CMNUCC) y sus efectos asociados.

Han existido dos COP cuyos objetivos han podido concretarse para reducir las emisiones de gases (COP25, 2019):

- COP3, 1997: **Protocolo de Kioto** que acordó el objetivo de reducir en 5% las emisiones de los países.
- COP21, 2015: **Acuerdo de París** donde se estableció disminuir la temperatura media a nivel global a no más de 2 °C al 2100, a través de responsabilidades comunes, pero con diferencias entre los miembros.

Sin embargo, este último acuerdo lamentablemente no fue de notable consideración en la decisión de evaluación de continuidad para los Estados Unidos en la administración del ex presidente Donald Trump, cuyo beneficio directo fue para la industria del carbón nacional, sumando críticas desde otras actividades empresariales que están comprometidas con la causa medioambiental. Con todos

los efectos que eso conlleva, el actual presidente de los Estados Unidos Joe Biden, firmó el 20 de enero de 2021, la aceptación y reincorporación del Acuerdo de París con todas sus artículos y cláusulas del convenio.

La COP 25 (2019) realizada en Madrid, España y liderado por la presidencia de Chile, en un esfuerzo por comprometer y realizar lazos con los diferentes estados logran algunas acciones, tales como presentar nueva o actualizada Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés), respondiendo a esta necesidad 103 países por reducir las emisiones, además de 11 países que han iniciado procesos internos de sus planes y políticas nacionales (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). En una ambición similar, también acordaron adscribirse a la Alianza de ambición climática 2050, 10 regiones, 102 ciudades, 83 empresas y 12 inversionistas (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

No obstante, la COP25 no logró consensuar gran parte de los textos discutidos debido a las posiciones lejanas entre países para llegar a acuerdos transversales, con liderazgos mundiales poco propicios en general, y con un rol modesto por parte de los grupos continentales tradicionales (Galilea O., 2020), específicamente en tres asuntos claves que se mantienen abiertos bajo el Artículo 6: i) reglas de contabilidad (para evitar tener doble contabilidad); ii) aplicación de un Share of Proceeds (SoP) a las transacciones (como contribución al financiamiento para la adaptación); y iii) traspaso de unidades y actividades de Protocolo de Kyoto de contabilidad de las NDCs (COP25, 2019).

Referido a la COP 26 celebrada en la ciudad de Glasgow (Reino Unido), además de los 120 líderes mundiales y más de 40.000 participantes inscritos (delegados, observadores y representantes de los medios), tuvo un mayor alcance y mejores niveles de compromiso que la cumbre anterior. En lo acordado, se reconoce la emergencia sobre limitar el incremento de la temperatura media mundial a 2 °C por encima del nivel preindustrial y realizar los mayores esfuerzos para no superar 1,5 °C; la intensificación de la acción por el clima enfocado en reducir un 45% las emisiones de dióxido de carbono para alcanzar las emisiones netas cero a mediados de siglo; el abandono de los combustibles fósiles; apoyo en financiación desde los países desarrollados a los países en vías de desarrollo para la acción climática con un aporte aproximado de 100.000 millones de USD anuales; compleción de las normas de aplicación del Acuerdo de París, en lo relativo a que países con dificultades para alcanzar sus objetivos de emisiones puedan comprar reducciones de otros estados que ya han superado sus propios objetivos; además

de nuevos pactos y anuncios en materia de protección de bosques, reducción de metano a un 30% a nivel global al 2030, que el transporte, en específico los vehículos sean de emisión cero para 2040 a nivel internacional y para 2035 en el mercado libre, reducción de la producción del carbón; y la financiación privada mediante la Glasgow Financial Alliance for Net Zero que convoca a más de 450 empresas de 45 países, con 130 billones de USD en activos (Naciones Unidas, 2021).

A nivel país, muchos de los lineamientos y/o estrategias conducentes a los acuerdos de la cumbre en Glasgow debía reforzarse en establecer relaciones de prioridad entre diferentes países de la región para avanzar en los acuerdos de la COP26; fortalecer a los grupos de científicos y expertos nacionales asumiendo la gran responsabilidad de expandir el mundo científico a la toma de decisiones; incorporar a la sociedad civil general en los procesos de diálogo y creación de políticas e instrumentos que enfrenten la crisis climática; ampliar la cobertura y difusión cualitativa de los medios de comunicación en la materia; y la suscripción del Gobierno de Chile al Acuerdo de Escazú (Galilea O., 2020). Este último desafío, la actual administración de Chile y el Congreso Nacional ha ratificado la suscripción del Acuerdo, además de aprobar el proyecto de ley que fija Ley Marco de Cambio Climático[6], siendo un proyecto consolidado de esta naturaleza a nivel regional.

Finalmente, la COP 27 realizada en Sharm el Sheij (Egipto), fue la última cumbre sobre el cambio climático en el año 2022. Con todos los precedentes a las anteriores Conferencias Internacionales, se vieron reflejados grandes esfuerzos para alcanzar una "serie de decisiones" que reafirman el compromiso de limitar el aumento de 1,5 grados Celsius por encima de los niveles industriales, impulsando la adaptación y resiliencia al cambio climático con reducir las emisiones de carbono y apoyar en financiamiento, innovación y tecnología para la generación de capacidad para los países en vías de desarrollo.

Relevante en destacar, es la aprobación de un "Fondo específico para pérdidas y daños" para aquellos países más vulnerables y afectados por el cambio climático. Sin embargo, no se definió el mecanismo para realizar la transferencia de recursos y criterios siendo un punto a definir más adelante. Adicionalmente, hay una preocupación en inversión en cuanto a los países desarrollados para cumplir con

[6] Véase en el Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, la Ley Núm. 21.455 " Ley Marco de Cambio Climático", publicada el 13 de junio de 2022.

los Objetivos de las Partes movilizando 100.000 millones de dólares para el año 2020, hito que no se ha cumplido, al igual que realizar un llamado a los bancos multilaterales y entidades financieras para que movilicen financiamiento en materia climática.

Otro punto importante a destacar es el "Programa para la Adaptación Sharm el Sheij", cuyo objetivo es "*[…] que mejora la resiliencia de las personas que viven en las comunidades más vulnerables al clima para 2030*". Esta decisión de entrada, conocida como el **Plan de implementación de Sharm el Sheij**, pretende la transformación mundial hacia una economía carbono neutral, requiriendo inversiones de al menos 4 a 6 billones de dólares anuales. Este plan aborda[7]: *Ciencia y urgencia; Mejorar la ambición y la implementación; Energía; Mitigación; Adaptación; Pérdida y daño; Alerta temprana y observación sistemática; Implementación: caminos hacia una transición justa; finanzas; Transferencia y despliegue de tecnología; Creación de capacidad; Hacer un balance; Océanos; Bosques; Agricultura y Mejorar la implementación: acción de partes interesadas que no son Partes.*

En paralelo, en la conferencia se realizaron los siguientes anuncios (UNFCCC, 2022):

- Los países lanzaron un paquete de 25 nuevas acciones[8] de colaboración en cinco áreas clave: energía, transporte por carretera, acero, hidrógeno y agricultura.
- El Secretario General de la ONU, António Guterres, anunció un plan de 3100 millones de dólares[9] para garantizar la protección de todos los habitantes del planeta mediante sistemas de alerta temprana en los próximos cinco años.
- El Grupo de Expertos de Alto Nivel del Secretario General de las Naciones Unidas sobre Compromisos Cero Neto publicó un informe en la COP 27, que sirve de guía para garantizar compromisos creíbles y responsables de cero emisiones por parte de la industria, las instituciones financieras, las ciudades y las regiones.
- El G7 y los V20[10] ("los veinte vulnerables") lanzaron el Escudo Global contra los Riesgos Climáticos, con nuevos compromisos de más de 200 millones de dólares como financiación inicial. La aplicación debe comenzar inmediatamente.

[7] Véase el documento en el siguiente enlace: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop27_auv_2_cover%20decision.pdf

[8] Véase el detalle en el siguiente enlace: https://climatechampions.unfccc.int/breakthrough-agenda/?_gl=1*1m4vh39*_ga*MTgwODk1NTE5Ny4xNjM0Mjk4NDQ1*_ga_7ZZWT14N79*MTY2ODkyNjg1Ny40My4xLjE2Njg5Mjc3NDEuMC4wLjA.

[9] Véase el detalle en el siguiente enlace: https://news.un.org/es/story/2022/11/1516932

[10] Véase el detalle en el siguiente enlace: https://www.v-20.org/

- Al anunciar un total de 105,6 millones de dólares en nuevos fondos, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Irlanda, Eslovenia, Suecia, Suiza y la Región Valona de Bélgica, subrayaron la necesidad de un apoyo aún mayor a los fondos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial destinados a las necesidades inmediatas de adaptación al clima de los estados de baja altitud y de bajos ingresos.
- La nueva Asociación para la Transición Energética Justa de Indonesia, anunciada en la Cumbre del G20 celebrada en paralelo a la COP 27, movilizará 20.000 millones de dólares en los próximos tres a cinco años para acelerar una transición energética justa.
- Se lograron importantes avances en la protección de los bosques con el lanzamiento de la Alianza de Líderes por los Bosques y el Clima, cuyo objetivo es unir la acción de los gobiernos, las empresas y los líderes comunitarios para detener la pérdida de bosques y la degradación de la tierra para 2030.

En definitiva, las decisiones[11] alcanzadas por los países participantes, delegaciones y de grupos de organizaciones de la sociedad civil, significó un gran paso en materia de enfrentamiento al cambio climático. Los desafíos son equilibrar y mantener este fondo de pérdida y daño, seguir con el compromiso de mantener los 1,5 grados Celsius, exigir co-rresponsabilidad a empresas e instituciones, movilizar más apoyo financiero a países en desarrollo y, pasar a la implementación (UNFCCC, 2022), como forma de materialización de medidas concretas y evaluadas para alcanzar los objetivos establecidos.

Cabe destacar, que para la COP 28 que se desarrollará en Dubai (Emiratos Árabes Unidos), y otros 29 países tienen grupos de presión sobre la utilización de combustibles fósiles dentro de sus delegaciones nacionales, materia que también afecta a China, India e Indonesia, que además de contemplar el 40% de la población mundial (Morales, 2022), deben enfrentar los desafíos de la gran proporción de uso extensivo del carbón, de los combustibles fósiles, deforestación y otros tipos de industrias contaminantes (ibidem, pág. 6) y degradantes al medio ambiente.

10.2.4. Marco de Sendai y Objetivos de Desarrollo Sostenible

El 18 de marzo de 2015 se adoptan las medidas señaladas por la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas reflejadas en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030 en Japón. De tal manera, tal

[11] Véase la serie de decisiones alcanzadas en la COP 27: https://unfccc.int/cop27/auv?_gl=1*uxsja9*_ga*MTgwODk1NTE5Ny4xNjM0Mjk4NDQ1*_ga_7ZZWT14N79*MTY2ODkyNjg1Ny40My4xLjE2Njg5Mjc1NzIuMC4wLjA. *Adelanto de versiones sin edición.

instrumento perfeccionaría y seguiría con lo implementado por su antecesor el Marco de Acción de Hyogo (2005-2015).

El Marco de Sendai establece (UNDRR, 2015, pág. 9):

- Aprobar un marco para la reducción del riesgo de desastres después de 2015, conciso, específico, preparado con visión de futuro y orientado a la acción;
- Concluir la evaluación y el examen de la aplicación del Marco de Acción de Hyogo para 2005–2015: Aumento de la Resiliencia de las Naciones y las Comunidades ante los Desastres;
- Examinar la experiencia adquirida mediante las estrategias, instituciones y planes regionales y nacionales para la reducción del riesgo de desastres y sus recomendaciones, así como los acuerdos regionales pertinentes para la aplicación del Marco de Acción de Hyogo; y;
- Determinar las modalidades de cooperación basada en los compromisos para la aplicación de un marco para la reducción del riesgo de desastres después de 2015.

Para lograr dichas metas se debe tener en consideración que el "riesgo" integrado a la gestión pública puede resultar de mucha utilidad perfeccionándose como una técnica de anticipación y proyección de oportunidades para evitar o disminuir de manera considerable grandes impactos negativos por los desastres socio naturales. Bajo ese esquema, el riesgo debe ser visto como "una ventana de oportunidad" haciendo posible el surgimiento de una respuesta inmediata o intervención en la comunidad y/o territorio para dar solución a un problema determinado (Kingdon, 1995). En definitiva, al contemplar el riesgo en la gestión y evaluar las probabilidades futuras sobre acontecimientos catastróficos en los territorios, no sólo se traduciría en reducir costos en maquinaria y personal, ser más eficientes y eficaces con la entrega de bienes y servicios y/o establecer planificaciones estratégicas *ad hoc* a las situaciones reales, sino que también, se protegería a la población.

Este marco pretende alcanzar las siguientes metas globales (UNISDR, 2015, pág. 12):

- Reducir sustancialmente la mortalidad mundial por desastres para el año 2030.
- Reducir sustancialmente el número de personas afectadas en todo el mundo para el año 2030.
- Reducir la pérdida económica directa por desastre en relación con el producto interno bruto (PIB) mundial para el año 2030.

- Reducir sustancialmente los daños causados por desastres en la infraestructura crítica y la interrupción de los servicios básicos, entre ellos las instalaciones de salud y educación, incluso mediante el desarrollo de su capacidad de recuperación para el año 2030.
- Aumentar sustancialmente el número de países con estrategias nacionales y locales de reducción del riesgo de desastres para el año 2020.
- Mejorar sustancialmente la cooperación internacional para los países en desarrollo para el año 2030.
- Aumentar sustancialmente la disponibilidad y el acceso a sistemas de alerta temprana multirriesgo e información y evaluaciones de riesgo de desastres para las personas para el año 2030 (ver página 12 del Marco).

A su vez, se plantean cuatro (4) prioridades de acción:

a. Comprender el riesgo de desastres.
b. Fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar el riesgo de desastres.
c. Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
d. Mejorar la preparación para desastres para una respuesta efectiva, y para "reconstruir mejor" en recuperación, rehabilitación y reconstrucción (ver página 14 del Marco).

Lo anterior, debe desarrollarse sustancialmente en los niveles nacionales y locales de cada país y en constante relación y coordinación con el nivel mundial y regional, disponiendo de la gran función de los diferentes grupos de actores claves y pertinentes en la materia que pueden fortalecer el acuerdo, mediante la cooperación internacional y alianzas mundiales, medios de aplicación, medidas de seguimiento entre otras herramientas e instancias. Un ejemplo de diseño e implementación a nivel nacional, será expuesto en el acápite posterior referente a la Oficina Nacional de Emergencia del Gobierno de Chile.

Por otra parte, y siguiendo en el marco internacional, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG en sus siglas en inglés), fueron adoptados en el año 2015 por las Naciones Unidas como una forma de realizar un llamado universal a todos los estados miembros de la organización mundial para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 gran parte de la población mundial tenga paz y prosperidad (PNUD, 2015).

Los 17 ODS están integrados: "*reconocen que la acción en un área afectará los resultados en otras áreas y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Los países se han comprometido a priorizar el progreso de los más rezagados"* (ídem).

El Programa de las Naciones Unidas ha ido impulsando y visibilizando aún más los ODS para que los países de las diferentes latitudes del mundo puedan comprometerse y desarrollar planes, políticas e instrumentos de gestión que permitan combatir integralmente el cambio climático y los desastres socio-naturales en concordancia a las metas planteadas para lograr dichos objetivos sostenibles.

Actualmente, el Plan Estratégico 2022-2025 del PNUD ha establecido que su oferta de desarrollo se basa en seis pilares emblemáticos que serán desarrollados integralmente como acuerdos de prioridades nacionales, siendo (**Ver Figura 10.4**): Pobreza y desigualdad, Gobernanza, Resiliencia, Medio Ambiente, Energía e Igualdad de género para proveer de bienes públicos globales desde la Agenda 2030. El proceso conlleva imbuir estas soluciones mediante tres catalizadores fundamentales, tales como: innovación estratégica, digitalización y financiación para el desarrollo. En su proceso iterativo los ejes de cambio serán la Transformación estructural, el no dejar a nadie atrás y Fomentar la resiliencia, siendo los insumos para los productos de la Agenda.

Figura 10.4. "Nuestra Misión" La oferta de Desarrollo del PNUD.



Fuente: PNUD, 2022.

Este plan ambicioso, desea contribuir en los próximos cuatro años para alcanzar un aproximado de 100 millones de personas para "escapar" de la pobreza multidimensional; apoyar el acceso a 500 millones de personas a fuentes de energía limpia; respaldar la participación de 800 millones de personas que

tendrán sus primeras elecciones; y promover más de USD 1 billón de gasto público e inversión privada en los ODS. Todo lo anterior, bajo las principales lecciones que plantea el plan que son desde el centro hacia afuera: el poder de la integración, la comprensión y gestión del riesgo, la modernización de los sistemas y estructuras operacionales y la actualización de los arreglos de programación y las modalidades de aplicación (PNUD, 2022, pág. 4 y 13).

10.3. Análisis macrorregional de los desastres socionaturales en Chile: características esenciales y casos emblemáticos

10.3.1. Justificación de la visión macrorregional

El presente estudio profundiza el análisis de la relación entre desastres y crisis climática, desplegando una mirada a nivel de cada macroregión de Chile.

El argumento es que las particularidades territoriales requieren de una desagregación en grandes macrozonas especiales, para ahondar la capacidad de entender los desastres específicos y optimizar las respuestas particulares (Galilea, 2020).

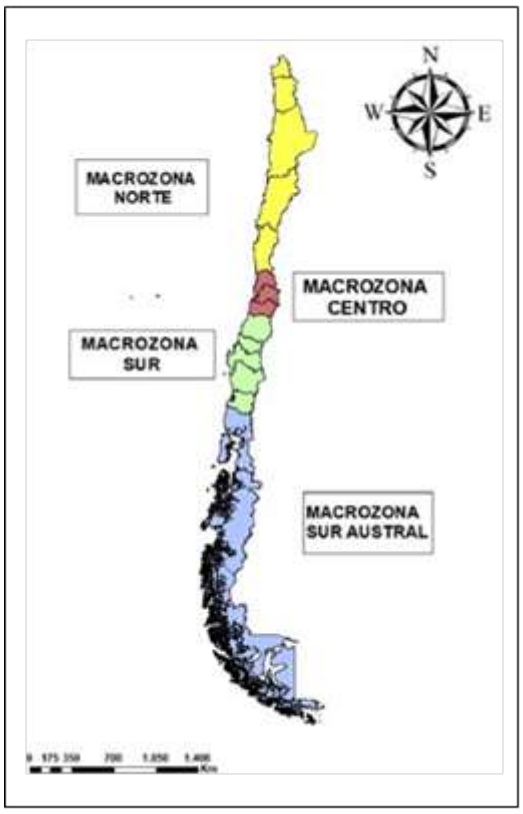
En esencia, la desagregación territorial de las problemáticas es relevante, ya que: 1) da cuenta de situaciones particulares, 2) el tipo de amenazas y riesgos son diferentes en cada territorio y 3) las posibilidades efectivas de acción se presentan diferencialmente para cada espacio geográfico, social e institucional, 4) permite visualizar espacialmente los “problemas” y “soluciones” y 5) se condice con la descentralización fundamental de la gestión de desastres (Galilea, 2020).

En los hechos, los desastres asociados al cambio climático tienen siempre una expresión territorial específica que los define, los explica, da cuenta de sus desarrollos efectivos y genera respuestas institucionales y sociales diferentes. Las aportaciones apreciables sobre estos desastres, privilegian la expresión territorial de ellos y definen unánimemente que la prevención, las respuestas y la acción reconstructiva se debe dar en cada espacio social y territorial específico. El carácter local del desastre es parte de su esencia. Permite apreciar fortalezas y debilidades frente a la catástrofe y pondera más precisamente las respuestas. Ese mismo espacio territorial específico es escenario fértil para la acción asociativa pública, privada y social.

La mirada macro regional es relevante en un país como Chile, donde las diferencias climáticas, ecológicas, poblacionales y productivas tienen mucha influencia. La conjugación de los elementos morfológicos y climáticos genera, a grandes rasgos, cuatro unidades naturales en sentido norte-sur (**Ver Figura 10.5**). Para este capítulo de investigación y proposiciones para una acción territorial macroregional para enfrentar los desastres naturales del cambio climático, considerando la naturaleza y características de las amenazas y desastres ocurridos, y su vinculación a las características geomorfológicas y climáticas de los distintos territorios, se utiliza la siguiente clasificación:

a. Macrorregión Norte. Conformada por las regiones de Arica y Parinacota; Tarapacá; Antofagasta; Atacama y Coquimbo;
b. Macrorregión Centro. Conformada por las regiones de Valparaíso; Metropolitana de Santiago y, del Libertador Bernardo O'Higgins;
c. Macrorregión Sur. Conformada por las regiones del Maule; Ñuble; Biobío; La Araucanía; Los Ríos y,
d. Macrorregión Austral. Conformada por las regiones de Los Lagos; Aysén, y Magallanes y Antártica Chilena.

Figura 10.5. Macrozonas de Chile.



Fuente: Galilea, 2020.

A continuación, se brindará un análisis macrorregional con las principales características y desastres naturales asociados al cambio climático.

10.3.2. Macrorregión norte

Esta macroregión la conforman las regiones tradicionalmente conocidas como "Norte Grande" y "Norte Chico", ubicada entre 17° 30' y 32° 16' de latitud sur, es decir entre el límite con Perú por el norte y la región de Valparaíso por el sur. Abarca las regiones de Arica y Parinacota; Tarapacá; Antofagasta; Atacama y Coquimbo[12].

En términos geográficos se caracteriza por sus acantilados costeros, cordillera de la costa alta, depresión intermedia y cordillera de los Andes. Altiplano en los Andes, salares, depósitos de cobre y salitre en el interior. En términos climáticos destaca la carencia de lluvias, que puede llegar a ser absoluta en determinados puntos.

10.3.2.1. Amenazas hidrometeorológicas

Como se ha visto en décadas recientes, en particular los últimos años, las principales amenazas naturales para la Macrorregión son las de origen hidrometeorológico, por condiciones pluviométricas con manifestaciones extremas de eventos de gran intensidad en períodos cortos de tiempo. Precipitaciones que se producen preferentemente en la Cordillera de los Andes y están asociadas al fenómeno conocido como el "Invierno Altiplánico", provocando crecidas estivales de ríos, inundaciones de quebradas y otros fenómenos de lluvias intensas, con condiciones particulares de temperatura y humedad, que han inundado ciudades y aluviones (remoción en masa) que han causado grandes desastres, incluyendo la pérdida de vidas y daños de consideración en la infraestructura pública y privada.

Hasta el año 2010, si bien hay registros puntuales de fenómenos de precipitaciones intensas en la zona norte del país, los temporales más catastróficos ocurrían principalmente en la zona centro sur. En la última década se han hecho habituales en la macrorregión Norte, con eventos climáticos de gran impacto destructivo. "Estas situaciones parecen responder a los efectos

[12] Caracterización macroregional de este acápite a partir de la página web Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). "Nuestro país". En: https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/index_html Op. Cit, entre otra información secundaria.

esperables por el cambio climático: mayores sequías y mayores inundaciones, menos hielo y nieve, así como un aumento de los incidentes meteorológicos extremos"[13].

La principal causa de las inundaciones son las precipitaciones intensas en un corto período de tiempo, en donde se supera la capacidad de absorción del suelo y comienza a subir el nivel de los ríos. También se pueden generar por el derretimiento de nieves, rotura de represas y actividades humanas como tala de bosques, canalización de tramos de un río y la impermeabilización del suelo a causa del asfalto, entre otros.

Asimismo, con cada vez más frecuencia, grandes marejadas han afectado las costas del litoral central. En esta macrorregión se han visto afectadas por marejadas las costas de la región de Coquimbo.

10.3.2.1.1. Inundaciones y aluviones

Una inundación corresponde a un rápido ascenso del nivel del agua, generando caudales inusuales que cubren o llenan superficies de terreno que normalmente son secas. Precipitaciones intensas en un corto período de tiempo, en donde se supera la capacidad de absorción del suelo y comienza a subir el nivel de los ríos[14].

Dentro de los factores desencadenantes de inundaciones fluviales están las precipitaciones persistentes, lluvias intensas de corta duración, fusión de nieve y hielo, descarga de aguas represadas por glaciares, procesos de remoción en masa, entre otras[15], pudiendo afectar tanto a áreas productivas como urbanas, generando cortes e interrupción de la red vial y de infraestructura pública y privada. Importantes anegamientos derivados de la insuficiente capacidad o la inexistencia y obras hidráulicas de evacuación son muy característicos de sus áreas urbanizadas, afectando a su población.

En la macroregión norte, estos fenómenos están directamente vinculados a la ocurrencia de los eventos del Niño, caracterizado por eventos extremos de lluvias intensas, que pueden desencadenar flujos aluvionales, activación de quebradas e

[13] Sitio Web Pauta (10.06.2018). En: https://www.pauta.cl/ciencia-y-tecnologia/mas- frecuentes-y-mas-al-norte-los-temporales-en-el-chile-del-siglo-xxi Consultado el 25.03.2020

[14] Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI). En: https://www.onemi.gov.cl/ inundaciones/ . Consultado el 20.03.2020.

[15] Rojas, Octavio Mardones, María; Arumí, Jose Luis; Aguayo, Mauricio (2014). "Una revisión de inundaciones fl uviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos". Revista de Geografía Norte Grande, 57: 177-192.

inundaciones por desborde de cauces de ríos. Desde el siglo XX, se han registrado cerca de 50 eventos de El Niño en esta macrorregión.

Los desbordes fluviales y aluviales más relevantes se manifiestan en las cuencas de los ríos San José y Lluta, producto de eventos torrenciales de cierta consideración, tanto en términos de volumen, como sus impactos en las zonas pobladas contiguas a los lechos fluviales. Los eventos de precipitación extrema y aumento de su intensidad en los veranos, y en especial en otoño, son cada vez más recurrentes producto del cambio climático.

En la región de Coquimbo, encontramos que los sectores colindantes a los cauces de los tres principales ríos: Elqui, Limarí, Choapa, y a los ríos Los Choros, Conchalí y Quilimarí son zonas de alto peligro de inundación. Un factor que ha permitido atenuar este riesgo, al regular el caudal de los ríos, es la construcción de embalses en las cuencas principales, entre estos: embalse Puclaro en el río Elqui, los embalses La Paloma, Recoleta y Cogotí en la cuenca del río Limarí, y el embalse Culimo en la cuenca del río Quilimarí.

Los aluviones son movimientos que durante su desplazamiento tienen un comportamiento semejante al de un fluido; suelen ser rápidos y con una alta capacidad de erosionar, destruir e incorporar a su paso suelo, rocas, árboles, construcciones y objetos (Galilea, 2019). Se definen como un flujo torrencial y rápido de agua con una enorme carga de detritos sólidos, el cual avanza debido al efecto de la gravedad a través de un cauce seco o quebrada principal que ha permanecido varios años sin precipitaciones. Estos flujos pueden ir realimentandose a medida que avanzan por las quebradas con aportes de aguas lluvias y/o por aluviones que provienen de quebradas tributarias.

Estos eventos aluvionales destruyen infraestructura pública tales como caminos, puentes, vías férreas y redes de agua potable, impactando a la ciudad y otros asentamientos humanos rurales. Además, contribuyen al embancamiento de las costas, afectando a los puertos y, deteriorando playas del litoral marino por el transporte de material particulado suspendido y sedimentable hacia ese sector costero.

Uno de los eventos más impactantes de las últimas décadas fue el de la ciudad de Copiapó en el año 2015, como consecuencia de las intensas precipitaciones, que

ocasionaron un considerable del caudal del río Copiapó, que no presentaba escurrimiento en la ciudad desde hace más de 10 años.

En la región de Coquimbo el último evento importante con características de aluvión se presentó en el mes de mayo del 2006, con daños significativos a la infraestructura en el sector de Diaguitas, ratificando su condición de zona sensible por este tipo de eventos.

También el año 1997 se registró un evento de deslizamiento con víctimas fatales, que se manifestó paralelamente en el sector de Almendral en la Comuna de Vicuña, y Quebrada Los Choros en el sector Los Pajaritos, en la comuna de La Higuera.

En lo que va del siglo XXI (**Ver Cuadro 10.1**), han ocurrido un 50% de las inundaciones y el 74% de los aluviones ocurridos en el siglo anterior. En esta macrorregión, resalta la región de Tarapacá, la que en solo 20 años ha tenido aproximadamente el 95% de las inundaciones que acontecieron en el siglo XX. También, destaca la región de Antofagasta que a la fecha lleva un 45% de los aluviones ocurridos en el siglo anterior. Esta mayor frecuencia se asocia al cambio climático.

Cuadro 10.1. Cantidad de Inundaciones y Aluviones por región, siglos XX y XXI.

Región/Siglo	Inundaciones		Aluviones	
	XX	XXI	XX	XXI
Arica y Parinacota	48	16	2	1
Tarapacá	19	18	8	2
Antofagasta	62	23	20	9
Atacama	42	14	11	3
Coquimbo	58	9	3	1
Macrorregión	229	80	44	16
País	502	252	57	42

Fuente: Fundación Chile, 2018.

10.3.2.1.2. Sequía

Los episodios de precipitaciones en la macrorregión norte son cada vez más recurrentes, llegando incluso a ser más intensas que en el Sur. Algunos estudios hechos para analizar eventos extremos dan cuenta que “el 10 % más intenso en

eventos extremos en La Serena se ubica en el orden de los 29,5 mm, en tanto que en Puerto Montt esto baja a 20,6 mm, lo que permite decir que en el norte y centro es más posible la prevalencia de fenómenos críticos"[16].

Si bien estos fenómenos de lluvias intensas en el norte han mejorado la disponibilidad de recursos hídricos, la macrorregión Norte no ha estado exenta del fenómeno de mega sequía que afecta, desde casi una década, a la mayor parte del país. Según un informe denominado Atlas de Cambio Climático de la Zona Árida de Chile, la meteoróloga María Alejandra Bustos dice que, si bien la zona central de Chile siempre ha tenido un régimen semiárido, "las tendencias en el régimen de aridez muestran un avance del límite del desierto hacia el sur"[17]. Estudios dan cuenta que El Choapa, perdió un 58% de su caudal, pasando de los 16,8 m^3/s, a poco más de 7 m^3/s[18].

Los datos de superávit/déficit de precipitaciones en cada una de las regiones de esta macrorregión se presentan en el **Cuadro 10.2**.

Cuadro 10.2. Superávit/Déficit precipitaciones acumuladas por región (Comparado con promedio mismo mes período 1981-2010).

Región	Agosto 2019	Agosto 2020	Agosto 2021
Arica y Parinacota	63%	115% (Putre)	-81% (Putre)
Tarapacá	100%	52% (Altiplano)	16% (Altiplano)
Antofagasta	200%	15% (Calama)	22% (Calama)
Atacama	-99%	-100% (Copiapo)	86% (Copiapo)
Coquimbo	-87%	-35% (La Serena)	-76% (La Serena)

Fuente: DGA, 2019; DGA, 2020 y DGA, 2021.

10.3.2.1.3. Marejadas

Pese a que entre las amenazas naturales que afectan al norte de nuestro país existían algunos precedentes, hemos sido testigos, con cada vez mayor frecuencia y con una intensidad y fuerza inéditas, de grandes marejadas en el litoral del norte y centro-sur de nuestro territorio. Si bien estos eventos se han repetido año a año, los episodios ocurridos en los años 2015 y 2016 fueron de una dimensión inusualmente violenta.

[16] Universidad de Chile Noticias Jueves 7 de junio de 2018: https://www.uchile. cl/noticias/144130/las-lluvias-a-lo-largo-y-ancho-de-chile-explicadas-en-10-datos. Consultado el 20.03.2020.
[17] BBC News (11 de octubre de 2019): "Megasequía" en Chile: las catastróficas consecuencias de la mayor crisis del agua de los últimos 50 años. En https://www.bbc. com/mundo/noticias-america-latina-49825857 Consultado el 20.03.2020.
[18] Universidad de Chile Noticias Jueves 7 de junio de 2018: https://www.uchile. cl/noticias/144130/las-lluvias-a-lo-largo-y-ancho-de-chile-explicadas-en-10-datos. Consultado el 20.03.2020.

Estas enormes marejadas ocasionaron daños significativos en la infraestructura portuaria y urbana; pérdida de vidas humanas; muerte de peces, pájaros, plantas; retrocesos, pérdidas y erosión de playas y, levantamientos y hundimientos de la costa. Grandes olas, varias incluso hasta de 6 metros[19] azotaron el litoral, con ráfagas de vientos nunca vistas, que obligaron a las autoridades al cierre de puertos y caletas, restringiendo el acceso a las playas e incluso evacuar a la población afectada directamente.

Un detalle de los principales daños en la Región Coquimbo da cuenta de (Galilea, 2019):

- Caleta Hornos. Desplazamiento de plataformas auxiliares que se utilizan para la hinca de los pilotes.
- El Faro de La Serena. Daños de torreones.
- Caleta Peñuelas. Socavación de las fundaciones del edificio, de aproximadamente 2 m de profundidad, 3 m de alto y una longitud aproximada de 40 m.
- Totoralillo Norte. Sin daño de infraestructura. Pérdida de 2 embarcaciones.
- Totoralillo Sur. El camino de acceso a la caleta presentó anegamiento (camino privado).
- Caleta San Pedro de los Vilos. Presentó filtraciones menores en losas de pasillos.
- Caleta Pichidangui. Suciedad producto de la acción del temporal de viento. El molo antiguo en sector chaza presentó socavación.
- Borde Costero Pichidangui. Daños menores en estructuras de techumbres de locales de ventas y cables caídos de alimentación eléctrica de dichos locales.
- Borde Costero entre caleta San Pedro de los Vilos y Caleta las Conchas presentó anegamiento de calzadas.

De acuerdo con el IPCC (2021), producto del cambio climático las inundaciones costeras serán más intensas y frecuentes, más aún aquellos eventos extremos que ocurrían solo una vez en cien años podrían tener una frecuencia anual a fines de este siglo. Varios informes hacen presente que si las aguas se calientan y se derriten los hielos polares el nivel de los océanos podría aumentar 60 centímetros para 2060. Las proyecciones para el 2100 son aún más catastróficas, ya que los mares podrían aumentar su nivel hasta dos metros, con efectos devastadores ya que muchas zonas urbanas de grandes ciudades ubicadas en el litoral costero de los distintos continentes quedarían bajo el mar (Galilea, 2019).

[19] Cooperativa.cl (08.08.2015): Sistema frontal: "Olas de hasta seis metros por marejadas en el litoral central". En: https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/tiempo/siste-ma-frontal-olas-de-hasta-seis-metros-por-marejadas-en-el-litoral/2015-08-08/135312.html. Consultado el 29.04.2020.

Si bien, estadísticamente, las marejadas más violentas se concentran entre los meses de mayo y agosto, con mayor frecuencia en el mes de junio, el litoral central se vio afectado por grandes olas en el mes de enero de 2016, en plena temporada turística, rompiendo todas las tendencias a la fecha.

La magnitud y destrucción de los eventos acontecidos en las últimas décadas han tenido por consecuencia aumentar la preocupación de las instituciones de seguridad y emergencia respecto a tomar medidas que apunten a una estricta planificación del territorio, identificando zonas de riesgo y, la construcción de importantes obras de infraestructura de mitigación de aluviones, o protección ribereña, gracias a las cuales se han resguardado muchas localidades y protegido la vida de cientos de miles de personas.

10.3.3. Macroregión centro

Esta macroregión está conformada por las regiones de Valparaíso, Metropolitana, y del Libertador General Bernardo O'Higgins (de ahora en adelante O'Higgins). Se localiza entre el límite sur de la región de Coquimbo y al norte de la región del Maule. Con una superficie total de 48.186,30 km^2, incluyendo territorio insular compuesto por las islas de Pascua, Sala y Gómez, San Félix y San Ambrosio, y el archipiélago Juan Fernández, que en conjunto tienen una superficie de 394 km^2. Su superficie equivale a un 6,4% del territorio nacional, y las tres regiones son de una superficie total muy similar. La región Metropolitana (RM) es la única región mediterránea y la segunda más pequeña del país, después de la recientemente creada Región de Ñuble[20].

10.3.3.1. Amenazas hidrometeorológicas

Las principales amenazas naturales que afectan a la macroregión Centro son las de origen hidrometeorológico, con lluvias intensas en cortos periodos de tiempo; desbordes fluviales que provocan inundaciones de centros poblados y, fenómenos de remoción de masa que han causado la pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños en la infraestructura pública y privada. Asimismo, la recurrencia de grandes marejadas en las costas del litoral central se ha transformado en una preocupación para sus habitantes y para la planificación territorial del borde

[20] Caracterización macroregional de este acápite a partir de la página web Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). "Nuestro país". En: https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/index_html. Op. Cit. , entre otra información secundaria.

costero. Por último, los incendios forestales arrasan miles de hectáreas de las regiones centro sur de nuestro país, siendo los más significativos el de Valparaíso el año 2014 y el megaincendio del año 2017, entre las regiones de O'Higgins y Araucanía.

Los principales desastres provocados por fenómenos hidrometeorológicos en esta macrorregión para el periodo 1980-2017 se presentan en el **Apéndice 10.1**.

10.3.3.1.1. Inundaciones

Las inundaciones derivadas de lluvias intensas que sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, o superan la capacidad máxima de transporte del río o arroyo, provocando que el cauce principal se desborde e inunde los terrenos cercanos a los propios cursos de agua, son fenómenos que se producen con relativa frecuencia en las regiones de la Macroregión. Por lo general, estos temporales de lluvia intensa, están acompañados con fuertes vientos, ocasionando grandes daños a la población e infraestructura. Las inundaciones en Chile Central han estado frecuentemente asociadas con el fenómeno de "El Niño" en los que la precipitación total anual suele superar el promedio histórico.

Las características de la morfología e intervención antrópica son determinantes en la generación de zonas propensas a ser afectadas por fenómenos hidrometeorológicos en sus distintas manifestaciones. SERNAGEOMIN, caracteriza tres tipos de inundaciones que presentan un grado de ocurrencia significativo[21].

Desborde de cauces: Producido durante eventos pluviométricos de gran duración e intensidad debido a la incapacidad de los cauces actuales de conducir los flujos de agua, desbordándose hacia las áreas contiguas, reactivando también antiguos cauces.

Áreas urbanas afectadas: Fundamentalmente por la impermeabilización del terreno para desarrollo de infraestructura habitacional y equipamiento urbano, y pavimentación no controlada, construcción de pasos bajo nivel sin drenajes adecuados y la inexistencia de un sistema adecuado para recolectar las aguas lluvia. El aumento de la impermeabilización del suelo por efecto de la urbanización reduce la capacidad de infiltración, produce cambios en el drenaje, y por tanto, cambios en el escurrimiento y recepción eficiente de las aguas.

[21] Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2004. Geología para el ordenamiento territorial de la Región de Valparaíso. Subdirección nacional de geología, Informe IR-04-23

Afloramiento de aguas subterráneas: Se producen en zonas planas, con niveles poco profundos. Estos fenómenos se producen en eventos de lluvia extremos, sin embargo, no siempre se manifiesta durante estos, sino que varios días después, debido a que la velocidad de ascenso del nivel freático depende de la permeabilidad del suelo, y por tanto existe un diferencial de tiempo entre el fenómeno climático y el afloramiento del agua.

Si bien las definiciones anteriores son en el marco de un estudio para la región de Valparaíso, son aplicables de manera general a las tres regiones.

Las precipitaciones se concentran principalmente en los meses invernales, las que dada su torrencialidad generan un número importante de eventos asociados a inundaciones y anegamientos. En este sentido cabe destacar el efecto generado en la ocurrencia de inundaciones asociada al fenómeno del niño, el que incrementa las precipitaciones estacionales, aumentando la frecuencia de bandas nubosas, al permitir el ingreso de los sistemas frontales que provienen de la región oeste del pacífico.

En la región de Valparaíso, las inundaciones han estado asociadas a precipitaciones invernales intensas, que aumentan el caudal de esteros y ríos, como el Aconcagua, Petorca, La Ligua, Cabildo, Casa blanca, San Jerónimo, Limache y Marga Marga. La ocurrencia de grandes inundaciones de cauces fluviales importantes en la región, como el Aconcagua y estero Marga Marga, es de 30 a 40 años, con registro de grandes inundaciones de 2 a 3 veces cada 100 años[22].

En el caso de la región Metropolitana, la ocurrencia de riesgos de inundaciones, se concentran en el Gran Santiago, y específicamente hacia el sector poniente, dadas las características de pendiente que ésta presenta, a lo cual se puede sumar falta de áreas verdes, entre otros factores. Un factor determinante de las inundaciones es la impermeabilización del tramado urbano, la cual en muchos casos se traduce en una amenaza dentro de la ciudad.

En la región del Libertador General Bernardo O'Higgins las inundaciones asociadas a eventos meteorológicos son un fenómeno común. La mayor concentración de registros de inundaciones en la región ocurre en la cuenca media del río

[22] SERNAGEOMIN (2004). Op. Cit.

Tinguiririca. Al igual que en las restantes áreas urbanas de la macrorregión, la impermeabilización derivada de la consolidación habitacional contribuye de manera significativa a los anegamientos.

La macroregión centro en lo que va del presente siglo XXI (contabilizado hasta 2017) supera a la cantidad de aluviones totales ocurridos en el siglo XX (**Ver Cuadro 10.3**).

En cuanto a las inundaciones, en el presente siglo han acontecido solo un 27,83% de las ocurridas en el siglo XX. Se resalta el caso de la región de O'Higgins, la que en este siglo se ha visto afectada por 13 inundaciones, mientras que en el siglo pasado sólo acontecieron 10 eventos de este tipo. Es evidente que el cambio climático es una de las causas principales de la recurrencia de estos fenómenos. De ahí la preocupación y necesidad de adoptar medidas urgentes para reducir o, al menos, mitigar sus efectos.

Cuadro 10.3. Cantidad de Inundaciones y Aluviones por región, siglos XX y XXI.

Región/Siglo	Inundaciones		Aluviones	
	XX	XXI	XX	XXI
Valparaíso	79	15	5	6
Metropolitana	105	26	3	3
O'Higgins	10	13	0	1
Macroregión	194	54	8	10
País	502	252	57	42

Fuente: Fundación Chile, 2018.

10.3.3.1.2. Remoción de Masa

Informes regionales de SERNAGEOMIN, en la región de Valparaíso, identifican, entre los años 1851 y 2002, un total de 334 eventos, de los cuales el 80% de ellos corresponde a deslizamientos, un 12% a flujo de barro y/o detrito, un 6% a desprendimientos y un 2% correspondiente a procesos de remoción en masa propiamente tal[23]

En la región Metropolitana de Santiago existe un alto riesgo para este tipo de amenaza en la mayor parte de zonas de montaña, principalmente hacia las zonas de alta Cordillera Andina, lo que incluye el sector oriente de Santiago y Colina, así como también los asentamientos de San José de Maipo y Farellones. La Quebrada

[23] Ibid.

San Ramón, ubicada en los faldeos cordilleranos de la zona oriente de Santiago, en la comuna de La Reina, presenta características geomorfológicas y geológicas propicias para la generación de remociones en masa y fue fuente de uno de los mayores eventos de flujos de detritos ocurridos en la región en el último tiempo, en el año 1993[24].

La expansión del crecimiento urbano hacia los faldeos cordilleranos hace que el riesgo de ocurrencia de estos fenómenos constituya una amenaza importante. Este crecimiento afecta sectores que naturalmente son zonas de depósito de material transportado durante eventos de remociones en masa que han ocurrido históricamente en la montaña.

Entre los desastres más trágicos derivados de fenómenos hidrometeorológicos de la macroregión Centro está el aluvión ocurrido el 3 de mayo de 1993 en las quebradas Macul y San Ramón, en la región metropolitana, que provocó la muerte de 26 personas, 9 desaparecidos, 307 casas destruidas, 5.000 dañadas, y US$5.000.000 en pérdidas materiales[25]

Esta catástrofe, al igual que la de Antofagasta el año 1991, ambas con un lamentable registro de pérdida de vidas humanas y significativos daños materiales en la infraestructura pública y privada, llevaron a adoptar medidas como la construcción de “piscinas aluvionales” que, ante una situación como la descrita, se van llenando antes de rebalsar, atenuando la fuerza del flujo y eventualmente de- teniéndolo, dando, en caso de ser colmatadas, tiempo para evacuar a la gente potencialmente afectada. Fenómenos climáticos de envergadura similar e incluso superior a los que causaron dichas tragedias han demostrado la efectividad de esta infraestructura de protección.

Otro evento, reciente, de gran magnitud fue la gran tormenta de lluvia que afectó varias regiones del centro y norte del país los días 25 y 26 de febrero de 2017, con tormentas precordilleranas generaron aluviones y rodados, ocasionando la muerte de tres personas en el sector de San José de Maipo. Múltiples aluviones, ocho rodados, cuatro puentes cortados y problemas en el suministro de agua potable en más de 30 comunas, son otras de las consecuencias que dejó la lluvia en la Región Metropolitana El corte del puente San Alfonso dejó 1.200 personas

[24] Lara, M. (2009). Evaluación del peligro de remociones en masa en Quebrada San Ramón, Santiago Oriente. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. XII Congreso Geológico Chileno. Santiago, 22-26 Noviembre, 2009.
[25] Galilea (Diciembre 2019). Op. Cit

aisladas en la ruta G-25, en los sectores de San Gabriel, El Volcán, Lo Valdés, Baños Morales, El Alfalfal y El Yeso. Parte de los 1.200 aislados, bajaron hasta el puente[26].

Frente a estas lluvias, no habituales en estas temporadas del año, y sus catastróficas consecuencias los expertos señalan que las principales causas son el cambio climático y el aumento de la altura de la isoterma. "Son lluvias cálidas, precipitaciones con altas temperaturas, con la isoterma cero más arriba de lo común y bastantes intensas, las que generan escurrimientos y arrastran sedimentos que forman un aluvión". Este tipo de fenómenos en épocas veraniegas es ya recurrente, pero con intensidades de lluvia cada vez mayores.

10.3.3.1.3. Sequía

Al igual que en la macrorregión Norte, producto del cambio climático, conviven estas lluvias intensas que causan desastres de gran magnitud, con una larga sequía, tanto o más compleja que estas lluvias. Es un hecho evidente la sequía en esta macrorregión, sus estragos en la agricultura, en la vida animal y en la disponibilidad de agua para consumo humano son cada vez más graves, fundamentalmente en las áreas rurales. "El desierto ya no está sólo en el Norte" señala un artículo aparecido en la página de noticias de la Universidad de Chile[27], en donde el investigador postdoctoral del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) de la U. de Chile, Raúl Valenzuela, indica que "en el centro y sur del país ya se ve un proceso de secamiento de los territorios, una señal ya presente, que se ha desarrollado desde los '80, tanto por factores naturales como por la mano del hombre".

Asimismo, el Centro de Cambio Global UC[28], ha señalado que la macroregión centro del país es la más afectada en disponibilidad de agua. En diez años ha sufrido la pérdida del 40% de las precipitaciones anuales. En 2008 rondaban los 353 milímetros de agua caída al año, mientras que el promedio de los últimos años es apenas de 212 mm. Tal como se visualiza en el **Cuadro 10.4**, a agosto del año 2019 el déficit de precipitaciones en la región metropolitana fue de un 77%, mientras que, en agosto de 2020, el déficit disminuyó a un 52% para volver aumentar a un 71% en agosto del año 2021.

[26] Ibid.
[27] Universidad de Chile Noticias jueves 7 de junio de 2018. Op. Cit.
[28] Sitio Web Publimetro (29 de agosto de 2019). Op. Cit

Cuadro 10.4. Superávit/déficit precipitaciones acumuladas por región (comparado con promedio mismo mes período 1981-2010).

Región	Agosto 2019	Agosto 2020	Agosto 2021
Valparaíso	-77%	-59% (Lago Peñuelas)	-78% (Lago Peñuelas)
Metropolitana	-77%	-52% (Santiago)	-71% (Santiago)
O'Higgins	-78%	-27% (Rancagua)	-52% (Rancagua)

Fuente: DGA, 2019; DGA, 2020; DGA, 2021.

Los datos indican que la temperatura continental aumentó 0,2º en el centro norte, y 0,1º en el resto del país. A simple vista podría parecer un aumento reducido, no obstante, estas pequeñas variaciones podrían implicar consecuencias para muchas personas.

Está última década se han experimentado olas de calor en periodos invernales, así como la ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud como el del año 2017, o en épocas no habituales del año. Todo parece indicar que el escenario de desertificación de la zona se acentuará en las próximas décadas. Como se señaló anteriormente: "El desierto avanza hacia el Sur".

10.3.3.1.4. Marejadas

Temporales de viento y lluvia están presentes de modo permanente a lo largo del litoral central del país, las que por su frecuencia y magnitud en los últimos años hacen que su vinculación con el cambio climático sea inevitable[29]. Dentro de estos fenómenos están las grandes marejadas, de una fuerza inédita, en el litoral central. Las ciudades costeras son las más afectadas, en su infraestructura, incluyendo mobiliario urbano, residencias, servicios turísticos y automóviles, generando una gran inseguridad en sus habitantes.

En los últimos años, se ha registrado un aumento considerable, tanto en el número de eventos de oleaje extremo (**Ver Cuadro 10.5**), como en la intensidad de estos. Algunas de estas marejadas ocasionaron inundaciones del borde costero, como en la Av. Perú de Viña del Mar (Igualt *et al*., 2019).

Cuadro 10.5. Marejadas Borde Costero Viña del Mar.

Fecha	Efectos
Agosto 1965	Sobrepaso y daños en av. Perú y costaneras de Viña del Mar
Agosto 1968	Daños en av. Perú y costaneras de Viña del Mar. Daños en caleta de pescadores El Membrillo (botes

[29] Merino, Humberto. "Cambio climático: los desafíos de las costas de Chile". Extraído el 21.08.2019 desde: https://www.revistaenfoque.cl/tsunamis-marejadas-y-el-cambio-climatico-los-desafios-de-la-costa-de-chile. Consultado el 02.05.2020.

	destruidos). Sobrepasos en costaneras.
Mayo 2013	Daños en av. Perú, Viña del Mar.
Enero 2014	Daños en av. Perú, Viña del Mar.
Agosto 2015	Daños en infraestructura costera, movilización de muros de defensa y destrucción de costanera en Viña del Mar. Daños en locales comerciales de av. Perú. Un muerto (Concón).
09 diciembre 2015	Sobrepasos.
26 enero 2016	Sobrepasos. Un muerto (Caldera). Cierre de locales comerciales av. Perú.
19 marzo 2016	Sobrepasos.
13 julio 2016	Sobrepasos. Daños en locales comerciales de av. Perú.
02 noviembre 2016	Sobrepasos
25 junio 2017	Sobrepasos. Pérdida de arena en playas. Daños en locales comerciales de av. Perú, playa Las Salinas y playa Reñaca.

Fuente: Igualt et al., 2019.

De acuerdo con las estadísticas en la región de Valparaíso, el promedio de marejadas entre 2006 y 2014 fue de 32. El año 2016 se registró la mayor cantidad de marejadas de los últimos 10 años en el país. El año 2016 las alertas constatadas fueron 56, superando los 45 eventos del año 2015, y el promedio en años anteriores era de sólo 32[30]. Durante el año 2017, se registraron 39 marejadas[31]

Tal como se señala en una publicación anterior; "Cambio Climático y Desastres Naturales. Acciones claves para enfrentar las catástrofes en Chile", del Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile (Galilea. Diciembre 2019), los efectos de estas violentas marejadas, con grandes olas que superaron los 5 metros, han sido devastadores: inundaciones de bordes costeros; daños de gran magnitud en infraestructura portuaria y urbana; retrocesos, pérdidas y erosión de playas; levantamientos y hundimientos de la costa; muerte de peces, pájaros, plantas y vidas humanas, son algunas de las graves consecuencias de estos fenómenos. Ocasionando el cierre de puertos y restringiendo el acceso a las playas e incluso evacuando a la población afectada directamente.

La vinculación de las marejadas y el cambio climático se ve reforzada ante la constatación del aumento del nivel de los océanos. Hay expertos que señalan que el derretimiento de los hielos polares - producto del cambio climático - podría implicar un aumento del nivel de los océanos, el que llegaría a 60 cm para el año 2060, con proyecciones más graves para el 2100, puesto que los mares podrían

[30] Galilea (Diciembre 2019). Op. Cit.
[31] Igualt, F., Breuer, W., Contreras-López, M. y Martínez, C. (2019). Op. Cit.

acrecentarse hasta dos metros, lo que tendría efectos devastadores, ya que muchas zonas urbanas de grandes ciudades como Miami, Buenos Aires, Tokio o Bombay y zonas bajas como Bangladesh, Vietnam, los Países Bajos y algunas Islas del Pacífico quedarían bajo el mar.[32]

Respecto al tratamiento de este cada vez más recurrente fenómeno de marejadas en el litoral centro sur de nuestro país, cabe resaltar el trabajo realizado por los estudiantes y profesores de la Escuela de Ingeniería Civil Oceánica de la UV de un modelo de clasificación de las marejadas, propuesto a la ONEMI para que se implemente de manera oficial, Este aporte implicó exhaustivos análisis de los episodios de marejadas documentados, el comportamiento de las olas y los daños provocados. El modelo divide el comportamiento de las olas en 5 que son considerados como "marejadas"[33,34] (**Ver Cuadro 10.6**). Un mismo evento puede tener categoría 5 en un lugar, categoría 4 en otro, y categoría 3 en otro.

Cuadro 10.6. Categorías de Marejadas.

Categoría	Descripción
M1	Presenta una combinación de oleaje y marea que provoca que el mar ingrese ocasionalmente, y requiere precaución al realizar actividades en el borde costero. Esta categoría está pensada para alertar a los bañistas.
M2	Establece como peligrosas las actividades cerca del mar. Las playas se inundan con frecuencia.
M3	Se considera riesgoso acercarse al sector donde cae el agua de las olas, y los paseos costeros se ven sobrepasados, además de registrarse daños en las estructuras más expuestas. Este tipo de eventos ocurre aproximadamente una o dos veces al año, y debería preocupar a los locatarios del borde costero
M4	Se considera riesgoso acercarse al sector donde cae el agua de las olas, y los paseos costeros se ven sobrepasados, además de registrarse daños en las estructuras más expuestas. Este tipo de eventos ocurre aproximadamente una o dos veces al año, y debería preocupar a los locatarios del borde costero
M5	Esta categoría se define cuando la evacuación es considerada urgente, se presentan daños graves en las estructuras, hay sobrepaso de agua en altas cantidades y alto grado de destrucción en las propiedades del borde costero.

Fuente: Universidad de Valparaíso, 2022.

Si bien, estadísticamente, las marejadas más violentas se concentran entre los meses de mayo y agosto, con mayor frecuencia en el mes de junio, el litoral central se vio afectado por grandes olas el 26 de enero de 2016, rompiendo todas las tendencias a la fecha. Una temporada turística, en pleno verano, en donde a pesar del evidente riesgo se transformaron en una atracción, particularmente en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar.

[32] Ibid.
[33] Universidad de Valparaíso Escuela de Ingeniería Civil Oceánica. Sistema de Alerta de Marejadas (SAM). Categorías de Marejadas. En https://marejadas.uv.cl/index. php/categorias/folleto-categorias.
[34] Marítimo Portuario. Del 1 al 5: ahora las marejadas tendrán una escala de medición. (Diciembre de 2018). En https://www.maritimoportuario.cl/mp/del-1-al-5-aho- ra-las-marejadas-tendran-una-escala-de-medicion/ Consultado el 20.05.2020

10.3.3.1.5. Incendios forestales

Según CONAF[35] "Un incendio forestal es un fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. Es decir, es un fuego injustificado y descontrolado en el cual los combustibles son vegetales y que, en su propagación, puede destruir todo lo que encuentre a su paso". El fuego, en su quema y destrucción, afecta al suelo, a la fauna, al aire, al ciclo del agua y, en general, al entorno del ser humano y en ocasiones a las propias personas.

El origen de los incendios, recae mayoritariamente en la acción humana. El 99,7% de los incendios se inicia ya sea por descuidos o negligencias en la manipulación de fuentes de calor, o por prácticas agrícolas o por intencionalidad, originada en motivaciones de distinto tipo, incluso la delictiva.

Los incendios forestales generan impactos negativos severos en las zonas directamente afectadas por el fuego e impactos indirectos que afectan a zonas mucho más amplias. Entre los efectos indirectos y de corto plazo, se encuentran, por ejemplo, problemas de visibilidad para el tránsito terrestre y en casos extremos, problemas en el tránsito aéreo.

De acuerdo a CONAF, los problemas provocados por los incendios forestales pueden clasificarse en daños y efectos. Los primeros dicen relación con todas aquellas consecuencias negativas cuantitativas producidas directa e indirectamente por el incendio forestal, las que pueden afectar tanto a bienes tangibles y transables, como a los intangibles que son difíciles de cuantificar, incluso en el largo plazo. Los efectos por su parte, están referidos al tipo de alteración que se origina en la dinámica de los diferentes procesos relativos a los recursos naturales, incluyendo la función que estos recursos cumplen en el desarrollo socioeconómico.

En nuestro país, en las últimas décadas ocurren cada año entre 6.000 a 7.000 incendios forestales que se propagan, de manera preferente, cuando las condiciones ambientales, tales como la carencia de lluvias, la mayor temperatura

[35] CONAF. Incendios Forestales en Chile. En: https://www.conaf.cl/incen- dios-forestales/incendios-forestales-en-chile/ Consultado el 20.05.2020

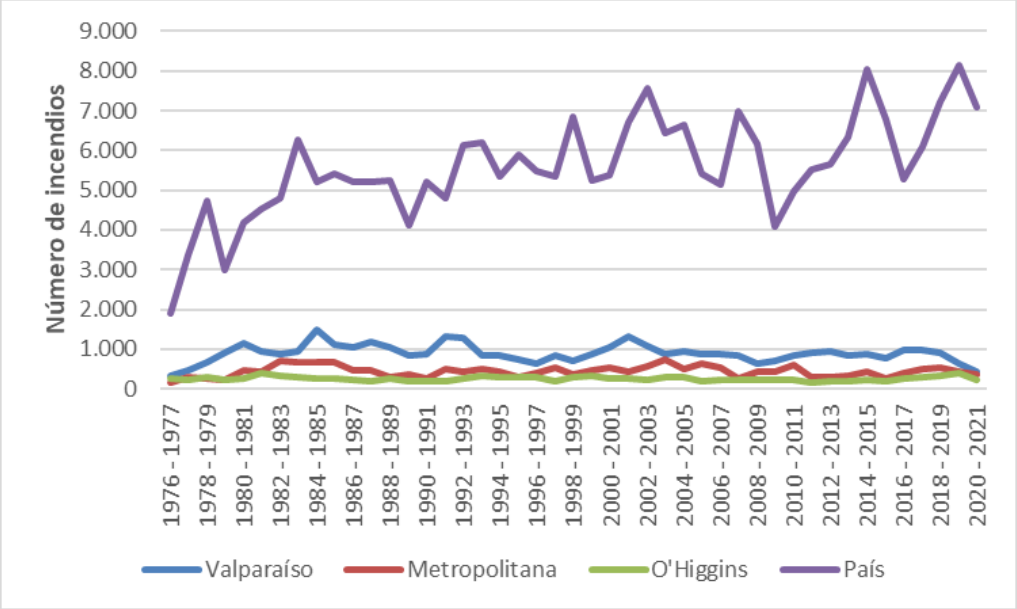
del aire y los flujos de viento sur, condiciones que se dan desde la primavera de un año hasta el otoño del siguiente, favorecen la ignición de la vegetación combustible a causa de una fuente de calor aportada por el ser humano.

Los incendios forestales en nuestro país se distribuyen preferentemente entre las regiones de Coquimbo y Magallanes. No obstante, lo anterior, éstos frecuentemente se desarrollan en áreas rurales y/o de transición urbano-rural (cercano a asentamientos humanos), cuyo combustible afectado puede componerse de: árboles, matorrales y/o pastizales y en algunas situaciones se acompaña de cultivos agrícolas, desechos de las actividades agrícolas o forestales, viviendas e infraestructura (CONAF).

Si bien la cantidad promedio de incendios forestales anuales en la macroregión se mantiene relativamente constante las últimas décadas (**Ver Figura 10.6**): 1.567(5.646 país) entre 1990 y 2000; 1.652(6.047 país) entre 2000 y 2010 y, 1.532 (6.206 país) entre 2010 y 2019, se ha registrado un aumento de la cantidad de hectáreas afectadas por incendios forestales en la última década en comparación con las dos décadas anteriores: 18.032 (50.969 país) entre 1990 y 2000; 18.154 (48.000 país) entre 2000 y 2010 y, 36.012 (124.000 país) entre 2010 y 2019.

En este último período la región de O'Higgins ha sido la más afectada, con un promedio de 17.000 hectáreas anuales en el periodo 2010-2019, particularmente determinado por el mega incendio forestal de enero-febrero 2017. No obstante, por su impacto en los cerros poblados, el incendio de Valparaíso en 2014 se recuerda como uno de los más fatídicos.

Figura 10.6. Ocurrencia de incendios en la macroregión centro.



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF, 2021.

Respecto de la distribución territorial de los incendios forestales, en la Región de Valparaíso, las comunas con mayor ocurrencia en la provincia de Valparaíso corresponden a Valparaíso y Viña del Mar, en la provincia de Marga - Marga, Quilpué y Villa Alemana y en la provincia de San Antonio, las comunas de San Antonio y Cartagena. La alta incidencia de incendios forestales en estas zonas, responde en gran medida a la ausencia de una zona de transición que aísle o sirva de zona de amortiguación entre las localidades habitadas y las áreas con presencia de vegetación, situación que impediría el libre tránsito de personas en ambos sentidos, disminuyendo con esto la posibilidad de ocurrencia de este tipo de siniestro.

En la región Metropolitana, son los sectores periurbanos los que se encuentran más amenazados, debido en gran medida a las características vegetales y paisajísticas, sobre todo de las laderas, que se pueden encontrar en esas áreas, sumado además a la presencia humana, lo que claramente aumenta las probabilidades de ignición de incendios forestales. En concordancia con lo señalado, la propagación de incendios forestales también guarda una importante relación con la existencia de los cordones montañosos y otros cerros que se encuentran a lo largo y ancho de la región central.

Los incendios forestales son una amenaza recurrente en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, debido tanto a condiciones naturales (estación seca prolongada y vegetación altamente combustible), como a la propia acción

del hombre. No obstante, la mayoría de las áreas con alto riesgo de incendio forestal se ubican en zonas escasamente pobladas correspondientes a interfluvios y laderas de la Cordillera de la Costa y zonas bajas de la Cordillera de los Andes. A pesar que se definieron zonas con distinto nivel de riesgo de incendio forestal, los incendios generados por acción antrópica pueden afectar áreas sin registros históricos de incendio clasificadas como de bajo riesgo. Esto introduce un grado de incertidumbre en dicha clasificación.

Todos estos incendios y megaincendios tienen como elementos en común: un clima cálido, con temperaturas muy sobre el promedio, condiciones de sequía y vientos que, indudablemente, favorecen los incendios forestales y su rápida propagación. Por tanto, no es de extrañar, ni menos es una casualidad, que las zonas con mayor frecuencia de incendios sean aquellas con aumento de las temperaturas y permanentes sequías, como resultado del calentamiento global. Asimismo, producto de la persistente sequía y de las altas temperaturas, se ha extendido la ocurrencia de estos incendios. Hasta fines de los años 90, la mayor ocurrencia de incendios forestales era entre diciembre y enero, pero ya se han declarado incendios a contar del mes de agosto. En 2019 hubo 4 eventos importantes este mes, coincidentes con altas temperaturas, muy por sobre los promedios históricos para esa temporada del año[36].

10.3.4. Macroregión sur

Esta macroregión está conformada por las regiones de Maule; Ñuble; Biobío; La Araucanía y, Los Ríos. Posee una superficie total de 117.636,60 km^2, equivalentes al 15,56% del territorio nacional, sin incluir al territorio antártico.

10.3.4.1. Amenazas hidrometeorológicas

Las principales amenazas naturales en la macroregión sur son de tipo hidrometeorológicos, provocadas por las inundaciones fluviales, producto de regímenes de lluvia con vientos intensos, provocando anegamientos, y procesos de remoción en masa. Asimismo, las nevadas en las zonas cordilleranas y precordilleranas han dejado varias localidades aisladas, particularmente en la región de la Araucanía. Igualmente se han generado fenómenos muy poco frecuentes para su geografía como son los tornados y trombas marinas que afectaron áreas urbanas de la región del Biobío el año 2019.

[36] Barrales Guzmán, Katerin (2017).

Esta macroregión, a pesar de su clima frío, y generalmente lluvioso, al igual que gran parte del país, ha experimentado un fenómeno de sequía en la última década. En la última década, los incendios forestales se han constituido en la principal amenaza, aquello si se considera que en esta macroregión se concentra el 65% de las ha afectadas por los incendios forestales acontecidos en el periodo 2000-2019. El megaincendio del año 2017, entre las regiones de O'Higgins y La Araucanía, es considerado uno de los cinco más grandes de la historia a nivel mundial.

10.3.4.1.1. Inundaciones y remoción en masa

En esta macroregión existen zonas que dada sus particulares características hidrogeológicas, favorecen las inundaciones por afloramiento de aguas subterráneas y además por desborde de cauces hídricos.

El fenómeno de desborde de cauce es producido durante eventos pluviométricos de gran duración e intensidad y es debido a la incapacidad de los cauces actuales de conducir los flujos de agua, produciendo su desborde hacia sus áreas colindantes. La impermeabilización del suelo por efecto de la urbanización reduce la capacidad de infiltración, produciendo cambios en el drenaje, y, por tanto, cambios en el escurrimiento y recepción eficiente de las aguas por parte de la red de drenaje local, la que por lo general es insuficiente.

La región del Maule se caracteriza, particularmente, por la ocurrencia de inundaciones asociadas a factores antrópicos; agregados a los cuales se registran casos relacionados a erupciones volcánicas, precipitaciones frontales y fusión nival[37].

Las regiones de Ñuble y Biobío, dada la presencia de importantes cuencas costeras, también se encuentran sujetas a amenazas de inundación fluvial, con cauces importantes, especialmente en el área metropolitana de Concepción y en el sur de la región con eventos históricos de anegamiento.

La cuenca hidrográfica del río Itata, en la región de Ñuble, alcanza una superficie de 11.200 km^2 y está formada por dos cursos principales de agua: los ríos Ñuble e Itata. Posee una longitud de 230 km, incluyendo dos ríos formativos: el Cholguán y el Huépil, desembocando en el océano Pacífico entre las comunas de Trehuaco y

[37] Rojas, Octavio Mardones, María; Arumí, José Luis; Aguayo, Mauricio (2014).

Coelemu, con un caudal medio de 140 m^3/seg. Su régimen es pluvio nival, ya que los principales afluentes nacen en la Cordillera de Los Andes y precordillera, adquiriendo su aporte de los deshielos primaverales y las precipitaciones invernales. En la región, la mayor inundación fluvial reciente de la cual se tiene registro es la de julio de 2006. En dicha oportunidad, la estación río Ñuble en La Punilla, registró su máximo caudal instantáneo (3688,5 m^3/s). En la estación río Chillán camino a Confluencia, con datos desde 1987, los mayores caudales instantáneos registrados fueron 809,5 m^3/s, en mayo de 2001, y 781,8 m^3/s, en julio de 2006.

La cuenca del río Biobío es una de las más extensas de Chile, alcanzando un total de 24.260 km^2, siendo la tercera más extensa a nivel nacional, después de los ríos Loa y Baker, alcanzando su cauce principal una longitud de 380 km. El régimen de la hoya alta del río Biobío es más bien nival, pero en su curso medio, al recibir aportes pluviales, pasa a régimen mixto. En su curso inferior tiene régimen pluvial debido a la influencia del río Vergara y de otros tributarios en su curso medio. En su desembocadura suele presentar crecidas de 800 m^3/s. Durante los últimos años el río Biobío ha sufrido varios desbordes de importancia, los que se detallan en el **Apéndice 10.2**. Su curso inferior presenta un régimen básicamente pluvial, por lo que sus desbordes e inundaciones fueron causados por temporales ocurridos en la zona.

Los ríos de la Región de La Araucanía se caracterizan por disponer de abundante caudal en invierno y escasos en el periodo estival. Se cuenta con dos importantes cuencas hidrográficas que se desarrollan completamente en el territorio, la del río Imperial y del río Toltén. Entre los eventos destacados de la región de la Araucanía, se encuentra el temporal de vientos y lluvias que los días 29, 30, 31 de agosto y 1 de septiembre del año 2008 afectó a gran parte de la zona sur del país, con precipitaciones que alcanzaron los 160 mm, produciendo la inundación de amplios sectores rurales y urbanos, y afectando principalmente a las comunas de Loncoche, Gorbea, Saavedra, Carahue, Nueva Imperial, Toltén, Teodoro Schmidt y Cholchol.

Fueron afectadas producto del anegamiento e inundación de 3.348 viviendas, se interrumpió la conectividad vial en 183 puntos, y se vieron afectados terrenos cultivables, ganado, lugares de acopio e invernaderos. La superficie total inundada y/o anegada concentrada en las nueve comunas más afectadas alcanzó a 77.821

ha, de las cuales 70.827 son afectaciones por inundaciones, representando el 91% del total del área afectada.

En la región de Los Ríos, las áreas más susceptibles de sufrir inundaciones y anegamientos son las de la Depresión Central, especialmente en las zonas cercanas a los principales cursos de agua de la región.

La macroregión sur en lo que va del presente siglo XXI (contabilizado hasta 2017) supera a la cantidad de inundaciones y aluviones totales ocurridos en el siglo XX (**Ver Cuadro 10.7**). Las inundaciones acontecidas en lo que va del siglo XXI superan en un 131% las ocurridas en el siglo XX, resaltando la región del Biobío, que en los primeros 17 años de este siglo ha cuadruplicado los eventos de este tipo ocurridos el siglo anterior. Situación similar se observa en el caso de los aluviones, que se han triplicado en lo que va de este siglo.

Estas cifras visualizan que las condiciones hidrometeorológicas han cambiado drásticamente en las últimas décadas, haciendo que fenómenos que tenían un carácter extraordinario se hayan vuelto recurrentes. De acuerdo con el IPCC (2021), la mayor recurrencia de estos fenómenos se puede atribuir al cambio climático.

Cuadro 10.7. Cantidad de Inundaciones y Aluviones por región, siglos XX y XXI.

	Inundaciones		**Aluviones**	
Región/siglo	XX	XXI	XX	XXI
Maule	15	18	1	0
Biobío	9	38	0	4
La Araucanía	11	27	1	2
Los Ríos	6	12	1	5
Macroregión	41	95	3	11
País	502	252	57	42

Fuente: Fundación Chile, 2018.

10.3.4.1.2. Nevadas

La región de La Araucanía se ve afectada por sucesivos e intensos fenómenos climatológicos, asociados a sistemas frontales subpolares, los cuales se expresan en nevazones y heladas en sectores cordilleranos, cuyos suelos tienen un uso básicamente silvo-agropecuario. Los años 2007, 2009 y 2011, como medida complementaria a las ya realizadas por la Oficina Regional de Emergencia (OREMI)

en la fase de emergencia de estos eventos hidrometeorológicos, se han decretado como zona de emergencia agrícola, a las Comunas de Melipeuco, Lonquimay, Curarrehue y los sectores altos de Pucón, Cunco, Curacautín, Vilcún y Collipulli. La comuna de Lonquimay, una de las más afectadas por estos fenómenos, se ubica en un lugar muy especial de la geografía, pues se localiza al oriente de grandes volcanes, y al otro lado de la Cordillera de los Andes. La otra zona que es generalmente afectada por este tipo de amenaza es la comuna de Melipeuco, la cuál se encuentra ubicada en el área cordillerana de la región de La Araucanía.

Los principales riesgos recaen en la infraestructura pública y agroganadería del territorio andino, afectando, particularmente a los sistemas de distribución y abastecimiento de agua potable o de consumo (rotura de cañerías y medidores por congelamiento); cortes de cables y caídas de postes por ráfagas de vientos e intensa precipitación; caminos deteriorados, con pérdida de la carpeta granular y colapso de obras de arte; colapso y deterioro de puentes, por el aumento de los caudales de los cauces; daños en establecimientos educacionales y de salud, y en las viviendas de estas localidades.

Asimismo, hay un gran impacto en la ganadería local, por la gran cantidad de nieve que se acumula, deteriorando los suelos e imposibilitando alimentar a los animales.

10.3.4.1.3. Tornados y Trombas Marinas

Los tornados y trombas marinas si bien son eventos inusuales en nuestro país, en la macroregión Sur presentan una relativa mayor frecuencia. Los más recientes afectaron a la región del Biobío, impactando incluso en el centro de la ciudad de Concepción, así como en Los Ángeles y Talcahuano. El más recordado es el tornado que se registró en Concepción el 27 de mayo de 1934, donde resultaron fallecidas 27 personas, 599 heridas y dos desaparecidos.

Según Galilea (2019), de los 21 eventos, entre tornados y trombas marinas, que han sido registrados en el país desde 1633 hasta 2019, 15 han ocurrido en la última década, 8 de ellos en esta macroregión (**Ver Apéndice 10.3**). Son muchos los estudios científicos que establecen una relación directa de estos fenómenos con el cambio climático.

El 27 de abril de 2020 se registró un tornado en la comuna de San Nicolás, región de Ñuble, que no logró tocar tierra, ni causar daños a las personas, ni a la

infraestructura. Esta mayor ocurrencia de estos eventos hace necesaria su inclusión dentro de las amenazas naturales, adoptar medidas de resguardo e información para la ciudadanía. De hecho, a partir de este evento, desde ONEMI recomendaron que "en caso que un tornado amenace el lugar donde te encuentras, dirígete al nivel más bajo de la edificación, a las habitaciones interiores o lugar central como baños, parte baja de la escalera o clóset. El sitio más seguro es un subterráneo o sótano"[38].

Los tornados son producto de tormentas de gran intensidad y pueden durar desde minutos hasta horas. Se caracterizan por tener un movimiento circular y forma de embudo alargado, que desciende desde la base de una nube de desarrollo. Su diámetro, por lo general, es de algunas decenas o cientos de metros. Los vientos asociados a un tornado pueden superar los 100 a 300 km/h, lo que hace de este fenómeno el más intenso y de mayor capacidad destructiva a nivel atmosférico"[39]. En cuanto a las trombas marinas, corresponden al mismo fenómeno que el tornado, pero generado sobre el agua, pudiendo también llegar a tierra y causar daños, como habría sido lo ocurrido en la ciudad de Concepción, distante del borde costero (Galilea, 2019).

A fines de mayo de 2019, un sistema frontal que afectó a la zona sur del país generó gran alarma pública por lo inusual de los eventos climáticos ocurridos. Un tornado en la ciudad de Los Ángeles el día 30 de mayo y trombas marinas, al día siguiente, en las ciudades de Talcahuano y Concepción.

La ocurrencia de ambos fenómenos climáticos generó el desprendimiento de techumbres, interrupción del servicio de energía eléctrica, una víctima fatal, quien falleció aplastada por un container en Talcahuano, y varios lesionados. En Concepción, la tromba marina impactó negativamente el centro de la ciudad, derribando 28 árboles, voladura de techos, automóviles volcados y anegamientos, en varios sectores de la ciudad.

10.3.4.1.4. Sequía

La macroregión Sur se caracteriza por su aptitud principalmente agrícola. Su producción agrícola equivale a casi un 40% del total nacional; posee un 18,2% de su suelo destinado a uso agrícola; una cifra similar en Praderas y Matorrales y un

[38] Canal 13 (27.04.2020). "Ñuble: Registran gran tornado en San Nicolás que no logró tocar tierra". En: https://www.t13.cl/noticia/nacional/tornado-san-nicolas-to-car-tierra-27-04-2020. Consultado el 25.06.2020.
[39] ONEMI. "Tornados – Trombas Marinas". https://www.onemi.gov.cl/torna- dos-trombas-marinas/ En Galilea (Diciembre 2019).

50% destinados a Bosques. Esta condición agrícola forestal privilegiada se ha visto afectada por la sequía de la última década, al igual que gran parte del territorio nacional.

Al ver las cifras de precipitaciones entregadas en los Boletines mensuales de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), podemos observar que todas sus regiones presentan un importante déficit de precipitaciones al comparar los meses de agosto 2019, agosto 2020 y agosto 2021 (**Ver Cuadro 10.8**), con el promedio de esos mismos meses en el período 1981-2010. La Región del Maule es una de las que más se ha visto afectada por esta situación, impactando de manera importante su producción agrícola, generando -a su vez – condiciones propicias para la propagación de incendios forestales, tal como ha ocurrido en la última década.

Cuadro 10.8. Superávit/déficit precipitaciones acumuladas por región (comparado con promedio mismo mes período 1981-2010).

Región	Agosto 2019	Agosto 2020	Agosto 2021
Maule	-52%	-8% (Talca)	-9% (Talca)
Ñuble	-34%	-26% (Chillan)	-34% (Chillan)
Bíobio	-41%	-23% (Concepción)	-55 (Concepción)
La Araucanía	-36%	-30% (Temuco)	-37% (Temuco)
Los Ríos	-4%	7% (Valdivia)	-26% (Valdivia)

Fuente: DGA, 2019; DGA, 2020; DGA, 2021.

"El año 2022 no va a ser más lluvioso que el 2021, lamentablemente. Puede haber eventos particulares, pero en el acumulado probablemente va a ser igual o menor, y si llega a ser superior, no va a ser un 10 por ciento más que el que este año, debido a esta tendencia a largo plazo a la sequía" Así lo sostiene Raúl Valenzuela, meteorólogo, académico del Instituto Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de O'Higgins (UOH) (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, 2022). Asimismo, la Dirección Meteorológica de Chile (2022) pronostica lluvias bajo lo normal para el trimestre junio-julio-agosto para la macroregión sur.

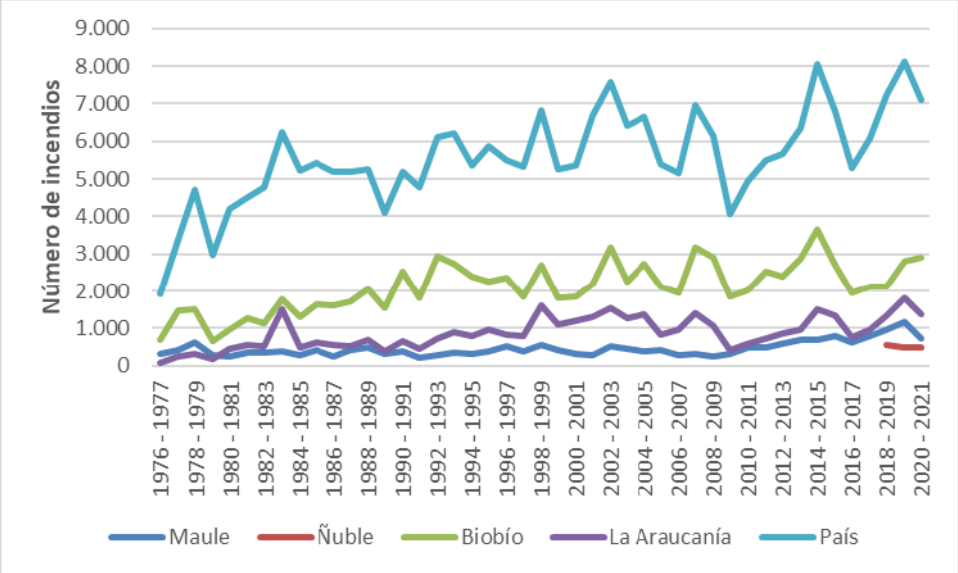
10.3.4.1.5. Incendios Forestales

Los incendios forestales son una amenaza recurrente en esta macroregión, debido tanto a condiciones naturales (estación seca prolongada, altas temperaturas, condiciones particulares de humedad, y vegetación altamente combustible) como a la propia acción del hombre. La mayoría de las áreas con alto riesgo de incendio

forestal se ubican en zonas cercanas a centros poblados del valle central o con afluencia de público en la época estival. Los cambios en el uso de suelo como la presencia de nuevas plantaciones forestales o su disminución, o el aumento de actividades agrícolas o turísticas cercanas a zonas vulnerables pueden hacer variar el grado de amenaza, vulnerabilidad y finalmente el riesgo de incendios forestales en corto periodo de tiempo (meses).

En Chile, los incendios forestales se han incrementado significativamente en las últimas décadas (**Ver Figura 10.7**). La macroregión Sur es la que concentra la mayor cantidad de eventos de este tipo.

Figura 10.7. Ocurrencia de Incendios en la macroregión sur.



Fuente: Elaboración propia, con base en estadísticas de CONAF, 2021.

La macroregión concentra el 63,3 % del total de incendios ocurridos en el país entre 1976 y 2019, y el 69,9% de los incendios totales en el período 2010-2019. Siendo la región del Biobío la que acumula la mayor cantidad de eventos.

Si bien la cantidad de incendios anuales ocurridos en la macroregión se mantiene relativamente constante las últimas décadas, con un promedio anual algo superior a los 4.000 eventos anuales, la alerta está en la voracidad de estos incendios forestales, con un aumento significativo de la cantidad de hectáreas arrasadas.

Algunas cifras en la macroregión:

a. Entre 1990 y 2000 hubo 36.881 incendios, con un total de 229.779 hectáreas arrasadas.

b. Entre 2000 y 2010 hubo 40.289 incendios forestales, con 254.617 hectáreas arrasadas
c. Entre 2010 y 2019 hubo 39.014 incendios forestales con 729.887 hectáreas quemadas, de las cuales 340.532 corresponden a Maule y 243.010 a Biobío, explicadas fundamentalmente por el megaincendio del año 2017.

A pesar de que el megaincendio que afectó principalmente a las regiones del Maule y Biobío en el verano del año 2017 puede interpretarse como una distorsión de las cifras comparadas entregadas, ya existía una tendencia al observar el promedio anual de hectáreas quemadas antes de este evento extremo. El promedio anual de hectáreas afectadas entre 1990 y 2000 fue de 22.978; 25.462 entre 2000 y 2010, y 45.880 entre 2000 y 2016. Es decir, con una clara señal de tener incendios cada vez más violentos, que se dieron en condiciones particulares de sequía, altas temperatura, baja humedad y vientos de consideración, características todas asociadas al cambio climático.

El megaincendio que afectó a la Macroregión Sur entre los días 18 de enero y 9 de Febrero, y particularmente a las regiones de Maule y Biobío, ha sido la peor catástrofe de este tipo en nuestro país, llegando a ser catalogada por los especialistas de la Unión Europea como el primero de los incendios de “sexta generación” (Galilea, 2019).

Es indudable la estrecha vinculación de estos eventos con el cambio climático. La intensidad, severidad y velocidad de propagación del fuego se explica por una conjugación de factores muy propios del cambio climático. Prolongadas sequías; altas temperaturas, y humedad ambiental inusualmente bajas, que en conjunto constituyen el escenario para el desarrollo de estos incendios. Estas condiciones climáticas de alta fragilidad y riesgo estaban presentes en las zonas afectadas el 2017, y recordaron a muchos el efecto 30-30-30 que se produce al experimentar temperaturas de más de 30 grados centígrados; cerca de 30 por ciento de humedad en el aire y, vientos de más de 30 kilómetros por hora.

En cuanto a las temperaturas extremas, los días 26 y 27 de enero, varias ciudades de la macroregión alcanzaron niveles inusualmente elevados, no registrados en décadas. En la región del Maule, particularmente en la ciudad de Curicó, la temperatura máxima alcanzó los 37,3 °C, valor que no se registraba hace 91 años. Situación similar vivió la ciudad de Chillán, con una temperatura de 41,5 °C, no existiendo un nivel similar desde hace 71 años (CONAF, 2017).

En cuanto a la situación de sequía, como se señalara en un acápite anterior, las regiones de la Macroregión, en promedio, presentan déficit hídrico cercano al 50% en relación a las décadas anteriores.

El megaincendio del centro sur de Chile del verano del 2017 es reconocido como el cuarto más devastador a nivel mundial en los últimos 15 años, con más de 500.000 hectáreas consumidas, con alrededor de 400.000 de ellas de importante riqueza forestal. El fuego avanzó en muy pocos días desde las regiones del centro del país hasta la región de la Araucanía, con una violencia e intensidad sin precedentes. La región del Maule fue la más afectada con un 54% de la superficie total quemada, le sigue la región de Biobío con 17,4%.

La imagen más elocuente y dramática de la voracidad de esta "tormenta de fuego" ocurrió en la madrugada del 26 de enero de 2017, cuando el fuego arrasó con las localidades de Santa Olga, junto con Los Aromos y Altos de Morán, destruyendo todo a su paso; alrededor de mil viviendas; instalaciones de salud y educación, entre otras. La noche que Santa Olga quedó reducida a cenizas se quemaron más de 396 mil hectáreas en la zona.

10.3.5. Macroregión austral

Esta macroregión está conformada por las regiones de Los Lagos; Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, y Magallanes y de la Antártica Chilena. Se caracteriza por la presencia de bajas temperaturas y la abundancia de precipitaciones en forma de lluvia en el occidente y la escasez de precipitaciones en el este, usualmente en forma de nieve. Posee una superficie total de 289.375,20 km^2, sin considerar el Territorio Antártico Chileno que posee una superficie de 1.250.000 km^2. Su superficie equivale a un 38,27% del territorio nacional. La región de Magallanes, el territorio poblado más austral del mundo, posee el 17,5% de la superficie nacional, ocupando el primer lugar en superficie seguida por las regiones de Antofagasta y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo[40].

[40] Caracterización macroregional de este acápite a partir de la página web Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). "Nuestro país". En: https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/index_html . Op. Cit. y, entre otra información secundaria.

10.3.5.1. Amenazas hidrometeorológicas

La macroregión Austral se caracteriza por su clima frío, abundantes precipitaciones y nevadas, lo que hace que las principales amenazas sean del tipo hidrometeorológicas, incluyendo inundaciones y procesos de remoción en masa. Por otra parte, los incendios forestales, si bien más frecuentes en las macroregiones centro y sur del país han comenzado a ser recurrentes, facilitados por la prolongada sequía que ha afectado a parte importante del país.

Dentro de los desastres más recordados en la macroregión Austral derivados de fenómenos hidrometeorológicos están la tragedia de Villa Santa Lucía en diciembre de 2017 y las inundaciones de la ciudad de Punta Arenas por los desbordes del Río Las Minas.

El detalle de los principales desastres provocados por fenómenos hidrometeorológicos en la macroregión austral para el periodo 1994-2022 se presentan en el **Apéndice 10.4**.

10.3.5.1.1. Inundaciones

Las inundaciones derivadas de la alta frecuencia de fenómenos de lluvias intensas en la macroregión provocan daños diferenciados en las distintas zonas según su conformación geomorfológica. El peligro de inundación se identifica tanto en zonas afectadas frecuentemente en la estación lluviosa del año, como por eventos pluviales extremos más esporádicos. Las zonas con peligro de inundación son aquellas planicies bajas cercanas a los ríos que ven superadas sus capacidades, y otras áreas con baja capacidad de infiltración de sus suelos.

En el área de la Provincia de Osorno, los fenómenos de inundación ocurren debido a que se supera la capacidad de los cauces de sus principales ríos, principalmente en las zonas bajas alrededor de los ríos Rahue, Bueno y Pilmaiquén, las que a pesar del evidente riesgo que implican estas inundaciones albergan algunos asentamientos humanos. Asimismo, existen otras zonas de esta provincia en donde se supera la capacidad de infiltración de los suelos, particularmente en lugares de bajo relieve.

En lo que respecta a los cauces del área urbana de Puerto Montt, es en la descarga donde aumentan los peligros de inundaciones y desbordes, ya que en

muchos casos las construcciones existentes, especialmente las casas ubicadas, cerca de estos cauces, limitan la capacidad de evacuación de las quebradas en su parte final.

Un factor que juega en contra respecto de esta amenaza, tiene relación con las grandes reservas de agua en forma de napas subterráneas, las que sirven para el abastecimiento de agua potable. Este recurso avanza desde las terrazas superiores, desembocando al mar. Las características hidrogeológicas de la ciudad y de los suelos poco consolidados propios de la zona, presentan una conjugación bastante riesgosa para el abastecimiento de la población e infraestructura.

Más al sur, las características morfológicas que caracterizan a la Isla de Chiloé, dan cuenta de una serie de cuencas de diversas dimensiones que divergen desde los relieves altos centrales hacia las partes más deprimidas topográficamente. Las intensas lluvias, características de la zona, saturan los cauces generando situaciones de inundación sobre los terrenos aledaños.

La región de Aysén se caracteriza por su régimen de precipitaciones muy intenso, con extensas cuencas hidrográficas con características torrentosas. Las inundaciones fluviales son eventos recurrentes a cada período invernal y de primavera, dependiendo del régimen. La ocurrencia de una inundación está relacionada a la interacción de factores climáticos, de caudal y de morfología del lecho.

El territorio magallánico está expuesto a permanentes riesgos de origen hidrometeorológico, los que históricamente han generado una serie de desastres naturales como la inundación de la ciudad de Punta Arenas por el río Las Minas en el año 1971, 1990 y 2012. También, hubo otro desborde significativo en 1956.

En el de 1990, el torrentoso caudal del río de las Minas ingresó a los hogares de más de 5 mil personas. “Esa vez hubo un aluvión provocado por intensas lluvias que derivaron en deshielos y causaron el desborde del río”[41].

Asimismo, el domingo 11 de marzo de 2012 las intensas precipitaciones, al igual que en 1990, aumentaron de manera considerable el caudal del río Las Minas provocando inundaciones de la ciudad, dejando a 800 familias afectadas y 53

[41]El Diario Austral. Sitio Web (11.05.2015): “A 25 años del desastroso desborde del río de las Minas. En https://laprensaaustral.cl/archivo/a-25-aos-del-desastro- so-desborde-del-ro-de-las-minas/

personas albergadas (ONEMI)[42]. Viviendas, oficinas, establecimientos comerciales, edificios públicos y privados, vehículos de todo tamaño, fueron golpeados, anegados, arrastrados, destruidos, por la fuerza de las aguas que comenzaron a bajar desde la tarde del 11 de marzo hasta la tarde del día siguiente y, como la Costanera del Estrecho sirvió de muro de contención, no pudieron llegar al mar[43].

También, se destaca el aluvión ocurrido el 16 de diciembre de 2017 en la localidad de Villa Santa Lucia en la comuna de Chaitén. Este aluvión arrasó con todo a su paso, dejando como resultado 21 personas fallecidas y un desaparecido; cortó troncos, cubrió las rutas 7 y 235, destruyó casas e infraestructura cercana al río Burritos y depositó sobre Villa Santa Lucía el barro y restos de material cubriendo una superficie de 90 hectáreas aproximadamente entre 3 y 8 metros de altura[44].

Expertos vincularon estrechamente este aluvión al cambio climático, señalando que entre sus causas se encontraría[45]:

I. Las intensas precipitaciones que se produjeron días antes del evento, las que arrastraron nieve, hielo del glaciar desprendido, troncos y cenizas volcánicas, generando una gran masa que arrasó con el lugar, en particular el aumento de la lluvia en el sector alto de la cordillera, sumado a la nieve poco consolidada;
II. El calentamiento global y el fenómeno del Niño, los que provocaron que la isoterma cero, es decir, el límite entre las precipitaciones y la nieve, subiera a mayor altura, provocando lluvias más intensas en un corto período de tiempo, lo que aumentó el volumen del agua y materiales que terminaron siendo arrastrados.

Otro factor que habría influido en la remoción de masas es la erupción del volcán Chaitén, ya que las cenizas y árboles quemados que se mantienen en las montañas y laderas de la región y que en caso de lluvias intensas producen material extra que bloquea los cauces de ríos y esteros, paso previo para el origen de un aluvión (Galilea, 2019).

[42]Diario Electrónico El Mostrador (13.03.2020): "La Onemi mantiene alerta roja en provincias de Magallanes y del Tamarugal por desborde de ríos". En: https:// www.elmostrador.cl/noticias/pais/2012/03/13/la-onemi-mantiene-alerta-roja-en-provin- cias-de-magallanes-y-del-tamarugal-por-crecida-de-rios/ Consultado el 20.06.2020.

[43]Diario El Pingüino (29.03.2015). El desborde del Río de Las Minas es amenaza constante para Punta Arenas": En https://elpinguino.com/noticia/2015/03/29/el-desbor- de-del-rio-de-las-minas-es-amenaza-constante-para-punta-arenas. Consultado el 20.06.2020

[44]Radio Sago (16.12.2019): "A dos años de la tragedia de Villa Santa Lucia habitantes conmemoran con actividades religiosas en recuerdo de los fallecidos". En: https://www.radiosago.cl/a-dos-anos-de-la-tragedia-de-villa-santa-lucia-habitantes-conme- moran-con-actividades-religiosas-en-recuerdo-de-los-fallecidos/ Consultado el 15.06.2020

[45]Abarca del Río, Rodrigo. Universidad de Concepción. Extraído el 24 de junio de 2019 desde: https://www.terram.cl/2017/12/experto-explica-los-8-fenomenos-que-provo- caron-el-aluvion-en-villa-santa-lucia/ . En Galilea (Diciembre 2019). Op. Cit.

Recientemente, el 16 de mayo de 2020, un intenso temporal de lluvia y viento ha azotado a gran parte de la región de Aysén y la provincia de Palena en la región de Los Lagos, ocasionando inundaciones, deslizamientos, cortes de rutas y diversos accidentes. Sus principales impactos por comuna se exponen en el **Apéndice 10.5**. Este temporal tuvo una magnitud similar al ocurrido en mayo de 2019 en la Región de Los Lagos, y que afectó a cerca de 500 personas y alrededor de 70 viviendas por anegamiento.

En cuanto a la ocurrencia histórica de estos desastres derivados de fenómenos hidrometeorológicos, podemos apreciar (**Ver Cuadro 10.9**), al igual que en el resto del país, una mayor proporción de ocurrencia durante este siglo, en relación al anterior. La Región de Los Lagos, por ejemplo, ha duplicado en estos primeros 20 años del siglo XXI la totalidad de inundaciones ocurridas en el siglo pasado, y ha tenido 4 aluviones, fenómenos no registrados en el siglo XX. Las regiones de Aysén y Magallanes muestran ya una ocurrencia de un 25% de inundaciones comparadas en relación a las ocurridas en siglo anterior.

Cuadro 10.9. Cantidad de Inundaciones y Aluviones por región, siglos XX y XXI.

Región/Siglo	Inundaciones		Aluviones	
	XX	XXI	XX	XXI
Los Lagos	7	15	0	4
Aysén	17	4	2	1
Magallanes	14	4	0	0
Macroregión	38	23	2	5
País	502	252	57	42

Fuente: Fundación Chile, 2018.

10.3.5.1.2. Remociones en masa

Las remociones en masa ocurren con mayor frecuencia en áreas de altas pendientes de laderas, sumados a características geológicas del suelo que bajo, condiciones climáticas adversas, como eventos hidrometeorológicos extremos, o sometidas a eventos sísmicos y/o volcánicos provocan deslizamiento, flujos de material o caída de bloques, que arrasan con todo lo que encuentran a su paso, causando grandes tragedias, afectando a la población, infraestructura y equipamiento. En esta macroregión han acontecido varios episodios que han causado la pérdida de vidas humanas en las últimas décadas.

En la región de Los Lagos, los peligros de remoción en masa se localizan en sectores de las riberas de los ríos mayores (río Bueno, río Rahue, río Pilmaiquén), en especial en la ribera sur del río Bueno y en las ciudades de Osorno, al oeste del río Rahue y de río Bueno. En la zona de Chaitén, se destaca la erupción del volcán Chaitén cuyo flujo de material volcánico prácticamente sepultó la localidad. Si bien los ríos del sector presentan una sección hidráulica suficiente para las abundantes precipitaciones que ocurren en el área de estudio, la inundación del año 2008 se debió principalmente a la colmatación del cauce por acumulación de sedimentos.

En la región de Aysén, los procesos de remoción en masa son fenómenos naturales muy frecuentes, sobre todo en la parte occidental, que reúne las condiciones favorables para que estos fenómenos ocurran: relieves montañosos, con laderas de fuerte pendiente y un sustrato muy pobre y delgado conformado principalmente por una cobertura de cenizas volcánicas, con escasa cohesión del sustrato y la presencia de una cobertura vegetal arbórea de muy alta densidad. Asimismo, una zona con un régimen de abundantes y concentradas precipitaciones. Todas estas características facilitan la ocurrencia de deslizamientos y aluviones.

Un área de permanente preocupación son las quebradas del Cordón Divisadero, con una larga historia de aluviones como los ocurridos durante los años 1928, 1934, 1956, 1966, 1977 y en diciembre de 1985. La crecida del Torrente Los Coigües, ocurrida el 18 de marzo de 1966, en la que perdieron la vida varias personas, transportó un gran volumen de material detrítico, sobrepasó la capacidad de porteo del cauce trazado en el casco urbano de la ciudad de Coyhaique, cubriendo hasta las inmediaciones del centro de la ciudad[46].

Además de los procesos derivados de crecida de ríos, en la región de Aysén se presentan procesos de inundación asociados a vaciamiento de lagos de origen glaciar (GLOF, Glacial Lake Outburst Flood), que corresponde a un proceso de inundación repentina que ocurre luego de un colapso abrupto de la presa que contiene un lago glacial. La represa puede estar formada por hielo glaciar o por una morrena terminal. Estos flujos aluvionales poseen una gran magnitud y alcance territorial.

[46] I. Municipalidad de Coyhaique. Plan Comunal de Emergencia. En https:// www.coyhaique.cl/transparencia/emergencias/PLAN_COMUNAL_DE_EMERGEN- CIA.pdf . Consultado el 12.06.2020.

Otra señal de alerta en cuanto a remoción en masa vinculada al cambio climático es las ocurridas en las zonas de Campos de Hielo, como la detectada por SERNAGEOMIN el año 2018[47]. Si bien no presentan un riesgo directo sobre la población, causa preocupación por su asociación al aumento de la temperatura promedio del planeta.

10.3.5.1.3. Nevadas

Por sus características climáticas, la macroregión presenta importantes volúmenes de precipitación de nieve, especialmente en aquellas zonas interiores y de clima marcadamente continental. Estos fenómenos naturales si bien son parte habitual de la realidad de la zona austral, pero ocurren con cada vez menor frecuencia y no constituyen en sí grandes amenazas. Salvo en casos extremos como las recordadas nevadas de los años 1958 y 1995, que generaron problemas de cortes de rutas, interrupción del tráfico aéreo, colapso de techumbres, muertes de animales, entre otros.

El evento más recordado es el del 2 de agosto del año 1995, un frente invernal de mal tiempo afectó la zona sur austral de Chile. Un frente frío ocasionó un fuerte descenso en las temperaturas (bajo los -14°C) y grandes nevadas. La nieve obstaculizó caminos y dejó aisladas a cientos de comunidades en la cordillera de los Andes y en los llanos patagónicos. El gobierno decretó emergencia en 24 comunas y posteriormente las amplió a más de una treintena. Por su impacto se le denominó como “Terremoto Blanco”.

Un frente invernal, que parecía ser uno más de los que tradicionalmente afectan a esa región extrema, adquirió una gran fuerza, dejando un saldo de 12 mil familias damnificadas, viviendas sepultadas en cordillera y llanos. Más aún, arrasó con cerca del 20% del ganado ovino (80% sólo en Tierra del Fuego) y la pesca vio mermada su industria en 20.000 truchas y 50.000 salmones[48].

Este terremoto blanco hizo recordar a los magallánicos más antiguos, la gran nevazón del año 1958, el que la Prensa Regional recuerda: “Sin luz, con caminos cortados y sin aviones se quedó Punta Arenas en el mes de julio de ese año”. Los

[47]SERNAGEOMIN (Sitio web): Análisis de SERNAGEOMIN confirma remoción en masa en Campos de Hielo Sur: “Utilizando imágenes satelitales y otras me- todologías de análisis, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), a través de su Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV), determinó que el pasado 20 de octubre ocurrió un evento de remoción en masa al interior del Parque Nacional Bernardo O’Higgins, en el sector Campos de Hielo Sur.”. En https://www.sernageomin.cl/ analisis-de-sernageomin-confirma-remocion-en-masa-en-campos-de-hielo-sur/ Consultado el 15.05.2020

[48]Diario El Pingüino de Punta Arenas (26.07.2011). En: https://es.wikipedia. org/wiki/Terremoto_blanco. Consultado el 20.06.2020.

aeródromos de Chabunco y el de Bahía Catalina se encontraban totalmente cubiertos por la nieve, por lo que tanto el despegue como el aterrizaje de los aviones cuadrimotores de la época fue imposible por esos días[49].

No obstante, es un hecho comprobado que, por efecto del cambio climático, estos eventos de nieve abundante son cada vez menos frecuentes. El cambio del clima, en la macroregión, es evidente por las variaciones de temperatura y, especialmente, por los prolongados días con ráfagas de viento en la zona patagónica. El encargado de estación climática Jorge Schythe, de la Universidad de Magallanes, Nicolás Butorovic, señala que "los cambios también se advierten en el período invernal donde las precipitaciones de nieve han descendido en los últimos 20 años". El especialista recuerda que el último invierno con más nevadas fue en 2002, donde precipitaron 1 metro y 30 centímetros de nieve entre mayo y agosto[50].

10.3.5.1.4. Sequía

A pesar de que la macroregión Austral se caracteriza por sus permanentes lluvias, presentes de manera regular durante gran parte del año, también se ha visto afectada con la larga sequía que ha impactado a gran parte del territorio nacional desde hace casi una década (**Ver Cuadro 10.10**). Si bien ha habido episodios de precipitaciones intensas, no ocurren con la frecuencia de las décadas anteriores.

Cuadro 10.10. Superávit/Déficit Precipitaciones Acumuladas por Región (Comparado con promedio mismo mes período 1981-2010).

Región	Agosto 2019	Agosto 2020	Agosto 2021
Los Lagos	-21%	3%	-29%
Aysén	-13%	26%	-36%
Magallanes	5%	-15%	-9%

Fuente: DGA, 2019; DGA, 2020; DGA, 2021.

De acuerdo con René Garreaud, director del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 y académico del Departamento de Geofísica de la FCFM de la Universidad de Chile, en 2016 el territorio sur y austral registró uno de los años más secos de su historia. Por ejemplo, en Punta Arenas, el déficit de precipitaciones en 2016 alcanzó al 45,5% respecto al año anterior; en 2015 se acumularon 418 mm, mientras que en 2016 se llegó sólo a 221,6 mm. "La sequía

[49] La Prensa Austral (13.08.2017). En: https://laprensaaustral.cl/cronica/la-gran- nevazon-de-1958/

[50] Centro de Investigación GAIA Antártica. Universidad de Magallanes. (02.01.2019). "Cambio climático provoca menos nevadas y más vientos en la Región de Magallanes". En http://www.umag.cl/gaiaantartica/?p=5463 . Consultado el 20.06.2020.

del año 2016 fue distinta a la megasequía entre 2010 y 2015, en cuanto esta vez incluyó hasta el extremo sur del continente, el que en años previos había registrado precipitaciones por sobre el promedio"[51].

10.3.5.1.5. Incendios forestales

La macroregión Austral a pesar de sus lluvias habituales, no ha estado exenta de grandes incendios forestales.

Uno de los incendios forestales que causó gran alarma (e indignación) pública fue el ocurrido los últimos días del año 2011, y que se extendió hasta iniciado el 2012, afectando a más de 17.000 hectáreas del Parque Nacional Torres del Paine, en la región de Magallanes. Este gran incendio, provocado por la acción irresponsable de un turista extranjero, se vio facilitado por vientos de más de 100 km por hora, y direcciones cambiantes, y las particulares características del lugar de su inicio, el "Sector Olguín", en las cercanías del lago Grey, en un lugar agreste, sin acceso vehicular y con muy difícil conectividad marítima.

Si bien el fuego que afectó a la zona a fines de 2011 y principios de 2012 no habría tenido consecuencias muy negativas sobre la calidad del suelo, si ha causado efectos perjudiciales en él a raíz de la erosión causada por la pérdida de vegetación provocada por el incendio[52]. Hoy se han reforestado un número significativo de hectáreas y otras especies están rebrotando, no obstante, se perdieron especies importantes, y en particular bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*), en los que permanecen en pie solamente sus troncos y ramas quemadas.

Pero el incendio en este parque nacional, provocado por la imprudencia e irresponsabilidad humana, no fue el primero. El 10 de febrero de 1985, un turista japonés dejó una colilla mal apagada, lo que desató un incendio que consumió cerca de 14.000 ha del parque. Veinte años después, un turista checo volcó una

[51] Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 En: http://www.cr2. cl/2016-magallanes-registro-uno-de-sus-anos-menos-lluviosos-mientras-chile-central-sumo-un-ano-mas-de-sequia-la-prensa-austral/ Consultado el 20.06.2020.

[52] Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento Programas Investigación Servicios Instalaciones Novedades. Ingeniería UC-Departamento Ingeniería Hidráulica y Ambiental (2013):" Investigación sobre efectos del incendio de 2012 en Torres del Paine". En: https://www.ing.uc.cl/hidraulica-y-ambien- tal/investigacion-sobre-efectos-del-incendio-de-2012-en-torres-del-paine/. Consultado, en junio 12 de 2020.

cocinilla y originó otro incendio, el cual quemó una superficie de más de 15.000 há, de las cuales más de 11.000 afectaron directamente al parque[53].

En la región de Aysén, el año 2019 los incendios se extendieron por más de 15.000 hectáreas en el sector "Colonia Sur" de la comuna de Cochrane. Incendios de esta magnitud no ocurrían desde hace 20 años, cuando el año 1998 otro evento similar arrasó casi 17.000 hectáreas (Galilea, 2019). Los incendios afectaron al bosque nativo de la zona. En particular: coigües (*Nothofagus dombeyi*), lengas (*Nothofagus pumilio*) y ñirres (*Nothofagus antarctica*), junto a un arbusto como el calafate (*Berberis microphylla*). El 50% de su superficie se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas y cuenta con más de dos millones de hectáreas de bosque nativo

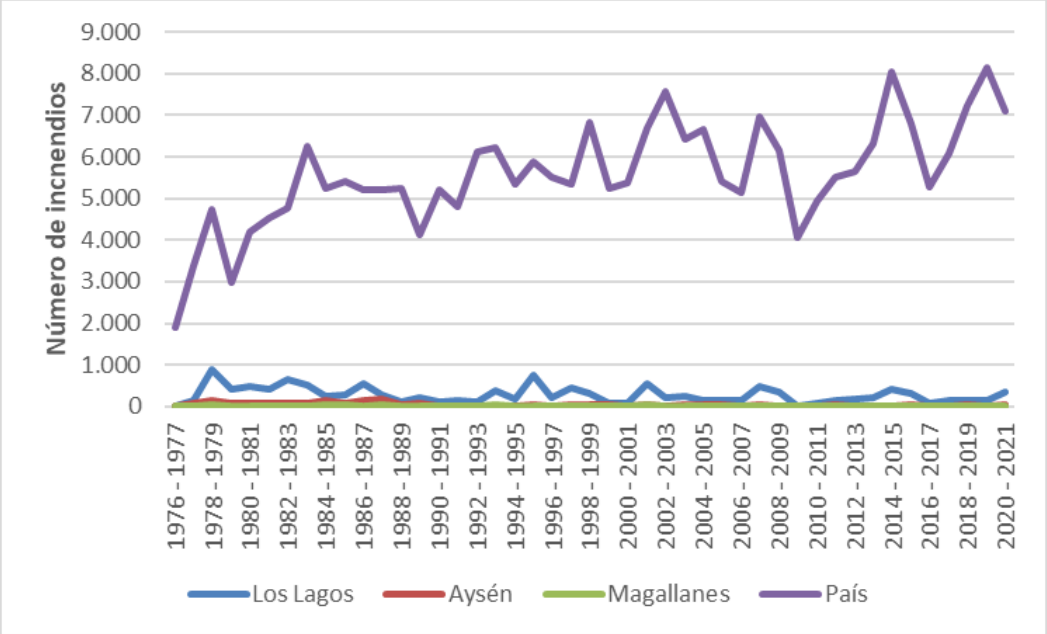
La región de Los Lagos también fue afectada con los incendios del año 2019, que se extendieron entre las regiones del Maule y de Aysén, dejando como daños[54]:

- 2 personas lesionadas producto de los incendios forestales en la comuna de Ancud.
- Daños en instalaciones estratégicas de comunicaciones en la comuna de Futaleufú, producto del incendio forestal "Cerro Troncoso".
- Incendio forestal "Chaquihual", comuna de Ancud, afectando una superficie de 568 ha.
- Incendio forestal "Puguiñón", comuna de Ancud, afectando una superficie de 104 ha.
- Incendio forestal "Recta Chacao cruce Tepual", comuna de Ancud, afectando una superficie de 20 ha.
- Incendio forestal "Vivero Alerce", comuna de Puerto Montt, afectando una superficie de 13 ha.

La cantidad promedio de incendios forestales anuales en la macroregión Austral se mantiene relativamente constante las últimas décadas (**Ver Figura 10.8**): 323 entre 1990 y 2000; 291 entre 2000 y 2010 y, 247 entre 2010 y 2019.

[53] Diario La Tercera. Núñez, María Paz (30 de diciembre de 2011). "Torres del Paine enfrenta el tercer incendio de importancia en 26 años". .En: https://www.latercera.com/noticia/nacional/2011/12/680-418803-9-torres-del-paine-enfrenta-el-tercer- incendio-de-importancia-en-26-anos.shtml. Consultado el 04 de Abril de 2020.
[54] Ibid.

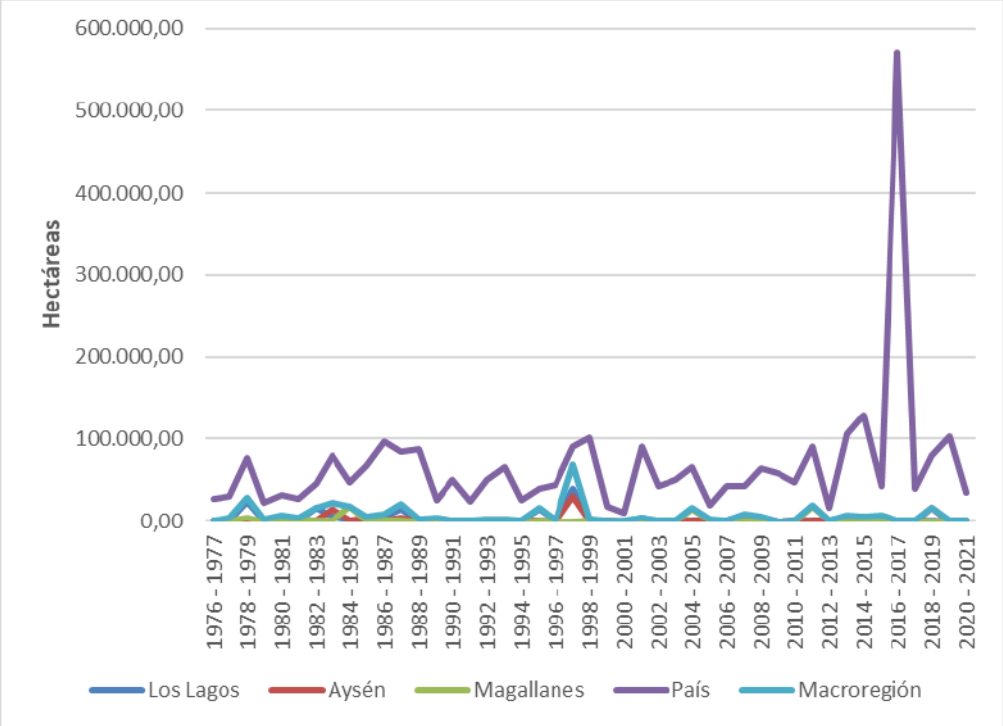
Figura 10.8. Ocurrencia de incendios en la macroregión Austral.



Fuente: Elaboración Propia, con base en estadísticas CONAF, 2021.

Al observar las hectáreas afectadas desde el año 1976 a la fecha en la macrorregión (**Ver Figura 10.9**), vemos el impacto de algunos años de grandes incendios forestales, como los ocurridos en el período 1997–1998, con casi 79 mil hectáreas afectadas en la macroregión, principalmente en Los Lagos y Aysén, las 15.000 hectáreas quemadas en el periodo 2004-2005 y las 17.000 del año 2012 en la Región de Magallanes el año 2012 y, por último, las aproximadamente 16.000 hectáreas en la Región de Aysén del año 2019.

Figura 10.9. Hectáreas afectadas en la macroregión Austral.



Fuente: Elaboración Propia, con base en estadísticas CONAF, 2021.

10.3.6. Casos emblemáticos

10.3.6.1. Tormenta de fuego

Por tormenta de fuego se hace referencia al "movimiento en masa del aire resultante del fuego, creando una ignición de gran intensidad en una amplia área" (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2017). Estos fenómenos son normalmente piroclásticos y se crean durante un incendio forestal.

La tormenta de fuego, fue como se denominó al desastre socionatural que ocurrió en el secano costero chileno, aproximadamente desde la Región Metropolitana hasta el norte de la Araucanía entre los días 18 de enero y 9 de febrero del año 2017. Se trató de una enorme extensión territorial donde el fuego arrasó con plantaciones forestales de las grandes empresas, con plantaciones de medianos y pequeños propietarios forestales y con una masa numerosa de pastizales y otras masas vegetales significativas.

El megaincendio del centro sur de Chile del año 2017, es reconocido como el cuarto más devastador a nivel mundial en los últimos 15 años porque las 467.538 hectáreas que fueron consumidas, son sólo superadas por el incendio de 1987 en

Rusia Oriental, Siberia (14 millones de hectáreas), el de Malasia en su zona boscosa principal de finales de 1997 e inicios de 1998 (9 millones de hectáreas) y el de Australia en febrero de 2003 en su región sureste con 1.300.000 hectáreas consumidas y que se denominó "La Bestia". Esa misma zona australiana tuvo ya incendios catastróficos en diciembre del 2001 y enero del 2002.

Este fenómeno inicia en Chile y en el mundo incendios de "sexta generación"[55], con una intensidad de más de 60.000 Kw/metro - hora, y velocidades de propagación que superaron los 6 Km/hora. Un hecho gráfico de su magnitud y fuerza se produce la noche del 25 de enero de 2017, en donde en sólo 14 horas arrasó con 114 mil ha, equivalentes a 1,8 veces la superficie de Santiago[56].

Esta denominación de incendio de sexta generación fue efectuada por Marc Castellnou, Inspector de Bomberos de Cataluña, jefe del Área forestal. Este analista estratégico GRAF (España), del equipo de expertos en incendios forestales del Mecanismo de Protección Civil de la Unión Europea (EUCP), adicionó a las características de un evento de quinta generación (continuidad de combustible, rapidez de propagación, alta intensidad energética, daño a zonas urbanas y simultaneidad de ocurrencia por efecto de cambio climático), la capacidad de modificar las condiciones de la atmósfera a escala continental. Asimismo, de las condiciones de desarrollo de los incendios, las cuales fueron potenciadas por la acumulación de combustible durante ocho años de sequías generadas por el cambio climático y condiciones meteorológicas extremas[57].

Otro efecto negativo de esta Tormenta de Fuego fue su impacto en el medio ambiente a través de la emisión de gases invernadero, estimándose en alrededor de 80 millones de toneladas de CO2, equivalentes a 3,5 veces el total de emisiones del parque automotriz chileno (CONAF, febrero 2017).

Los meteorólogos explicaron que la propagación de este mega incendio, se debió al llamado factor "30-30-30", consistente en temperaturas de más de 30 grados centígrados; cerca de 30 por ciento de humedad en el aire y vientos de más de 30 kilómetros por hora. Sin duda un escenario muy desfavorable y propicio para que se desatara esta gran tragedia.

[55] Galilea, Sergio (2019). Op. Cit.
[56] CONAF (febrero de 2017): "Descripción y Efectos Tormenta de Fuego, 18 de enero al 5 de febrero".
[57] Barrera Pedraza. D (marzo 2017): "Emergencia incendios forestales 2017". Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

Su magnitud y fuerza no tenían precedentes en nuestro país. Si revisamos los incendios registrados por CONAF desde la década del sesenta hasta el Megaincendio de 2017, es posible apreciar que entre 1964 y 2017 el promedio de hectáreas quemadas por evento fue de 11,2 por incendio, pero en el período 2016-2017 alcanza a 108,2 hectáreas por incendio, lo que sobrepasa cualquier planificación preventiva de los organismos a cargo. "El resultado fue una situación fuera de la capacidad de extinción de cualquier operativo de extinción de incendios forestales"[58]

Las estadísticas iniciales dieron cuenta de 2.383 viviendas afectadas entre las regiones de O'Higgins y Bío-Bío (**Ver Cuadro 10.11**), cifras que se fueron precisando con el transcurrir de los días. Este catastro inicial del Ministerio de Vivienda se basó fundamentalmente en la aplicación de la "Ficha Básica de Emergencia (FIBE)" aplicada por el Ministerio de Desarrollo Social, y no necesariamente correspondió al total de viviendas a reponer, ya que el registro es autodeclaración, e incluye segundas viviendas, bodegas, galpones. etc. De estas viviendas afectadas, la mayor proporción se concentra en la región del Maule, y al interior de esta en el sector Santa Olga (que incluye a las localidades de Altos de Morán y Los Aromos).

Cuadro 10.11. Catastro Inicial de Viviendas Afectadas por Megaincendio.

Región	O'Higgins	Maule		Bío-Bío	Total
		Otros sectores rurales	Sector Santa Olga		
Viviendas amenazadas	2.875	7.146		15.000	25.021
Viviendas con daño	128 (5,4%)	1.597 (67%)		658 (27,6%)	2.383
No reparable	94	696	859	423	2.072
Reparable	34	42	0	235	311

Fuente: Galilea, 2019.

De las tres regiones afectadas por este megaincendio (O'Higgins, Maule y Bío-Bío), la región del Maule es aquella que más se vió afectada por esta catástrofe, puesto que de las 467.538 ha consumidas, 279.931 pertenecen a dicha región. En segundo lugar, se encuentra la región de Bío-Bío con 99.480 ha afectadas y en último lugar, la región de O'Higgins con 88.127 ha.

[58] European Union Civil Protection Mechanism (febrero 2017): "Situación de incendios forestales en Chile entre enero-febrero 2017". Informe Técnico.

En cuanto a las superficies productivas afectadas según el tipo de uso del suelo (**Ver Cuadro 10.12**), el 60% de las ha incendiadas correspondió a plantaciones forestales (280.554 ha), en segundo lugar, bosque nativo (77.130) y en tercer lugar, matorral y praderas (31.517 ha).

Cuadro 10.12. Superficies productivas afectadas según tipo de uso de suelo.

Región	Bosque nativo	Matorral y Praderas	Plantaciones Forestales	Uso agrícola	Otros	Total
O'Higgins	34.648	10.325	34.399	8.609	146	88.127
Maule	29.588	51.055	185.875	12.551	862	279.931
Bío-Bío	12.894	15.177	60.280	10.357	772	99.480
Total	77.310	76.557	280.554	31.517	1780	467.538
	16,5%	16,4%	60%	6,7%	0,4%	100,0%

Fuente: CONAF y Departamento de Gestión Integral de Riesgos, 2017.

Tal como se visualiza en el **Cuadro 10.13**, quienes mayoritariamente se vieron afectados fueron las grandes empresas (50,6% de las ha incendiadas), en segundo lugar, los productores pequeños (28,9% de las ha incendiadas, y en tercer lugar los productores medianos (17,3% de las ha incendiadas).

Cuadro 10.13. Superficies productivas afectadas según tipo de empresas.

Región	**Grandes empresas**	**Empresas medianas**	**Productores medianos**	**Productores pequeños**	**Total**
O'Higgins	5.122	2.604	17.115	12.048	36.889
Maule	75.455	2.452	15.094	32.482	125.483
Bío-Bío	20.717	1.486	2.414	13.289	37.906
Total	101.294	6.542	34.623	57.819	200.278
	50,6%	3,3%	17,3%	28,9%	100,0%

Fuente: Galilea, 2019.

Adicionalmente, cerca de 47.000 animales, entre ovejas/caprinos, equinos y bovinos y más de 46.000 colmenas fueron contabilizadas como pérdidas en las tres regiones más afectadas.

Por otro lado, este fenómeno también provocó daños importantes en infraestructura pública como en los sistemas de agua potable rural, puentes, caminos, y en establecimientos de educación rural. En materia de infraestructura vial, el Ministerio de Obras Públicas identificó obras para la reparación de puentes, cercas, señalética, caminos y otros por alrededor de $6.500 millones, fundamentalmente en la región del Bío-Bío. En cuanto a los sistemas de agua

potable rural, seis de ellos fueron afectados, lo que implicó un impacto en un aproximado de 1562 familias. La mayoría de estos sistemas fueron reparados y puestos en funcionamiento en tiempos récord, a excepción del sistema Santa Olga que requirió nuevas instalaciones y trazado.

En materia educativa, los establecimientos afectados se concentraron fundamentalmente en las regiones de Maule y Bío-Bío, situación compleja por tratarse de sectores rurales y por la fecha de la tragedia; un mes antes del inicio del año escolar a nivel nacional.

El punto más visible de esta tragedia, se ubica en Santa Olga, localidad que en conjunto, con Los Aromos y Altos de Morán, fueron arrasadas por el fuego, afectando a alrededor de mil viviendas, además de ser consumidas instalaciones de salud, educación, entre otras. Santa Olga, era una humilde localidad del municipio de Constitución, de una población con altos niveles de vulnerabilidad social; con viviendas construidas mayoritariamente de material ligero y, que vivía de la explotación forestal. Bastaron unas pocas horas para que las llamas la redujeran a cenizas (no más de dos horas).

Fueron también destruidos el retén de Carabineros y la sala de máquinas de Bomberos, ambas habían sido inauguradas el año 2016. La localidad contaba con una posta de primeros auxilios; un establecimiento de educación básica; el Liceo Rural Enrique Mac Iver, que impartía una modalidad científico-humanista a una matrícula de más de 600 alumnos. Todas estas instalaciones fueron completamente arrasadas por el incendio.

Asimismo, también fueron destruidas las instalaciones donde la población realiza actividades sociales y religiosas como juntas de vecinos, comités, clubes deportivos y las iglesias (Católica y Evangélica).

Los vecinos lograron escapar a tiempo, muchos sólo con lo puesto, pero perdieron casas, muebles y enseres. El esfuerzo de toda una vida de trabajo se esfumó en uno de los voraces incendios que, en un par de semanas, arrasó centenares de miles de hectáreas en las regiones del centro sur de nuestro país y que acabó con la vida de 11 personas.

10.3.6.2. Aluvión de Atacama

El 25 de marzo de 2015, diversos aluviones azotaron el Norte Chico de nuestro país. Atacama fue la región más afectada con 31 víctimas fatales, 16 desaparecidos y más de 16 mil damnificados, causando una importante destrucción en viviendas e instalaciones públicas, así como cortes de camino entre estas localidades, con pérdidas estimadas en US$1.500.000.000[59]. Una situación generada a partir de una lluvia "caliente" que tuvo como consecuencias la pérdida de vidas humanas y destrozos que afectaron la vida de diversas ciudades y localidades. Este evento generó también importantes dificultades de suministro de agua potable y daños severos, de tipo estructural, en los principales sistemas de alcantarillado.

Como consecuencia de las precipitaciones los mayores problemas se produjeron en la ciudad de Copiapó, por un aumento considerable del caudal del río Copiapó, que no presentaba escurrimiento en la ciudad desde hace más de 10 años. Esto se debió, fundamentalmente, al aporte de las Quebradas Paipote y Cerrillos, habitualmente secas, por lo que no forman parte de la red hidrométrica nacional. La crecida de estas quebradas normalmente secas, provocó, aparte del aumento de caudal, una remoción en laderas de materiales sólidos y escombros en general, que generaron una masa aún mayor de agua-sólidos, que en términos generales se traduce en mayores y dañinas crecidas en los cauces principales.

Este mismo fenómeno es el que ocurrió en el Río Salado, que también habitualmente está seco, con las consecuencias ya conocidas en la ciudad de Chañaral. En el caso de la cuenca del río Huasco, también afectada por precipitaciones importantes, los ríos tuvieron aumentos significativos en sus caudales sin que se hayan detectado desbordes y estos recursos hídricos fueron almacenados en el embalse Santa Juana. No obstante, la acción de las lluvias ocasionó remoción y arrastre de escombros, en quebradas afluentes a los cauces principales.

[59] SERNAGEOMIN (2017): Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile.

Entre los elementos más característicos de esta catástrofe en la región de atacama se encuentran:

- La precipitación tuvo un superávit de 500% respecto del promedio anual.
- 29.741 personas damnificadas, 2.071 viviendas destruidas y 6.254 dañadas.
- 490 kms. de ruta interurbana afectada. Interrupción del suministro de Agua Potable Rural Colapso del 47% de la red de alcantarillado.

En Chañaral, el torrente aluvional dividió la ciudad en dos, alterando severamente la conectividad en la ciudad y el sentido Norte Sur de la ruta 5. Otro tanto ocurrió desde Copiapó al valle desde Paipote, y la difícil conexión con Tierra Amarilla, Los Loros y poblados más altos. Compleja fue también la situación en los valles que desde Alto del Carmen avanzan a la cordillera afectando poblaciones, localidades y plantaciones agrícolas de gran valor.

La destrucción total del sistema de aguas en Diego de Almagro y El Salado y parcialmente en el caso de Chañaral requirió grandes esfuerzos para ser resuelta, dados los problemas de conectividad vial en las rutas de acceso a estas localidades, asegurando variantes para el flujo norte-sur del transporte de camiones.

Gravísima fue también la afectación a los sistemas de alcantarillado, principalmente en Copiapó, que dentro de las localidades más grandes es la que presentó un mayor daño de sus sistemas de evacuación de aguas y aguas servidas. Atendida la amenaza sanitaria que ello implicó, los esfuerzos se concentraron en el despeje de calles y recuperación del sistema de alcantarillado. El despeje de las veredas y calles y la reparación progresiva del sistema de alcantarillado, fue un trabajo de varios meses.

10.3.6.3. Terremoto del 27F

Los terremotos han sido una constante en toda la historia de Chile. Ubicado en el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, Chile es una de las regiones más sísmicas del planeta. La mayoría de los sismos destructores en Chile están relacionados al movimiento convergente de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana; estas placas que se comprimen entre sí, acumulan una gran cantidad de energía a lo largo de su zona de contacto, produciendo deformación en sus bordes. Cuando la energía almacenada es lo suficientemente grande, estas

placas se mueven liberando parte de la energía y deformación acumulada durante decenas o cientos de años.

Los terremotos se producen debido a la acumulación de energía. Y cuando esto ocurre, se desprenden las placas tectónicas que se encuentran enlazadas. Lo anterior, tiene como efecto un reacomodo de la corteza terrestre[60], en el cual disminuye la inercia e incrementa la velocidad angular.

Si bien no existe un pleno consenso en la comunidad científica en cuanto a la relación entre los terremotos y el cambio climático, diversas teorías y estudios muestran una alta probabilidad de interconexión e interdependencia entre ambos fenómenos. Entre estas teorías y estudios se encuentra el trabajo del profesor Bill Maguire del University College de Londres, quien sostiene que la retirada de los casquetes glaciares debido al calentamiento global puede tener numerosos efectos, que incluyen terremotos[61]

El 27 de febrero de 2010 (27F) gran parte del territorio nacional fue impactado por un terremoto y posterior tsunami de grandes magnitudes, superando lo registrado en catástrofes anteriores de este tipo, tanto en extensión territorial como en los daños provocados.

El megaterremoto de magnitud 8,8º en la escala de Richter, ocurrido a las 3:34 del 27F, y el posterior tsunami, sacudieron al país desde la Región de la Araucanía hasta la Región de Valparaíso, afectando más de 630 kilómetros del territorio nacional. La peor catástrofe natural de este tipo que ha sufrido Chile desde 1960. Su epicentro estuvo en la costa sur del Maule, frente a Cobquecura.

Este fenómeno telúrico, se originó debido al desplazamiento súbito de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana y alteró el eje de la tierra y afectó una extensión de territorio en la que habitan más de doce millones 800 mil personas, lo que equivale a 3/4 de la población nacional.

De acuerdo al Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), el terremoto que afectó a Chile en 2010, alcanzando una magnitud de 8,8 en la escala MW, tuvo una duración aproximada de tres minutos. Las ciudades que experimentaron una

[60] La Conexión entre Terremotos, Huracanes y el Cambio Climático. En https://pijamasurf.com/2017/09/la_conexion_entre_terremotos_huracanes_y_el_cam- bio_climatico/

[61] Maguire Bill: "Does Climate Change Really Trigger Earthquakes?. En https://nuscimag.com/does-climate-change-really-trigger-earthquakes-41a91477e7fc.

mayor fuerza destructiva fueron Talcahuano, Arauco, Lota, Chiguayante, Cañete y San Antonio. El terremoto fue sentido en la capital, Santiago, con una intensidad 7 en la escala de Mercalli (muy fuerte). El terremoto generó una alerta de tsunami para el Pacífico que se extendió a 53 países localizados a lo largo de la cuenca, incluidos el Perú, el Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, la Antártida, Nueva Zelanda, la Polinesia Francesa y la costa de Hawai.

Este movimiento telúrico afectó desde Santiago a Temuco, lo que representa aproximadamente una distancia de 700 kilómetros e incluye las regiones de Valparaíso, la región Metropolitana de Santiago y las regiones de O'Higgins, del Maule, Bío Bío y la Araucanía, que acumulan más de 13 millones de habitantes, cerca del 80% de la población del país. Sin embargo, son las regiones de O'Higgins, del Maule y Bío Bío, donde alcanzó la mayor incidencia.

Un tsunami posterior al terremoto asoló la costa chilena como resultado del terremoto, destruyendo y/o devastando varios pueblos. El tsunami también afectó a la isla Robinson Crusoe, en el archipiélago Juan Fernández, devastando su única población, San Juan Bautista. En Chanco, región del Maule, murieron 41 personas, y fueron muy afectadas las comunas de Curanipe, Pelluhue, Cauquenes y Constitución, la ciudad más importante de la costa sur del Maule, donde más de 100 personas murieron y centenares desaparecieron. La siguiente imagen recorrió el mundo, mostrando la capacidad de resiliencia del pueblo chileno frente a las ya permanentes catástrofes.

Los daños generados por esta catástrofe se caracterizan, junto con abarcar una gran extensión geográfica, por haber afectado, con distintos niveles de gravedad, a prácticamente todos los sectores de la economía. Por una parte, la destrucción de ciudades y localidades, afectando no sólo las viviendas de cientos de miles de personas, sino que también los servicios asociados. Cientos de localidades y poblados interiores quedaron en el suelo, dada la precariedad de las construcciones, muchas ellas de adobe; carreteras, caminos, puentes, servicios de educación y salud sufrieron daños en muchos casos irreparables. Asimismo, el maremoto tuvo como imagen la devastación total, como en los sectores costeros del Bio Bío y Maule, en donde murieron cientos de personas. Un recuento de los daños efectuado en el Resumen Ejecutivo del Plan de Reconstrucción Terremoto y Maremoto del 27 de febrero de 2010 (27 de agosto de 2010) da cuenta de:

- 521 víctimas fatales.
- 56 presuntas desgracias.
- 370 mil viviendas destruidas o dañadas que corresponden al once por ciento del total de la zona afectada y en algunas localidades sobre 70 por ciento.
- 133 hospitales dañados, equivalente al 71 por ciento de la red hospitalaria total.
- Se perdieron cuatro mil 249 de las 19 mil 439 camas existentes en la zona afectada, y 167 de 439 pabellones. En la Región del Maule, los daños equivalen al 50 por ciento y 54 por ciento de las camas y pabellones, respectivamente.
- Seis mil 168 de ocho mil 326 establecimientos educacionales dañados, lo que afectó a más de dos millones 95 mil 671 alumnos.
- 211 puentes destruidos o dañados.
- Más de 900 pueblos y comunidades rurales y costeras afectadas, equivalentes a cerca de 100 veces el daño producido en el desastre de Chaitén y el terremoto de Tocopilla.
- 29 mil 663 millones de dólares equivalentes al 18 por ciento del PIB del año 2009 es el costo estimado de la pérdida para el país.

10.3.7. Área Metropolitana de Santiago

El Área Metropolitana de Santiago, es parte de la región Metropolitana de Santiago, y está conformada por las treinta y dos comunas de la Provincia de Santiago, además de las comunas de Puente Alto y San Bernardo, en las que habitan 6.119.984 personas, equivalentes al 86% de la población regional y el 35% de la población total del país (INE, Censo 2017). Con una superficie total de 2.270,4 km^2, que corresponde al 14,7 por ciento de la superficie de la región, y un 0,3 por ciento del país. Con 2.053.509 viviendas, equivalentes al 86,3 por ciento del total de viviendas de la región, y una densidad poblacional de 2.695,6 hab/km^2, muy superior a los 462,0 hab/km^2 de la región y los 8,6 hab/km^2 del país.

Se localiza geográficamente en la cuenca de Santiago, ocupada por el área urbana de esta ciudad, a una altitud de 520 msnm.

10.3.7.1. Amenazas hidrometeorológicas

Las principales amenazas naturales que históricamente han afectado al Área Metropolitana de Santiago son las de origen hidrometeorológico, con inundaciones y anegamientos, llegando a producirse fenómenos de remoción de masa que han causado la pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños en la

infraestructura pública y privada. Las inundaciones derivadas de lluvias intensas normalmente sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, situación que toma importancia en el gran Santiago, que fruto de su expansión urbana en las últimas 5 décadas ha impermeabilizado parte importante de su superficie residencial. Es así como ya es habitual, frente a cada evento observar la misma fotografía de importantes sectores residenciales anegados, calles, pasos bajo nivel, poblaciones enteras, haciendo colapsar la ciudad.

Esta impermeabilización del terreno para desarrollo de infraestructura habitacional y equipamiento urbano y la inexistencia de un sistema adecuado para recolectar las aguas lluvia, sumados a las características de la morfología, facilita las inundaciones en algunas zonas bajas de la ciudad o con pendientes reducidas, y las hace más propensas a ser afectadas por fenómenos hidrometeorológicos en sus distintas manifestaciones. En el Gran Santiago, la ocurrencia de riesgos de inundaciones, se concentra hacia el sector poniente, dadas las características de pendiente que ésta presenta, a lo cual se puede sumar falta de áreas verdes, entre otros factores.

Las precipitaciones más intensas se producen principalmente en los meses invernales, las que, dada su intensidad, medida milímetros caídos por unidad de tiempo, generan un número importante de eventos asociados a inundaciones y anegamientos. En este sentido cabe destacar el efecto generado en la ocurrencia de inundaciones asociada al fenómeno del niño, el que incrementa las precipitaciones estacionales. No obstante, este comportamiento estacional, es cada vez más frecuente tener episodios de lluvia intensa, en períodos breves, en estaciones en donde históricamente no se registraban. Por ejemplo, la ocurrida este 29 y 30 de enero pasado, que alcanzó a 31,4 mm de lluvia, lo que se transformó en el récord absoluto de lluvia caída en un solo día para dicho mes.

Para enfrentar esta ya periódica realidad, con una compleja administración de la ciudad, por no existir una autoridad metropolitana clara, y una multiplicidad de actores, la institucionalidad planificadora estatal ha intentado regular la gestión de riesgos en la construcción de la ciudad y su expansión urbana. Es así, como los distintos instrumentos de planificación territorial han establecido algunas condicionantes para el desarrollo territorial.

Este crecimiento del Gran Santiago hacia los sectores rurales circundantes y terrenos de mayor altura (sobre la cota 1.000), fue realizado fundamentalmente

por los sectores de mayores recursos, en busca de una mejor calidad de vida y de condiciones ambientales, y como una forma de diferenciación y auto marginación y aislamiento del resto de la ciudad, dando un carácter de exclusividad a estos nuevos asentamientos humanos. Estas decisiones, en la mayoría de los casos implicaron una expansión de la ciudad hacia áreas de mayor riesgo; lo que fue permitido, e incluso facilitado por los instrumentos de planificación territorial vigentes.

Como señala Ferrando (2008): "*La ciudad ha cuadruplicado su superficie en los últimos 50 años y se acerca al límite de su capacidad de carga, presionado por la ocupación de áreas morfodinámicamente inestables. Son, por lo tanto, motivo de especial preocupación los desastres asociados en parte a procesos naturales, a los que están expuestas ciudades como Santiago, con una expansión asociada a un proceso de desplanificación activado desde 1979 y que dio término a los 50 años del Estado Planificador*".

En este proceso de expansión inorgánica de la ciudad, la "mancha urbana" se ha quintuplicado desde 1940 a la fecha, utilizando de manera preferente suelo de tipo agrícola, y en décadas recientes, terrenos en los sectores altos de la ciudad. "*Ciudades como Santiago se han estado expandiendo hacia los sectores altos, como se dijo, que rodean la planta urbana. En muchos casos estos terrenos corresponden a depósitos aluviales y valles donde los ríos desembocan en la depresión al pie de las montañas, sectores que son naturalmente sujeto de flujos concentrados de agua y sedimentos, los cuales irrumpen irregularmente en el asentamiento urbano y crean situaciones potenciales de catástrofes*"[62].

10.3.7.2. Inundaciones por desbordes de ríos y canales

En las últimas décadas en el AMS han existido varios eventos significativos de inundaciones, pero indudablemente en la memoria colectiva están las imágenes del desborde del río Mapocho el año 1982, y en una fecha más reciente el desborde ocurrido en este mismo río, el año 2016, en la zona centro-oriente de la ciudad. En el siglo XX se registran desbordes del río en 1900, 1912, 1914, 1926, 1934, 1941, 1953, 1982, 1986 y 1987169. En el presente siglo, los desbordes del Mapocho de mayor impacto ocurrieron en 2005 y 2016, donde este último se detallará de forma más extensa.

[62] Bathurst, J. C. y O'connell, P. E. Physically based modelling of hydrological and sediment impacts on river basin management options in Chile. Dept. of Civil Engi- neering, University of New Castle upon Tyne, New Castle upon Eyne, NF17RU, UK. Extended Abstract. 5 pp. Citado en Ferrando (2008). Op. Cit.

Desborde río Mapocho 1982: Si bien el río Mapocho presenta un largo historial de desbordes, generando importantes inundaciones en la ciudad, el ocurrido en junio de 1982, es uno de los más recordados por los habitantes del Gran Santiago, causando un gran impacto por los daños ocasionados y por la transmisión, en vivo, de sus imágenes de los canales de televisión. El desborde del río Mapocho, junto con la salida de otros cauces, como el zanjón de la Aguada y el canal San Carlos, dejaron a miles de damnificados

El temporal de 1982, tuvo lluvias que se prolongaron durante cinco días, totalizando 123,9 mm., con 61,2 mm de precipitaciones el día 26 de junio, en el que se provocaron los mayores daños por el desborde del río. Este evento causó estragos en gran parte de la metrópoli, principalmente en el sector oriente (Vitacura), dejando 30.000 toneladas de barro en las calles y casas aledañas[63]. Según los informes de la Oficina Nacional de Emergencia se registraron seis millones de personas afectadas, 15 muertos y más 15.000 damnificados.

La velocidad torrencial del caudal del río, arrastrando gran cantidad de sedimentos y con un gran ruido dañó gravemente a algunos puentes en el centro de la ciudad.

Desborde río Mapocho 2016: Entre los días 14 y 18 de abril de 2016, un sistema frontal afectó a la zona centro y sur del país dejando 300 damnificados, 765 personas aisladas, dos desaparecidos y 87 viviendas con daños mayores, además de problemas de conectividad en las regiones Metropolitana, de O'Higgins y del Maule[64]. En el Gran Santiago la estación Quinta Normal registró 92,9 mm de agua caída en esos 5 días, alcanzado su mayor valor el día 16 de abril con 50 mm.

El día 16 de abril, la Dirección Meteorológica de Chile informaba que la previsión para las condiciones climáticas de las próximas horas contemplaba lluvias en zonas cordilleranas, lo que podría aumentar la turbiedad que presentan los ríos Mapocho y Maipo, pudiendo afectar el suministro de agua potable en la capital. "Por el hecho de presentarse (lluvia) con una isoterma cero alta, de 3.000 a 3.100 metros (sobre el nivel del mar), corresponde y dada la intensidad de la

[63] Diario La Tercera (2020): Las torrenciales lluvias de 1982, el último gran desborde del Mapocho: ¿podría volver a ocurrir? Nota del 04 de julio 20.20. Sitio electrónico Diario La Tercera en: https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/las-to-rrenciales-lluvias-de-1982-el-ultimo-gran-desborde-del-mapocho-podria-volver-a-ocurrir/WYY2KWUOCRAY7MKHSUVD3VL4D4/

[64] DiarioUdechile (17 de abril 2016). En https://radio.uchile.cl/2016/04/17/intensa-lluvia-provoca-desborde-del-mapocho-y-deja-cientos-de-damnificados/

precipitación (en la cordillera)", advertía el meteorólogo Luis Salazar en entrevista a la radio Biobío[65].

En este escenario meteorológico, el día domingo 17 de abril, si bien la intensidad de precipitaciones fue inferior a la del día anterior con 28,3 mm, el agua acumulada y la velocidad de su caudal hizo que, en las primeras horas de la mañana, el río Mapocho se desbordara, haciendo colapsar la costanera Andrés Bello, desde la altura de la embajada de Estados Unidos hacia el poniente. El agua, aprovechando la pendiente del sector bajó rápidamente, arrastrando sedimentos e incluso material pétreo, ingresando a los modernos edificios del entorno, e inundando el tradicional barrio comercial y residencial de Providencia, llegando incluso al centro de la capital.

A las 10 de la mañana del día 17 de abril, las avenidas Providencia, Nueva Providencia y Andrés Bello, solo por nombrar algunas, eran verdaderos ríos llenos de sedimentos.

Debido a la inundación, Metro de Santiago cerró la estación Pedro de Valdivia y la autopista Costanera Norte fue cerrada entre Lo Saldes y Vivaceta. Importantes inundaciones en estacionamientos de edificios residenciales, y gran parte del centro financiero de la comuna de Providencia, junto con el mall Costanera Center, íconos de la modernidad del país, y una parte de la autopista Costanera Norte. Pero no solamente se vieron interrumpidos los servicios de transporte y acceso a las viviendas en algunas de las comunas de Gran Santiago, sino que también el suministro de agua potable, y el servicio eléctrico.

Si bien la primera reacción frente al desborde del río, habida la magnitud de las precipitaciones del día 16 y madrugada del día 17, fue culpar a la naturaleza, con el transcurrir de las horas las explicaciones iban dirigidas hacia un error humano.

Los estudios dan cuenta que la canalización del río Mapocho fue diseñado para que en ningún punto se produzca una inundación frente a una crecida de 800 metros cúbicos por segundo, la que, según datos históricos, podría presentarse en promedio cada 100 años, razón por la cual no debieran existir problemas en la capacidad de transporte del río, por lo que "*esta inundación es producto de una*

[65] Radio Biobío (16 de abril 2016): Dirección Meteorológica: nuevas lluvias podrían aumentar turbiedad del agua en Santiago. En sitio web https://www.biobiochile. cl/noticias/2016/04/16/direccion-meteorologica-nuevas-lluvias-podrian-aumentar-turbie- dad-del-agua-en-santiago.shtml.

gestión inadecuada del lecho y no de haber sobrepasado la capacidad"[66]. Según los expertos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica, la crecida del día 17 de abril fue del orden de los 130 metros cúbicos por segundo, muy superior al caudal de diseño de 80 metros cúbicos por segundo, contemplado para las obras provisorias de desvío del río que se realizó para continuar las obras de Costanera Norte.

Frente a esta situación existen varias causas judiciales aún en curso. Asimismo, la Contraloría General de la República ha instruido sumarios para ver las eventuales responsabilidades públicas en las causas que ocasionaron el desborde. Si bien hay algunos informes del órgano contralor, a la fecha no hay resoluciones definitivas[67].

10.3.7.3. Anegamientos

En el Gran Santiago es habitual que, desde hace muchas décadas, frente a lluvias, no necesariamente de gran intensidad, las calles y avenidas se transformen en verdaderos ríos por donde las aguas escurren hacia los sectores más bajos de la ciudad, los que son finalmente los más afectados. Hoy, son absolutamente predecibles los principales lugares de anegamiento al interior de la metrópoli, existiendo incluso en mapas de anegamiento, pero, como profecía autocumplida, vuelven a ser afectados en cada evento.

Estos anegamientos anunciados y predecibles en la ciudad no solo ocurren en invierno, sino que prácticamente en cada evento de precipitaciones, y con particular alarma cuando ocurren en períodos estivales con lluvias inusuales, tal como ocurriera en enero del año 2021, en donde entre los días 29 y 30 dejó un récord de 31,4 milímetros de agua caída en Santiago, "la más abun- dante en 24 horas desde que hay registros, rompiendo la marca de 22,4 mm de enero de 1933"[68]. Registros de Dirección Meteorológica de Chile (DMC), con los valores más altos de lluvia caída en un solo día el mes de enero, muestran para los años: 1944 con 19,0 mm; 1929 con 17,5 mm; 1971 con 12,6 mm; 1931 con 10,7 mm; 2016

[66] Gironás, Jorge (2016): Académicos de Ingeniería UC Analizan Lecciones que dejó el desborde del río Mapocho. Falcultad de Ingeniwría Pontificia Universidad Católica. En: https://www.ing.uc.cl/noticias/cigiden-era-evitable-las-lecciones-que-dejo-el-desborde-del-rio-mapocho/

[67] Un primer informe de la Contraloría General de la República, a petición de un grupo de diputados (Informe de Investigación Especial 549-16 Dirección General de Obras Publicas sobre las Obras de Construcción de La Costanera Sur y sus conexiones), emitido el 17 de octubre del año 2016, concluía:

[68] La Tercera Digital (2021). Artículo de Cristina Pérez (01.02.2021): "Ultimas precipitaciones dejan al primer mes del año como el "enero" más lluvioso de los últimos 90 años Declaraciones de Raúl Cordero, climatólogo de la U. de Santiago. En: https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/ultimas-precipitaciones-dejan-al-pri- mer-mes-del-ano-como-el-enero-mas-lluvioso-de-los-ultimos-90-anos/43EOOJHR- FZH7VA7JFYSMIO6RTQ/

con 10,2 mm. Este evento de lluvia veraniega no fue distinto a los anteriores, siendo apreciables calles anegadas en varias comunas.

Si bien se hizo un tratamiento diferenciado de inundaciones, producto de desborde de ríos y canales, y anegamientos, como acumulación de agua en la ciudad producto de lluvias intensas, con frecuencia ambos procesos se manifiestan conjuntamente en un determinado territorio, en donde las consecuencias serán una suma de los efectos y, por cierto, el impacto socioeconómico concluirá en un desastre de envergadura mayor (Ferrando, 2006).

No se puede desconocer que ha habido esfuerzos importantes en medidas de prevención de los impactos de inundaciones frente a anegamientos; aumento de la infraestructura de aguas lluvia en el marco de planes maestros; pozos de infiltración; protección y reforzamiento de las defensas fluviales; planes de preparación para el invierno, así como planes y estrategias regionales para la gestión de riesgos de desastres. No obstante, estos esfuerzos han resultado claramente insuficientes.

Entre estos esfuerzos y estudios destaca el trabajo realizado por el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastre (Cigiden) y la Universidad Católica del Norte (UCN), elaborando un mapa con 151 puntos de impactos georreferenciados, con el objetivo de recopilar los daños causados por las últimas lluvias en la Región Metropolitana (**Ver Anexo 10.1**). En dicho estudio se identifica, asimismo, que las comunas ubicadas hacia el oeste y suroeste de la zona urbana de Santiago son los puntos donde hay mayor anegamiento, desborde de ríos o canales y filtración de construcciones urbanas. El estudio de CIGIDEN, señala, además, que corresponden a comunas que presentan deficiencias puntuales en el Plan Maestro de Aguas lluvias, que incluye mantención, limpieza, distribución y estructura.

10.3.7.4. Remoción en Masa

El AMS presenta un alto riesgo para este tipo de amenaza, especialmente en la mayor parte de zonas de montaña, en el sector oriente, así como también los asentamientos de San José de Maipo y Farellones. La Quebrada San Ramón, ubicada en los faldeos cordilleranos de la zona oriente de Santiago, en la comuna de La Reina, presenta características geomorfológicas y geológicas propicias para

la generación de remociones en masa y fue fuente de uno de los mayores eventos de flujos de detritos ocurridos en la región en el último tiempo, en el año 1993[69].

Como se señalará, la expansión del crecimiento urbano hacia los faldeos cordilleranos hace que el riesgo de ocurrencia de estos fenómenos constituya una amenaza importante. Este crecimiento afecta sectores que naturalmente son zonas de depositación de material transportado durante eventos de remociones en masa que han ocurrido históricamente en la montaña. En el sector oriente la falla de San Ramón, que cruza de norte a sur, es un potencial activador de procesos de remoción en masa, como desprendimientos o deslizamientos[70].

El aluvión ocurrido el 3 de mayo de 1993 en las quebradas Macul y San Ramón, es recordado como una de las principales tragedias vividas por la población del AMS, tragedia que provocó la muerte de 26 personas, 9 desaparecidos, 307 casas destruidas, 5.000 dañadas, y US$ 5.000.000 en pérdidas de materiales (Galilea, 2019).

Como reacción a esta tragedia, y tal como ocurriera con otra similar en Antofagasta el año 1991, se inicia el año 1994 la construcción de siete grandes obras ingenieriles llamadas piscinas decantadoras, cuya función sería la disminución de la velocidad de los flujos y la retención del material sólido más pesado, para mitigar los efectos de futuros eventos. Estas grandes obras se enmarcan asimismo en nuevas regulaciones sobre el uso del territorio en zonas calificadas como de riesgo, restricciones que como veremos no siempre se cumplen.

10.3.7.5. Zona de riesgo sísmico

En el AMS, existe una importante zona que se ha ido consolidando en el proceso de expansión urbana, a pesar de estar sobre una falla que reviste importantes riesgos en caso de sismo de gran intensidad, los que son muy frecuentes en nuestro país, y que se expresa en que 3 de los 10 movimientos de mayor magnitud en Chile se registran a partir del año 2010, período en los que también se han manifestado con mayor fuerza y daño los distintos fenómenos “naturales”

[69] Lara, M. (2009). Evaluación del peligro de remociones en masa en Quebrada San Ramón, Santiago Oriente. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáti- cas, Universidad de Chile. XII Congreso Geológico Chileno. Santiago, 22-26 Noviembre, 2009.
[70] Galilea, Sergio (2020). “Cambio Climático y Desastres Naturales. Una perspectiva macrorregional”, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile.

vinculados al cambio climático, azotando con mayor frecuencia a nuestro territorio.

La zona de riesgo de amenaza sísmica es la correspondiente a la Falla San Ramón, que se extiende por al menos 25 kilómetros por el borde oriente de la ciudad, entre los ríos Mapocho y Maipo, abarcando cinco comunas: Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén y Puente Alto, aunque se considera que se extiende a Lo Barnechea y Pirque.

Un estudio de expertos de la Universidad de Chile, dado a conocer el año 2020, señala que el 55 por ciento de la superficie de esta falla está hoy construida como parte del crecimiento exponencial que ha tenido Santiago en las últimas cuatro décadas[71]. En dicho estudio se advierte que parte de la población que reside en esta área lo hace directamente sobre la potencial zona de ruptura, lo que "configura un escenario de riesgo creciente, sumado a los antecedentes que sustentan cada vez más que se trata de una falla activa e importante en cuanto a su estructura geológica"[72].

10.3.7.6. Incendios forestales

Si bien el Área Metropolitana de Santiago es en esencia un territorio urbano, con su superficie edificada en una alta proporción, no ha estado al margen de los incendios forestales, cada vez más recurrentes en nuestro país. En la Región Metropolitana, son los sectores periurbanos los que se encuentran más amenazados, debido en gran medida a las características vegetales y paisajísticas, sobre todo de las laderas, que se pueden encontrar en esas áreas, sumado además a la presencia humana, lo que claramente aumenta las probabilidades de ignición de incendios forestales. En concordancia con lo señalado, la propagación de incendios forestales también guarda una importante relación con la existencia de los cordones montañosos y otros cerros que se encuentran a lo largo y ancho de la región central (Galilea, 2019).

No obstante que estos eventos se produzcan mayoritariamente fuera del límite de la metrópoli, generan impactos negativos severos en las zonas directamente afectadas por el fuego e impactos indirectos que afectan a zonas mucho más

[71] Universidad de Chile (2020). "Estudio U. de Chile plantea que cinco comunas corren peligro por construcciones sobre Falla San Ramón". En https://www.uchile.cl/ noticias/170291/estudio-analiza-el-impacto-de-la-falla-san-ramon-en-la-rm-

[72] Ibid.

amplias. Entre los efectos indirectos y de corto plazo, se encuentran, por ejemplo, problemas de visibilidad para el tránsito terrestre, contaminación y pérdida de vegetación, factor central en la protección de zonas calificadas de riesgo de aluviones y deslizamientos.

La mayor proporción de incendios forestales y mayor cantidad de hectáreas arrasadas en la región se produjeron en la última década. Es así como vemos que entre el año 2009 y 2019 el promedio anual de incendios forestales en la región es de 412 incendios anuales, resaltando el período entre 2017-2019, en donde la cantidad de incendios anuales supera los 500 cada año. Asimismo, en la totalidad de hectáreas arrasadas, en el período alcanza a 108.700 hectáreas, es decir un promedio de alrededor de 11.000 hectáreas anuales.

Caviedes (2017) da cuenta de la existencia de una relación entre incendios forestales y el desarrollo inmobiliario en el AMS, lo cual es una vinculación peligrosa, ya que vemos como los IPT son continuamente modificados, y áreas que se consideraban como rurales o de conservación ecológica y natural, pasan a ser áreas urbanizables, lo mismo ocurre en las escasas zonas de conservación natural ubicadas al interior del área urbana, las que al ser arrasadas por el fuego, rápidamente son urbanizadas, a pesar que algunas de ellas tenían no sólo una finalidad paisajística y ambiental, sino que como parte de la protección frente a catástrofes naturales (inundaciones, deslizamientos).

10.4. Institucionalidad para enfrentar el cambio climático y los desastres socionaturales

10.4.1. Institucionalidad para la prevención y respuesta a los desastres socionaturales

10.4.1.1 Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI)

La Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI) es el organismo técnico del Estado de Chile, dependiente del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, creado por el Decreto Ley N° 369 de 1974, cuyo propósito sustancial es el de planificar y coordinar la movilización de los recursos públicos y privados para enfrentar desastres socio-naturales, cuyo accionar se centra en la prevención y atención de dichas emergencias en el territorio nacional (ONEMI, s.f.).

Sus objetivos Estratégicos Institucionales, se centran en:

- Incentivar la corresponsabilidad en Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) a través de la definición clara de roles, funciones y responsabilidades de ONEMI, el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta Ante Desastres y la comunidad para contribuir a la RRD y a una cultura preventiva.
- Brindar un servicio oportuno, eficiente y eficaz mediante una mayor agilidad organizacional que permita satisfacer los servicios que demanda la comunidad.
- Gestionar el trabajo colaborativo con el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta Ante Desastres de forma inclusiva e innovadora para asegurar un trabajo íntegro en la reducción del riesgo de desastre.
- Generar instancias de comunicación e integración con la comunidad en forma transparente, accesible, clara y oportuna que permita a la institución ser confiable frente a situaciones de emergencia, desastres o catástrofes.
- Integrar y agilizar procesos internos que permita optimizar la provisión de nuestros bienes y servicios a la comunidad en el ámbito de preparación, alerta y respuesta.
- Generar nuevas competencias con el fin de mejorar la gestión y coordinación en materia de gestión de riesgo de desastres.
- Diversificar canales de comunicación y formación que permitan ampliar la disponibilidad de información y conocimiento para la gestión del riesgo de desastres.
- Promover presupuestos de forma integrada, tanto de manera interna como con el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta Ante Desastres, que permitan optimizar el uso de recursos logrando una mayor sinergia en la gestión; y
- Generar una cultura con énfasis en la innovación mediante la promoción de nuevas dinámicas de trabajo que permitan implementar mejoras en los procesos y sus resultados (DIPRES, 2022).

Los anteriores objetivos señalados se materializan en productos estratégicos definidos por el mismo organismo técnico para contribuir a la prevención o mitigación del potencial impacto de ocurrencia de un escenario de riesgo, emergencia, amenaza o catástrofe, siendo los siguientes (**Ver Cuadro 10.14**).

Cuadro 10.14. Productos Estratégicos vinculados a Objetivos Estratégicos.

Productos Estratégicos (Bienes y/o servicios)					
Número	**Producto Estratégico**	**Descripción**	**Clientes**	**Aplica Gestión territorial**	**Aplica Enfoque de Género**
1	Preparación	Corresponde a las medidas y acciones previas al evento destructivo destinadas a reducir las pérdidas de vidas humanas y otros daños	1,4,5,6	Si	Si
2	Alerta	Corresponde a la acción de alertar oportunamente a la ciudadanía sobre una situación de riesgo o emergencia, dando a la comunidad el tiempo suficiente de reacción para enfrentar de mejor forma un evento.	3,5,6	Si	No
3	Respuesta	Corresponde a entregar a la ciudadanía una atención y control eficaz y oportuno en cuanto a las acciones que demanda el manejo de un evento o incidente de emergencia. Estas acciones se llevan a cabo inmediatamente de iniciado u ocurrido un evento o incidente con el objetivo de salvar vidas, reducir el impacto y disminuir las pérdidas en la comunidad afectada.	1,2,3,5,6	Si	Si

Fuente: ONEMI, 2021.

Como se observa en el **Cuadro 10.14**, la ONEMI establece tres productos estratégicos en relación al ciclo básico de GRD. Desde varias evaluaciones institucionales se reconoce que dicho organismo ha cumplido con creces las fases de Alerta y Respuesta ante situaciones de emergencias o catástrofes en el territorio nacional, siendo destacada su gestión a nivel latinoamericano y su dirección elegida por el Sistema de Alta Dirección Pública, además de ser reconocido en la publicación Words into Action[73] de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (sus siglas en inglés UNDRR). No obstante, el gran desafío se centra en la preparación o en los cursos preventivos ante los diferentes eventos de desastres que, además, de generar grandes costos para las arcas fiscales y un gran daño a la infraestructura pública-privada, se compromete absolutamente con las pérdidas de vidas humanas.

Bajo el esquema, la institucionalidad chilena mediante su organismo de planificación y coordinación para la prevención y atención de emergencias y desastres, ONEMI (2002), establece fases y etapas enfocadas a atender el ciclo de Gestión de Riesgo de Desastres [GRD] (antes, durante y después), dividiéndose de manera secuencial para su puesta en marcha. Estas son:

[73] Enlace de publicación: https://www.preventionweb.net/files/65095_65095wianationaldrrstrategies100520.pdf

Prevención (ex ante)

- Prevención: actividades y procedimientos que eviten o supriman el impacto adverso de las amenazas o desastres. Ejemplo: planificación física de infraestructura o programas de intervención (inundación o sequías).
- Mitigación: medidas que pueden ser estructurales o no para reducir o atenuar el impacto de la amenaza. Ejemplo: si una infraestructura de uso público está en una zona inundable se pueden construir diques, dragado de ríos entre otros elementos.
- Preparación: Es un conjunto de medidas y acciones adoptadas con anticipación para asegurar una respuesta efectiva. Se destinan todos los procedimientos sustanciales para minimizar la pérdida de vidas humanas, como los daños en infraestructura y hábitat.
- Alerta: son todas las acciones preventivas e inmediatas de comunicación y difusión de información clave para evitar o reducir el riesgo. Por tanto, debe ser claro, universal, oficial, inmediato.

Respuesta frente al desastre (ex dure)

- Respuesta: son todas las actividades, acciones o medidas que se realizan ocurrido un evento catastrófico realizado de manera inmediata para proteger a las comunidades y salvar vidas. Ejemplo: evacuación, socorro inmediato, evaluación de daños y pérdidas de bienes.
- Rehabilitación: es una etapa intermedia entre la finalización de la respuesta y el inicio de la reconstrucción. Trata de recuperar en el corto plazo todos los servicios básicos que hayan presentado algún daño de infraestructura, como también de daño social y económico. Ejemplo: recuperación de suministros básicos y despeje de caminos.

Recuperación (ex post)

Reconstrucción: es la etapa culmine cuyas acciones, medidas o directrices están focalizadas en la reparación y/o reemplazo medio o total, a mediano y largo plazo, de todas las infraestructuras críticas dañadas, como de sistemas de bienes y de producción. Ejemplo: construcción de viviendas, reparación de puentes, carreteras, ordenamiento territorial.

Entender las fases y etapas de la GRD es vital para enfrentar de manera preparada, inmediata y eficiente los riesgos o amenazas naturales a los que puede estar expuesta una comunidad y/o territorio. De tal manera, “se deben fomentar y desarrollar mecanismos (...) locales para la rendición de cuentas, a fin de ayudar a mediar las acciones emprendidas y el progreso logrado en la reducción del riesgo de desastres” (UNDRR,2005); es un desafío más que presente en las comunidades chilenas, sobre todo en las rurales, periféricas y aisladas, cuya

implicancia en los instrumentos de planificación y de ordenamiento territorial, aún no está presente este enfoque de manera taxativa o implementada, perjudicando al medio natural como la calidad de vida de las personas.

Cada producto estratégico está focalizado en un "cliente" o destinatario para el apoyo técnico del organismo (**Ver Cuadro 10.15**). En "preparación" se centra en las 356 comunas del país, 15.990 establecimientos educacionales, una población nacional de 18.138.749 y Organismos de Monitoreo y Alertamiento, Ministerios y Fuerzas Armadas y de Orden y Seguridad Pública (24 instituciones). Sin embargo, dicha fase todavía carece de desarrollo para prevenir diferentes desastres.

Cuadro 10.15. Clientes/Beneficiarios/Usuarios.

Número	Clientes	Cuantificación
1	Comunas	346
2	Gobernaciones	53
3	Intendencias	16
4	Establecimientos educacionales	15.990
5	Población nacional	18.138.749
6	Organismos de Monitoreo y Alertamiento, Ministerios y Fuerzas Armadas y de Orden	24

Fuente: ONEMI, 2021.

En "Alerta" se focaliza en las Intendencias, población nacional y organismos de monitoreo y alertamiento, siendo el objetivo la alerta inmediata y eficaz a la ciudadanía ante eventos de riesgos y/o emergencias. Sería pertinente sugerir que, con las nuevas competencias, atribuciones y responsabilidades de los gobiernos subnacionales, en específico, las Municipalidades tuvieran una mayor coordinación y colaboración en materias de prevención (punto anterior) y alerta.

En "Respuesta" se observa la mayor participación de actores con incidencia en el territorio, destacando que esta es la fase que mayor coordinación y velocidad que presenta la institucionalidad chilena ante la ciudadanía. A pesar de dicha fortaleza, también es una debilidad, porque deja vulnerable los mecanismos preventivos que permiten anticipar diferentes situaciones de riesgos o emergencias generando espacios reactivos, lentos y con baja movilización de recursos.

Así, el organismo reconoce desafíos para la actual administración de gobierno (2022), siendo el principal la canalización del recién creado Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED), el que se abordará con mayor

detalle en el siguiente acápite, donde los esfuerzos institucionales será realizar los procesos de difusión a los organismos integrantes del SINAPRED, en cuanto a los principios que los regirán, definiciones, estructuras de coordinación, instrumentos para la gestión del riesgo de desastres (GRD), responsabilidades, nuevo marco legal, intensificación de estrategias de sensibilización y comprensión de la GRD a nivel de autoridades e instituciones (estratégico y presupuestario) para "instalar de manera transversal el enfoque de GRD/RRD/Resiliencia en los respectivos quehaceres sectoriales" (ONEMI, 2021).

Finalmente, la ONEMI reconoce debilidades y amenazas que se deben trabajar de manera integral y sinérgica para tener un mayor impacto transversal en la gobernanza frente a los desastres socio naturales. A continuación, se presenta un Cuadro resumen de las debilidades y amenazas identificadas.

Cuadro 10.16. Diagnóstico Análisis FODA, Plan Estratégico ONEMI.

Debilidades	Puntos importantes a abordar
Brecha de competencias	● En los propios funcionarios se detectan brechas en la planificación y acceso a la capacitación o especialización de la GRD ● Las capacitaciones para equipos regionales no son las óptimas y se deben generar mayores instancias que las instancias vía e-learning. ● Se debe incrementar la inversión de recursos en la capacitación, gestión y desarrollo de los funcionarios.
Articulación entre unidades	● Se identifican vacíos y parcialización del conocimiento entre unidades, desagregando el trabajo sinérgico o colaborativo entre unidades. ● Se generan duplicidades de funciones o solicitud de información, debido a la compartimentación de unidades.
Comunicación interna y externa	● En cuanto a la comunicación externa, se debe visualizar más las actividades que se generan desde el nivel central y direcciones regionales. ● En cuanto a la comunicación interna, se debe difundir las decisiones sustanciales que son relevantes para los procesos de retroalimentación, orientado hacia lo estratégico y operativo.
Amenazas	
Marco legal desactualizado	Un marco jurídico demasiado compartimentado, donde sus fuentes encauza en dos normativas, donde no representa las demandas y modernización que identifica la ciudadanía, los actores del SNPC y autoridades.
Cambio Climático	El Cambio climático está aumentado las probabilidades de ocurrencia de eventos meteorológicos, y la institucionalidad no está respondiendo en reducir el riesgo de desastres y la preparación de forma adecuada ante emergencias.

Fuente: elaboración propia en base a ONEMI, 2019.

Actualmente, la ONEMI como coordinadora de la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, ha sido un organismo que ha cumplido en gran medida su misión institucional. Sin embargo, los factores climáticos, apalancados por el carácter antrópico han puesto en "talón de Aquiles" sus dinámicas de acción y respuestas presentes, generando una instancia de mayor

complejidad (técnico-profesional y presupuestario) para enfrentar las nuevas emergencias y catástrofes venideras.

Dicho proceso de transformación y modernización de la entidad pública debe estar orientada en pasar de forma gradual del carácter emergencista y reactivo a una con sólido componente preventivo. Esto incita a fortalecer las alianzas con los gobiernos regionales y locales en los procesos de descentralización, con sus competencias, atribuciones, presupuestos y poder de decisión sobre los territorios, fortaleciendo sus capacidades de respuesta ante fenómenos latentes y abriendo espacios de participación ciudadana para el conocimiento científico y tomar decisiones informadamente.

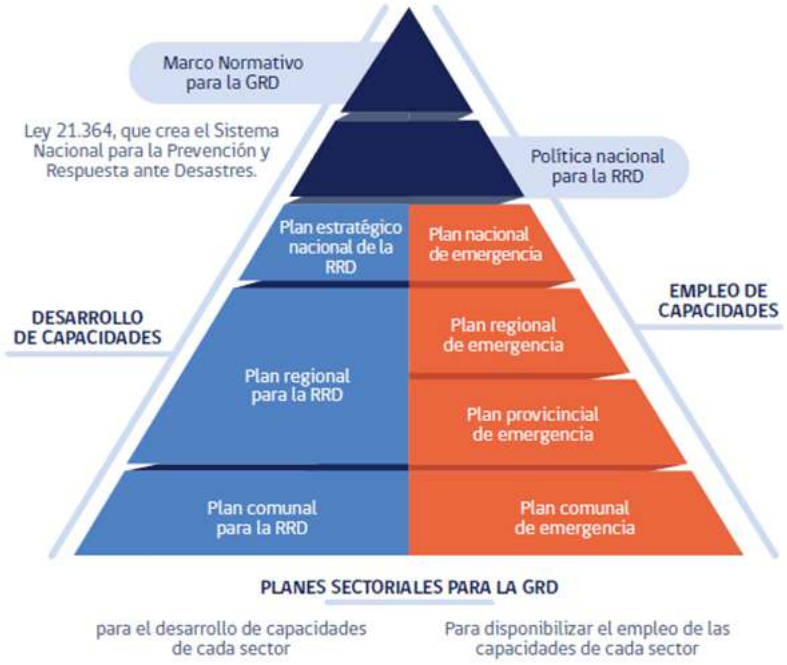
10.4.1.2. Del Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)

El año 2021 se promulga la Ley N°21.364 que establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED) y sustituye a la Oficina Nacional de Emergencia por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED). La creación del sistema fue necesario para el fortalecimiento a la gobernanza en materia de desastres que recurrentemente manifiesta el país y dentro de este sistema, robustecer la institucionalidad en el reconocimiento e incorporación de las mejores prácticas del Sistema Nacional de Protección Civil y la ONEMI (todavía en vigencia) para obtener los mejores estándares en la GRD centrados en la prevención y territorialidad.

El Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, según el artículo 1° de la ley, está conformado por el conjunto de entidades públicas y privadas con competencias relacionadas con las fases del ciclo del riesgo de desastres, que se organizan desconcentrada o descentralizadamente y de manera escalonada, desde el ámbito comunal, provincial, regional y nacional, para garantizar una adecuada Gestión del Riesgo de Desastres, y comprende las normas, políticas, planes y otros instrumentos y procedimientos atingentes a la Gestión del Riesgo de Desastres[74] (**Ver Figura 10.10**).

[74] Ley Núm. 21.364 (D.O. 07.08.21): "Establece el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres, sustituye la oficina nacional de emergencia por el servicio nacional de prevención y respuesta ante desastres, y adecúa normas que indica". Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Figura 10.10. Esquema Jerárquico de Instrumentos para la Gestión de Riesgos.



Fuente: ONEMI, 2021.

En lo relativo a definiciones, para los efectos de esta ley, establece en el artículo 2°: Amenaza; Emergencia; Niveles de emergencia (menor, mayor, desastres y catástrofe); Gestión del Riesgo de Desastres; Reducción del Riesgo de Desastres; y Vulnerabilidad. Adicionalmente, en su artículo 3° contempla las fases del ciclo del riesgo de desastres, siendo las siguientes: la Mitigación, de Preparación, de Respuesta y de Recuperación.

A su vez, en su artículo 4° establece los principios generales en la GRD que darán cauce y ordenación del sistema, siendo: el Principio de Prevención; Principio de Apoyo Mutuo; Principio de Coordinación; Principio de Transparencia; Principio de Participación; Principio de Escalabilidad; y Principio de Oportunidad.

En cuanto a la Institucionalidad del Sistema (estructura, organización y dirección), se crea a los Comités para la Gestión del Riesgo de Desastres, que ejercerán las funciones propias de cada fase, a nivel nacional, provincial, regional y comunal, según corresponda.

A nivel nacional, el "Comité Nacional" (referente al artículo 6° de la ley), será la instancia superior que se encargará de la planificación y la coordinación del Sistema a nivel nacional. Los miembros permanentes de este comité son:

a. El Ministro del Interior y Seguridad Pública, quien lo presidirá.
b. El Ministro de Defensa Nacional.
c. El Ministro de Hacienda.
d. El Ministro de Educación
e. El Ministro de Obras Públicas.
f. El Ministro de Salud.
g. El Ministro de Vivienda y Urbanismo.
h. El Ministro de Agricultura.
i. El Ministro de Transportes y Telecomunicaciones.
j. El Ministro de Energía.
k. El Ministro del Medio Ambiente.
l. El Subsecretario del Interior.
m. El Jefe del Estado Mayor Conjunto.
n. El General Director de Carabineros de Chile.
o. El Director Nacional del Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, en adelante "el Servicio", quien hará las veces de su Secretario Técnico y Ejecutivo.
p. El Presidente Nacional de la Junta Nacional de Bomberos de Chile.

A nivel regional, “el Comité Regional” (referente al artículo 7° de la ley), en cada una de las regiones del país, que se encargará de la planificación y coordinación del Sistema a nivel regional, además de constituirse y ejercer las funciones descritas en la ley y el reglamento para abordar las fases del ciclo del riesgo de desastres. Los miembros permanentes son:

a. El delegado presidencial regional, quien lo presidirá.
b. El gobernador regional.
c. El director regional del servicio.
d. Los secretarios regionales ministeriales de la región respectiva, de aquellos ministros que conforman el Comité Nacional, y en su defecto, un representante que designe el ministro respectivo de los servicios de su dependencia que sean esenciales para la Gestión del Riesgo de Desastres.
e. La autoridad militar que, para estos efectos, designe el Ministro de Defensa Nacional.
f. El jefe de zona de Carabineros de Chile que corresponda a la Región.
g. La autoridad regional de la Junta Nacional de Cuerpos de Bomberos de Chile.

En las fases de Mitigación y Preparación, el delegado presidencial regional actuará en coordinación con el gobernador regional. En las fases de Respuesta y Recuperación, el delegado presidencial regional, a propuesta del director regional del servicio, podrá convocar, para ser oídos, a los organismos públicos y privados con las competencias técnicas que resulten estrictamente necesarias para abordar la emergencia, según sus características, nivel de peligrosidad, alcance y amplitud de esta.

A nivel comunal, “el Comité Comunal” (referente al artículo 8° de la ley), estará integrado por las siguientes autoridades:

a. El alcalde, quien lo presidirá.
b. El jefe de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres de la comuna, o a quien se le haya encomendado dicha función de acuerdo con lo establecido en los artículos 26 bis y 26 ter de la ley N° 18.695, orgánica constitucional de Municipalidades, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el decreto con fuerza de ley N° 1, de 2006, del Ministerio del Interior.
c. El jefe de la comisaría o tenencia, o el funcionario de Carabineros de Chile de mayor jerarquía en la comuna.
d. El superintendente del Cuerpo de Bomberos con competencia en la respectiva comuna, o el representante que éste designe.

En las Fases de Mitigación y Preparación, el alcalde convocará al Comité Comunal, para ser oídos a otras entidades u organismos públicos y privados necesarios en la GRD. Además, podrá convocar a la Secretaría Comunal de Planificación, Unidad de Desarrollo Comunitario, la Dirección de Obras Municipales, Policías de Investigaciones y el Consejo de la Sociedad Civil.

En las fases de Respuesta y Recuperación, podrá convocar a los mismos agentes claves en la GRD según sus características, nivel de peligrosidad, alcance y amplitud de esta.

En lo referido a Los Comités para la Gestión del Riesgo de Desastres, estos ejercerán las funciones de planificación y coordinación en las Fases de Mitigación y Preparación en cada uno de los niveles, conforme a la ley y al reglamento dictado por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública. En funciones de los Comités Regionales:

a. Aprobar el Plan Regional para la Reducción del Riesgo de Desastres, a propuesta de la Dirección Regional del Servicio.
b. Aprobar el Plan Regional de Emergencia, a propuesta de la Dirección Regional del Servicio.
c. Coordinar, a través del director regional, los Comités Provinciales que correspondan a la región, y en su ausencia, los Comités Comunales, con el objeto de desarrollar las capacidades y recursos para fortalecer la Gestión del Riesgo de Desastres en dicha unidad territorial y de sus instrumentos.
d. Recomendar al Servicio proyectos a ser financiados con cargo al Programa de Gestión del Riesgo de Desastres establecido en el artículo 41 de esta ley.

La ley establece funciones de quien preside cada Comité, sea comunal, provincial, regional o nacional, las siguientes:

a. Dirigir el funcionamiento del Comité y las acciones necesarias para ir en ayuda de la población afectada, dentro del marco establecido en la ley e Instrumentos de Gestión del Riesgo de Desastres vigentes y aplicando los protocolos de actuación detallados en el reglamento.
b. Convocar y coordinar el apoyo de las empresas o entidades privadas que administren o provean servicios de utilidad pública o aquellos que sean esenciales para la respuesta y recuperación en la zona geográfica afectada por la misma, conforme a los Instrumentos de Gestión del Riesgo de Desastres y protocolos de actuación detallados en el reglamento, coordinando a éstos con los demás órganos del Sistema.
c. Dar respuesta oportuna a la emergencia de que se trate, informando con la mayor celeridad posible a la población, de acuerdo con los protocolos y procedimientos establecidos.
d. Realizar las demás funciones que sean necesarias según las características, nivel de peligrosidad, alcance, amplitud y magnitud de la emergencia.

En lo relativo de los Instrumentos de Gestión del Riesgo de Desastres, la ley establece que serán:

a. De la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y de los Planes para la Gestión del Riesgo de Desastres (tratado en profundidad en el acápite siguiente)
b. Del Plan Nacional de Emergencia
c. Planes Sectoriales
d. Mapas de Amenaza
e. Mapas de Riesgo

Entre las obligaciones de los órganos de la Administración del Estado, es fundamental la coordinación entre los planes para la GRD en todos los niveles territoriales que deberán estar en *consonancia, armonía y sistematicidad entre sí*, y primarán aquellos que tengan alcance nacional por sobre los regionales, y estos últimos por sobre los comunales. Además, de considerar la realidad territorial local y las características especiales de cada una de las zonas a tratar.

Si bien, se reconoce el avance de la gobernanza y el fortalecimiento institucional para la prevención y atención de desastres y catástrofes en el territorio, este nuevo marco legal no considera o deja en evidencia un rol secundario a la figura del gobernador regional, máxima autoridad en la región, al que se le menciona solamente en dos ocasiones y, que no preside el Comité Regional para la GRD en las tareas de coordinación en las fases de mitigación y preparación (Galilea, 2021, pág. 196). En una misma línea, pero a nivel institucional y de competencias

técnicas, los gobiernos regionales no se les reconocen de manera adecuada la planificación y el ordenamiento territorial para gestionar integralmente el riesgo de desastres, en cuanto a sus planes, políticas e instrumentos que debieran hacer frente ante amenazas y/o emergencias no previstas (ídem).

La comparación entre la ONEMI y el SENAPRED, para tres categorías: a) naturaleza y definiciones estratégicas´de la institución; b) estructura y composición organizacional de la institución; c) Políticas de acción de la Institución ante la Gestión de Emergencias y Desastres (**Ver Cuadro 10.17**).

Cuadro 10.17. Comparación entre ONEMI y SENAPRED.

ONEMI	SENAPRED
Naturaleza y Definiciones Estratégicas de la Institución	
La ONEMI es un órgano público y oficina dependiente del Ministerio del Interior y Seguridad Pública que tiene el propósito de **planificar, coordinar y ejecutar** actividades que buscan la prevención y atención de desastres y catástrofes, tanto naturales como provocadas por humanos, salvaguardando la vida de personas ante riesgos y desastres. Este enfoque es reactivo y no es suficiente para imprimir la fuerza que la GRD debe tener.	El SENAPRED es un órgano y servicio público dependiente del Ministerio del Interior y Seguridad Pública que busca la **descentralización y desconcentración del territorio** con el fin de **asesorar, coordinar, organizar, planificar y supervisar** las actividades relacionadas a la GRD del país desde diferentes instancias de acción: nacional, regional, provincial y comunal.
Su misión es reducir el riesgo de desastres a través de la mitigación, preparación, alerta, respuesta y rehabilitación con el fin de reducir la pérdida de vidas, disminuir los impactos económicos, efectos ambientales y contribuir al desarrollo sostenible del país.	Su misión es reducir el riesgo de desastres a través de la mitigación, preparación, alerta, respuesta y rehabilitación con el fin de reducir la pérdida de vidas, disminuir los impactos económicos, efectos ambientales y contribuir al desarrollo sostenible del país. **No se modifica por ahora.**
Su visión es que al año 2030 la ONEMI sea una institucionalidad y servicio robusto, que permita establecer la Reducción del Riesgo de Desastres como prioridad nacional, fomentando una cultura preventiva para contribuir al desarrollo sostenible.	Su visión es que al año 2030 el SENAPRED sea una institucionalidad y servicio robusto, que permita establecer la Reducción del Riesgo de Desastres como prioridad nacional, fomentando una cultura preventiva para contribuir al desarrollo sostenible. **No se modifica por ahora.**
La ONEMI tiene un **rol indicativo en la institucionalidad** ante la prevención y respuesta de riesgos y desastres. Lo anterior basado en el Decreto de Ley 369 de 1974.	El SENAPRED tiene un **rol obligatorio en la institucionalidad** ante la prevención y respuesta de riesgos y desastres. Lo anterior basado en la nueva ley 21.364.
Estructura y composición organizacional de la Institución	
El o la Directora de la ONEMI **es designada por decreto supremo del Ministerio del Interior**, quien será el Jefe Superior de Servicio.	El o la Directora del SENAPRED es **elegido mediante el sistema de Alta Dirección Pública del Servicio Civil (ADP)**.
La Coordinación de esta oficina **promueve sólo las actividades de colaboración y asociatividad con entidades privadas y del tercer sector**, como también, la coordinación interna que existe bajo las funciones de la Oficina Coordinadora de Emergencia del Ministerio del Interior.	La coordinación del SENAPRED será compuesto de Comités que ejercerán funciones a nivel nacional, provincial, regional y comunal, según corresponda. Lo anterior **abogando por los principios de Prevención, Apoyo Mutuo, Coordinación, Transparencia, Participación, Escalabilidad y Oportunidad.**
Este servicio dispone la creación de Centros Regionales de Emergencias destinados a socorrer emergencias y desastres. También tiene un rol en promover la investigación científica para pronosticar posibles catástrofes, prevenir sus consecuencias y especializar al personal idóneo en protección civil. Esto no responde de forma correcta a la GDR, la cual con la SENAPRED si considerará funciones como la mitigación, preparación, respuesta y recuperación de los efectos provocados ante una situación de emergencia.	Este servicio tendrá presencia en todas las regiones, comunas y localidades del país, bajo una política nacional para la reducción del riesgo de desastres, instrumento que orienta las acciones y decisiones políticas desde una perspectiva integral que contribuya al desarrollo sostenible del país, fortaleciendo la gobernanza nacional, la cultura de la prevención y el autocuidado, el fortalecimiento de la investigación y los sistemas de alerta temprana, como también, una visión transversal de los impactos socioeconómicos ante emergencias y desastres.
Plataforma Nacional de Reducción del Riesgo de Desastres con actores público-privados, pero sin retroalimentación de la población en sus planes, gestiones e implementación de los instrumentos de GRD.	Relación bidireccional entre organismos miembros y usuarios bajo una lógica de sistema permeable.
Existen Comités Regionales y locales de Emergencia, con la participación de Fuerzas Armadas y Carabineros de Chile.	Define el rol del Ministerio de Defensa Nacional y la actuación de las FF.AA. conformando parte del Sistema, de acuerdo a sus capacidades y competencias: Asesoría Militar y Coordinar y dirigir el apoyo Militar.

Políticas de acción de la Institución ante la Gestión de Emergencias y Desastres	
Este Decreto de Ley **no establece definiciones estratégicas** de Amenaza, Emergencia, los cuatro Niveles de Emergencia, Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y Vulnerabilidad.	La ley **establece las definiciones** de: Amenaza, Emergencia, los cuatro Niveles de Emergencia, Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y Vulnerabilidad.
No se establecen principios.	La ley establece siete principios: **Prevención, Apoyo Mutuo, Coordinación, Transparencia, Participación, Escalabilidad y Oportunidad.**
En cuanto al presupuesto y financiamiento, le corresponde al Director de la Oficina Nacional de Emergencias solicitar los fondos correspondientes en la Ley de Presupuestos de la Nación para la ejecución de actividades. No se especifica más allá en el propio Decreto de Ley..	En cuanto al Programa de Gestión del Riesgo de Desastres: i) se creará en el presupuesto de SENAPRED; ii) Su objetivo es dar financiamiento de los instrumentos de GRD. Las Municipalidades podrán participar en la postulación de este programa; iii) los recursos asignados deberán gestionarse en los procesos anuales de formulación presupuestaria; y iv) en coordinación con el Ministerio de Hacienda se debe elaborar un reglamento que establezca la forma de operar del programa.
No se establece en la ley ningún artículo que descentraliza a la ONEMI a municipalidades u otros sectores.	En el ámbito de las municipalidades, modifica la Ley N°18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades incorporando la GRD a las funciones y permite la creación de una unidad de GRD. En cuanto a la respuesta comunal, es el alcalde quien constata la falta de recursos o capacidad del Comité Comunal para responder a la emergencia, podrá solicitar al delegado, en forma expedita y sin formalidades, los medios que sean necesarios para enfrentarla.
No se establece en la ley ningún instrumento de GDR.	Se **establece por ley los instrumentos de GRD** (Mapas de Amenaza, Mapas de Riesgo, Sistema de Alerta Temprana, Sistema Nacional de Comunicaciones, Perímetro de Seguridad, Sistema de Información y otros instrumentos de gestión), haciéndolos obligatorios, permitiendo en todos los niveles del Sistema materializar en consonancia, armonía y sistematicidad entre sí, lo establecido en la Política Nacional.

Fuente: Elaboración propia en base a Ley N°21.364, 2021; Decreto N°369, 2022 y Senado de la República de Chile, 2020.

10.4.2. Institucionalidad para enfrentar el cambio climático

La institucionalidad para el cambio climático, se encuentra definida en la Ley Marco de Cambio Climático, la cual tiene por objeto "*hacer frente a los desafíos que presenta el cambio climático, transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero y otros forzantes climáticos, hasta alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050, adaptarse al cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático, y dar cumplimiento a los compromisos internacionales asumidos por el Estado de Chile en la materia*" . Esta iniciativa ingresó al congreso el 13 de enero del año 2020, a partir de un mensaje presidencial, y solo dos años y dos meses más tarde completó su trámite legislativo.

Este nuevo marco legislativo, en su "Título IV" define cuales son los organismos de la Administración del Estado que deben enfrentar el cambio climático a nivel nacional, regional y local (**Ver Figura 10.11**).

Figura 10.11. Institucionalidad para hacer frente al cambio climático.



Fuente: Elaboración propia en base a la Ley 21.455, 2022.

10.4.2.1. Nivel Nacional

A nivel nacional, se encuentra el Ministerio del Medio Ambiente, autoridades sectoriales (Ministerios de Agricultura, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Minería, de Obras Públicas, de Salud, de Transportes y Telecomunicaciones, de Defensa Nacional, de Vivienda y Urbanismo), Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, Comité Científico Asesor para el Cambio Climático, el Consejo Nacional para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, Equipo Técnico Interministerial para el Cambio Climático y los órganos

de la Administración del Estado[75], cada uno de ellos con sus respectivas competencias y atribuciones en la materia.

10.4.2.1.1. Ministerio del Medio Ambiente

La Ley Marco de Cambio Climático, en su artículo 16, establece que al Ministerio del Medio Ambiente le corresponde colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes, programas y normas en materia de cambio climático. Para ello, se le otorgan 20 nuevas funciones, entre ellas:

- Velar por el cumplimiento de las convenciones internacionales en que el Estado de Chile sea parte en materia de cambio climático.
- Elaborar, revisar y actualizar los instrumentos de gestión del cambio climático que corresponda y en el caso de la Estrategia Climática de Largo Plazo coordinar su implementación.
- Coordinar la implementación de los instrumentos nacionales de gestión del cambio climático.
- Actuar como contraparte técnica en la elaboración y actualización de los planes sectoriales de mitigación y adaptación.
- Suscribir, junto con la autoridad sectorial correspondiente, los decretos supremos que prueben los planes sectoriales de mitigación y adaptación.
- Velar por la integración y coherencia entre los instrumentos de gestión del cambio climático a nivel nacional, sectorial y regional.
- Incorporar en los instrumentos de gestión ambiental, criterios de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Solicitar información sobre el avance e implementación de los planes sectoriales de mitigación y adaptación; sobre acciones, medidas o instrumentos a implementar por los respectivos órganos de la Administración del Estado que puedan incidir en la reducción, absorción y almacenamiento de emisiones de GEI, o la disminución de su uso, según corresponda, generadas por los instrumentos, programas, proyectos y otras iniciativas en la materia.
- Promover la investigación científica, la innovación y el desarrollo de tecnologías para la mitigación y adaptación al cambio climático; la educación y la cultura en materia de cambio climático; el involucramiento y compromiso del sector productivo en las medidas de mitigación y adaptación y en los demás instrumentos de gestión del cambio climático que se propongan.
- Administrar el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, el Sistema Nacional de Prospectiva, el Sistema de Certificación de Gases de Efecto Invernadero y la Plataforma de Adaptación Climática.
- Orientar, colaborar y evaluar la incorporación de consideraciones ambientales de desarrollo sustentable relativas a mitigación y adaptación

[75] Deben considerar la variable de cambio climático en la elaboración y evaluación de sus políticas, planes, programas y normas, según las directrices establecidas en la Estrategia Climática de Largo Plazo.

al cambio climático en aquellos instrumentos que deben someterse a evaluación ambiental estratégica.
- Monitorear la implementación y avances de la Estrategia Climática de Largo Plazo, la Contribución Determinada a Nivel Nacional y los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

10.4.2.1.2. Autoridades sectoriales

De acuerdo con la LMCC, las autoridades sectoriales en materia de CC son aquellas que tienen competencia en aquellos sectores que representan las mayores emisiones de GEI o la mayor vulnerabilidad al CC en el país. Entre estas autoridades se encuentran los Ministerios de Agricultura, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Minería, de Obras Públicas, de Salud, de Transportes y Telecomunicaciones, de Defensa Nacional, de Vivienda y Urbanismo y del Medio Ambiente, a los que les corresponde:

- Elaborar e implementar Planes Sectoriales de Mitigación al CC y Planes Sectoriales de Adaptación al CC.
- Hacer seguimiento de las medidas establecidas en los Planes Sectoriales de Mitigación y/o Adaptación en la que participen otros organismos,
- Incorporar criterios de mitigación y adaptación al cambio climático en la elaboración e implementación de las políticas, programas, planes, normas e instrumentos correspondientes a su sector.
- Participar en la elaboración de la Estrategia Climática de Largo Plazo y en la Contribución Determinada a Nivel Nacional
- Informar anualmente al MMA sobre la elaboración, actualización e implementación de los instrumentos de gestión del cambio climático correspondientes a su sector.
- Definir y ejecutar acciones concretas relativas a los medios de implementación señalados en la Estrategia Climática de Largo Plazo.
- Colaborar con los organismos competentes, especialmente con el Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género y el Ministerio de Desarrollo Social y Familia, con el objeto incorporar el enfoque de género y los grupos vulnerables en la elaboración de los Planes Sectoriales de Mitigación y/o Adaptación.
- Entre otras que la ley establezca.

10.4.2.1.3. Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático

La LMCC, le otorga al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, la función de emitir pronunciamiento fundado sobre la Estrategia Climática de Largo Plazo, la Contribución Determinada a Nivel Nacional y los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación, así como respecto de la coherencia entre ellos. También, debe contar con el pronunciamiento de este Consejo el Reporte de Acción Nacional de Cambio Climático (RANCC).

10.4.2.1.4. Comité Científico Asesor para el Cambio Climático

El Comité Científico Asesor para el Cambio Climático, es un comité asesor del Ministerio del Medio Ambiente para los aspectos científicos que se requieran, entre otros, para la elaboración, diseño, implementación y actualización de los instrumentos de gestión del cambio climático. La LMCC le otorga las siguientes funciones:

- Analizar los aspectos científicos asociados a la gestión del cambio climático y proporcionar una perspectiva de largo plazo para informar la definición de los objetivos de los instrumentos de gestión del cambio climático, mediante la publicación de un reporte anual, en formato digital.
- Elaborar los informes previos requeridos durante la elaboración o actualización de la Estrategia Climática de Largo Plazo, Contribución Determinada a Nivel Nacional y del reglamento del MMA que detallará el contenido mínimo de los decretos supremos que establecerán normas de emisión,
- Colaborar en la elaboración de la Estrategia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología a fin de que las autoridades pertenecientes a distintos niveles (nacional, regional y local) cuenten con información más precisa.
- Colaborar en la elaboración de la Estrategia de Creación y Fortalecimiento de Capacidades.
- Identificar y contextualizar tendencias globales sobre la investigación y observación sistemática del cambio climático que aporten insumos para el diseño de políticas públicas para la acción climática en Chile.
- Proponer estudios y resolver las consultas que le formule el MMA respecto a las materias señaladas en sus funciones.

10.4.2.1.5. Consejo Nacional para la Sustentabilidad y el Cambio Climático

Este consejo se encuentra definido en el artículo 76 de la Ley N° 19.300 (1994). La LMCC le otorga la función de emitir opinión sobre los instrumentos de gestión de CC, su grado de avance y sobre los efectos que genera su implementación. Adicionalmente, puede realizar propuestas para mejorar la gestión del cambio climático de los múltiples sectores que participan en ella.

10.4.2.1.6. Equipo Técnico Interministerial para el Cambio Climático

De acuerdo con la LMCC, el Equipo Técnico Interministerial para el Cambio Climático (ETICC) colaborará con el MMA en el diseño, elaboración, actualización y seguimiento de los instrumentos de gestión en la materia. Además, podrá proveer asistencia técnica a otros órganos de la Administración del Estado o servicios públicos con competencia en dicha materia. Para el cumplimiento de sus funciones, el ETICC podrá analizar y proporcionar información, elaborar reportes,

desarrollar propuestas de acciones y medidas y coordinar a los distintos representantes de los órganos públicos que lo integran, entre otras acciones.

10.4.2.2. Nivel Regional

En cuanto al nivel regional, se incluyen las Secretarías Regionales Ministeriales de Agricultura, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Minería, de Obras Públicas, de Salud, de Transportes y Telecomunicaciones, de Defensa Nacional, de Vivienda y Urbanismo, un integrante de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante con representación regional (DIRECTEMAR). También, actúan a nivel regional los Comités Regionales para el Cambio Climático.

10.4.2.2.1. Secretarías Regionales Ministeriales

Las Secretarías Regionales Ministeriales pertenecientes a aquellos Ministerios que tienen competencia en aquellos sectores que representan las mayores emisiones de gases de efecto invernadero o la mayor vulnerabilidad al cambio climático en el país (más el integrante de la DIRECTEMAR) tienen la función de realizar la gestión del cambio climático a nivel regional, lo cual deben efectuar en concordancia con los Planes Sectoriales de Mitigación y/o Adaptación de su respectivo sector, y en coordinación con los Comités Regionales para el Cambio Climático.

Adicionalmente, estas instituciones regionales deben apoyar técnicamente en la gestión del cambio climático al resto de Órganos de la Administración del Estado, al ETICC, Comités Regionales del Cambio Climático y a las Municipalidades.

10.4.2.2.2. Comités Regionales para el Cambio Climático

Según la LMCC, en cada región del país debe existir un Comité Regional para el Cambio Climático (CORECC), los que tendrán por principal función coordinar la elaboración de los instrumentos de gestión del cambio climático a nivel regional y comunal.

En el cumplimiento de su función, a los CORECC corresponderá facilitar y promover la gestión del CC a nivel regional, entregar directrices para integrar esta temática en las políticas públicas regionales, identificar sinergías con las políticas nacionales e incentivar la búsqueda de recursos regionales para el desarrollo de medidas y acciones de mitigación y adaptación al CC y de los medios de implementación definidos en el Plan de Acción Regional de Cambio Climático y la Estrategia Climática de Largo Plazo.

En cuanto a su composición, deben ser presididos por el Gobernador Regional, e integrados por el Delegado Presidencial Regional, los secretarios regionales de los ministerios que integran el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, dos representantes de la sociedad civil regional, y uno o más representantes de las municipalidades o asociaciones de municipios de la región. Adicionalmente, la SEREMI del Medio Ambiente, ejercerá la secretaría técnica de los CORECC.

Vale destacar que los miembros del Consejo Regional y del Consejo Consultivo Regional del Medio Ambiente pueden participar con derecho a voz en las sesiones del CORECC.

10.4.2.3. Nivel Local

10.4.2.3.1. Municipalidades

A una escala local, se encuentran las municipalidades, las que colaborarán en la gestión del cambio climático a nivel local, individualmente, o a través de asociaciones municipales. Esto mediante el apoyo e integración de los CORECC y la participación en la elaboración de los planes regionales y comunales de cambio climático, en concordancia con las directrices de la Estrategia Climática de Largo Plazo.

La LMCC señala que las municipalidades deben incluir - en lo que corresponda - la variable de CC en la dictación de sus planes, programas y ordenanzas.

10.4.3. Gasto Presupuestario en materias relativas al Cambio Climático año 2021

Para una satisfactoria implementación de esta fortalecida institucionalidad, que traza lineamientos vitales en torno al cambio climático, desastres y su manejo estratégico, es sumamente relevante la colaboración interministerial, entendiendo que dichos lineamientos convergen con las funciones encomendadas a una amplia diversidad de Secretarías de Estado. Por lo tanto, se asume como un supuesto necesario el compromiso de los Ministerios que este cuerpo legal atañe, para así lograr una expedita interiorización de la hoja de ruta que establece. En este sentido, juegan un rol clave el Ministerio del Interior, las Fuerzas Armadas, el Ministerio de Hacienda, el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, el Ministerio de

Defensa Nacional, el Ministerio de Obras Públicas, y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En cuanto a la Institucionalidad que la Ley Marco de Cambio Climático establece para la gestión del cambio climático resalta un organismo orientado netamente a establecer una lógica de colaboración interministerial con miras a lograr un manejo integral e interdisciplinario de este fenómeno. Aquel organismo es el Equipo Técnico Interministerial para el Cambio Climático (ETICC), una entidad técnica encargada de colaborar, en un principio, con el Ministerio del Medio Ambiente en el proceso de diseño, elaboración, implementación y seguimiento de los instrumentos de gestión del cambio climático, sin perjuicio de asesorías técnicas que este organismo puede brindar a otras entidades con atribuciones en la materia atingente. Así, el ETICC podrá, a partir de análisis de información, elaborar reportes y propuestas de acciones y medidas, con una mirada coordinadora que integre conocimientos y atribuciones de la variedad de órganos públicos que correspondan.

Para que lo anteriormente señalado pueda materializarse, es necesario observar la distribución del gasto público en el cambio climático. Por ello, la Dirección de Presupuestos (DIPRES) dependiente del Ministerio de Hacienda en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), realizó ejercicios de medición del gasto público en la materia, identificando ex-post los principales resultados (año/periodo de estudio 2016-2019) (**Ver Cuadro 10.18**).

Cuadro 10.18. Resultados sobre el Ejercicio ex-post sobre gasto público ejecutado en el Ministerio de Energía y Agricultura según metodología Climate Public Expenditure and Institutional Review (CPEIR) desarrollada por PNUD.

Resultados	• En la ASCC, se identificó un gasto climático de M$2.799.344 (pesos 2020), que representa un 17% del financiamiento total de la institución en el período estudiado, los que corresponden a 80 acuerdos identificados. Además, un 95% se asocia a mitigación.
	• En el Ministerio de Energía se identifica un gasto climático que representa un 15,5% del gasto total del Ministerio en el período y que es mayoritariamente destinado a mitigación, 99,2%.
	• Resultados aún en proceso para el Ministerio de Agricultura.

Fuente: Dirección de Presupuestos, 2022.

La metodología empleada es CPEIR, analizando las políticas con mayor vinculación sobre el cambio climático y la institucionalidad para identificar unidades o divisiones donde se concentra el gasto climático. Lo anterior procedente por los Marcadores de Río.

En la misma línea, se identifican ex-ante los principales resultados (año/periodo de estudio 2022) (**Ver Cuadro 10.19**).

Cuadro 10.19. Resultados sobre el Ejercicio ex-ante sobre gasto formulado o presupuestado para los Ministerios de Energía, Agricultura, Minería y Ciencias, según metodología Climate Public Expenditure and Institutional Review (CPEIR) desarrollada por PNUD.

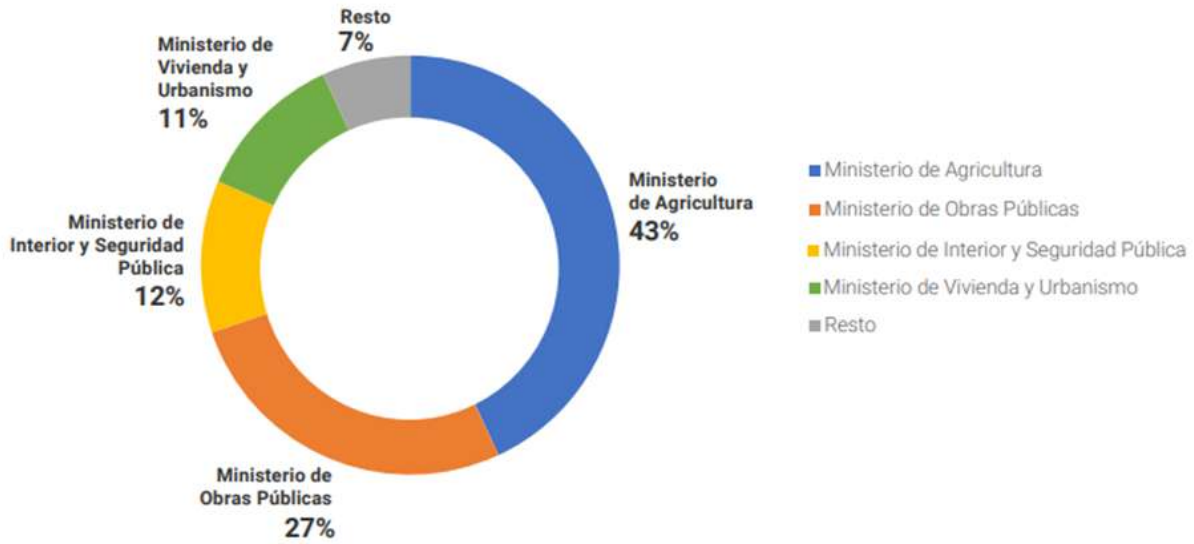
Resultados	• Se identifica un gasto total climático de los ministerios analizados que representa un 8,63% del gasto total autorizado para estos ministerios en la Ley de Presupuestos 2022.
	• 87% del gasto identificado corresponde al Ministerio de Agricultura, seguido por el Ministerio de Energía, 10,5%.
	• El gasto identificado corresponde mayoritariamente a adaptación, 77,9%. El gasto en mitigación es de 19,7%, mientras que el restante 2,5% corresponde a acciones mixtas.

Fuente: Dirección de Presupuestos, 2022.

Lo anterior, refleja los esfuerzos que se están realizando en la materia, sobre todo en la fase de mitigación en diversos ministerios. No obstante, con todas las condiciones y volatilidades del cambio climático, su agresividad, daños, frecuencia e incremento de fenómenos en el país y en la región, los esfuerzos se visualizan como mínimos ante tal complejidad.

A su vez, el gasto ejecutado en iniciativas y programas en la materia va por un buen camino. Gran parte de la participación en iniciativas y programas que han inyectado o movilizado recursos para enfrentar el cambio climático lo lidera el Ministerio de Agricultura con un número de 20 iniciativas, siendo un 34,48% en M$ gasto ejecutado del año 2021, seguido del Ministerio de Obras Públicas con 2 iniciativas y programas, siendo un 3,45% en M$ gasto ejecutado y así, sucesivamente (**Ver Figura 10.12**).

Figura 10.12. Gasto ejecutado en Iniciativas y programas con componente climático por ministerio, año 2021 (en %).



Fuente: Dirección de Presupuestos, 2022.

Las iniciativas, programas y proyectos identificados en la materia por cartera ministerial con mayor relevancia presupuestaria se presentan en el **Cuadro 10.20**.

Cuadro 10.20. Listado de programas, iniciativas y proyectos de inversión identificados.

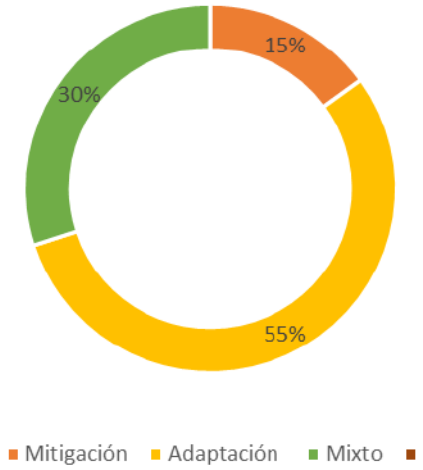
Ministerio	Nombre programa o iniciativa	Ejecución año 2021 (M$ 2022)
Ministerio de Agricultura	Áreas Silvestres Protegidas	20.708.830
	Programa de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje - Ley N° 18.450 (Obras menores y medianas)	113.872.055
	Protección Contra Incendios Forestales	122.140.585
	Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios SIRSD-S Ley 20.412	23.061.863
Ministerio de Desarrollo Social y Familia	Fondo de Tierras y Aguas Indígenas - Subsidio a la Construcción de Obras de Riego y Drenaje para Indígenas	17.720.961
Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático	2.951.190
	Refinanciamiento Verde Sustentable	3.620.312
Ministerio de Energía	Plan de Eficiencia Energética Sector Edificación	5.628.716
	Plan de Eficiencia Energética Sector Industria y Minería	4.659.010
	Plan de Eficiencia Energética Sector Transporte	2.659.903
Ministerio del Interior y Seguridad Pública	Mejoramiento de Barrios	46.815.530
	Mejoramiento Urbano y Equipamiento Comunal	49.458.867
Ministerio del Medio Ambiente	Calefacción Sustentable	8.729.272
Ministerio de Obras Públicas	Infraestructura Hidráulica Agua Potable Rural (APR)	219.455.096
Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Eficiencia Energética para la Vivienda - DS 27 Capítulo IV	40.966.778
	Mejoramiento de Vivienda - DS 27 Capítulo II (Ex Protección al Patrimonio Familiar Reparación y Mejoramiento de Vivienda)	54.538.054

Fuente: Dirección de Presupuestos, 2022.

De estos 7 ministerios identificados, se observa que ha habido una orientación en esta última década en generar iniciativas y programas con una gran inyección de recursos en materia de infraestructura, vivienda, eficiencia energética, sustentabilidad, obras de riego y drenaje y protección a áreas protegidas, como también, enfocado a la mitigación (15% en gasto público), adaptación (55%) y acciones mixtas (30%) para enfrentar el cambio climático y sus efectos directos e indirectos (**Ver Figura 10.13**). Por ende, es importante que el Estado realice mayores esfuerzos en la la interagencialidad, los espacios de colaboración o asociatividad público-privada y la contribución de la sociedad civil y la academia

para avanzar con mayor sólidez en inversión (I+D+i) y generar mayores transformaciones en la gestión y las políticas públicas.

Figura 10.13. Distribución Gasto Público en cambio climático (programas sociales y no sociales, en porcentaje).



Fuente: Dirección de Presupuestos, 2022.

En definitiva, el Estado de Chile mediante sus diversas carteras ministeriales relacionadas en la materia (Medio Ambiente, Energía, Minería, Hacienda, Obras Públicas, Vivienda, Desarrollo Social, entre otras), están realizando los mayores esfuerzos para movilizar recursos para combatir el cambio climático o generar transiciones más sostenibles para limitar su avance, donde la sociedad y las nuevas realidades deberán habituarse a las distintas y complejas condiciones, limitaciones y estados que estarán relacionados directa o indirectamente a este tipo de fenómenos climáticos de nuevo orden, cuyo impacto se extrapolará desde el sector ambiental y co-habitará en sectores políticos, sociales, económicos y culturales nunca antes establecidos.

10.4.4. Asociatividad público-privada y el rol clave del tercer sector

La Ley Marco de Cambio Climático se funda, principalmente, en la alta vulnerabilidad que presenta Chile ante los efectos del cambio climático, dada su amplia riqueza en cuanto a biodiversidad, además de la importancia de establecer medidas de mitigación con el fin de contribuir a objetivos globales. La gestión del cambio climático en Chile ha vivido una gran avanzada, con planes de acción y adaptación que han implicado grandes compromisos y esfuerzos. Aquello no quiere decir que los objetivos estén cumplidos, es más, siguen existiendo grandes desafíos que aún no han sido abordados y, precisamente, este nuevo cuerpo legal busca suplir de soluciones a estas necesidades remanentes. Uno de estos imponentes desafíos tiene que ver con la trascendencia de las políticas que se

implementan en la gestión climática, las cuales carecen de un propósito central, establecido como un objetivo a largo plazo, que funcione, además, como una orientación integrada y transversal para la acción en el ámbito climático, tanto del Estado, como de los entes privados y organizados interesados en esta tema.

El artículo 2° de la ley señala los principios que inspirarán las actuaciones ejecutadas en este marco normativo, dentro de los cuales resalta en este aspecto el principio de **transversalidad**, el cual orienta a la actuación estatal en materias de gestión del cambio climático hacia una óptica de coordinación en cuanto a la participación del Gobierno en sus diversos niveles, de la sociedad civil y, por supuesto, del sector privado.

La Estrategia Climática de Largo Plazo que esta norma establece también integrará elementos orientados a guiar el actuar de los actores privados en este asunto. Para la implementación de este instrumento se utilizarán medios de Desarrollo y Transferencia de Tecnología, entregando recomendaciones al sector privado y a los órganos del Estado para el fomento e intensificación del traspaso de conocimientos, habilidades, técnicas o equipamientos, buscando incrementar la resiliencia climática, y medios de Creación y Fortalecimiento de Capacidades, estableciendo mecanismos que permitan a instituciones, tanto públicas como privadas, planificar e implementar medidas para mitigar y adaptarse al cambio climático.

La Estrategia Financiera del Cambio Climático (ECLP) establecerá los principales lineamientos que orienten la contribución del sector público y privado a la construcción de **una economía baja en emisiones y resiliente al clima**, teniendo como referencia los lineamientos y objetivos plasmados en la ECLP y en las NDCs.

De todas maneras, puede que existan riesgos dentro de la asociatividad público - privada (APP) ya sea en el fallo del diseño, falta de desempeño, sobrecostos o acontecimientos que afecten el rendimiento del proyecto o servicio. A pesar de ello, es necesario señalar algunas ventajas de este tipo de asociatividad, sobre todo ligado a la ECLP, donde el principal provecho es que “el gobierno ahorra en desembolsos al momento de realizar las inversiones” (Engel, Fischer y Galetovic, 2014, p.179). Por ello, la APP “debe sustentarse en las ganancias de eficiencia asociadas a los mejores incentivos que ofrecen, así como el mantenimiento y debido a que la misma empresa realiza la construcción, mantenimiento y

operaciones de la obra, y no en su supuesta ventaja desde el punto de vista de las finanzas públicas" (Engel, Fischer y Galetovic, 2014, p.179).

Según Engel, las propuestas de reorganización institucional que hay en Chile, son ambiciosas y probablemente habrá y se enfrentarán con mucha oposición para poder alcanzar los objetivos en el corto plazo. Dicho lo anterior, una estrategia pensada en el largo plazo es un buen instrumento para conseguir, de forma transversal y colaborativa, un impacto beneficioso y hacer frente a los desafíos presentes con el cambio climático. Trabajar en contraer un rol positivo entre APP para optar por mecanismos que puedan reforzar y combatir colaborativamente los diversos desastres y catástrofes que emergen en el país, es una buena forma de solventarlo. Esto último "donde la fiscalización pública a su operación debe ser reforzada y las tarifas ajustadas a precios razonables y adecuadas a la calidad de las prestaciones" (Galilea, 2019).

Actualmente, muchas cosas se desarrollan en concesiones o asociándose desde lo público y lo privado para dar respuestas. Un caso importante es la reconstrucción de Santa Olga de la Región del Maule o el rol activo y presente de diversas empresas que acogen la responsabilidad en términos ambientales, lo que se debe fomentar y acoger para distintos casos de desastres a lo largo del país.

En lo que respecta al tercer sector, entendido como el conjunto de entidades del ámbito privado que sin ánimos de lucro o beneficios económicos, y sin el mandado de la institucionalidad pública, se interesan e involucran en determinadas temáticas de interés colectivo o acción social medioambientales o de enorme relevancia en materias de cambio climático. Para la ley, la institucionalidad y los instrumentos que emerjan a lo largo del tiempo, es vital contar con la participación de este sector, donde están incluídas Fundaciones, ONGs, Voluntarios, Centros de Estudios, entre otros. El rol que esté presente en combatir los Desastres Naturales en Chile "ha mostrado con nitidez la presencia de instituciones no gubernamentales de mucha relevancia, las que es necesario afianzar y ayudar a su propia operación y gestión en red, acogiendo las particularidades y ventajas comparativas de cada una" (Galilea, 2019).

En este punto, hablar desde un Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil es importante para entender las categorizaciones que existen en la gestión integral del riesgo de desastres y adecuar las normas para dar respuestas concretas y adecuadas desde diferentes tipos de estructuras que existen para

mitigar y contrarrestar los problemas existentes, de la mano o en coordinación de la institucionalidad pública y del tercer sector. Como lo es en el caso de Colombia, en donde existe la Ley del Voluntariado, la cual crea el Subsistema Nacional de Voluntarios de Primera Respuesta, donde se incluyen miembros activos y voluntarios de la Defensa Civil, Cruz Roja y Cuerpo de Bomberos, donde uno de los objetivos, puestos en el artículo 1 de esta ley, es poder dar respuesta ante situaciones de Desastres y prevención de éstos mismos, asegurando la protección civil (Ministerio del Interior República de Colombia, 2012).

El actual Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil, (Ley N°21.364), que busca prevenir y dar respuesta a los Desastres Socio-Naturales, establece en su artículo 4 el principio de participación, donde da cabida a que este Sistema **debe reconocer, facilitar y promover la participación de organizaciones de la sociedad civil**, incluyendo al voluntariado, en el proceso de Gestión del Riesgo de Desastres, como también un principio de coordinación establecido en el mismo artículo para la debida complementariedad, coordinación y confianza entre todos los integrantes del Sistema.

Un aparato público que regule tanto el sector privado con fines de lucro, como a la sociedad civil y organizaciones que buscan contribuir de forma positiva al cumplimiento de las medidas de emergencia con acción humanitaria es una meta importante y novedosa. Fortalecer eso, es incidir de forma gradual y beneficiosa a la resiliencia y la reducción del riesgo de Desastres y el Cambio Climático. Esto de la mano con voluntarios que trabajan arduamente en contrarrestar los impactos negativos que existen en torno a esos temas, académicos y académicas que contribuyen con miradas técnicas y profesionales para solventar el tema, como otras agrupaciones con los mismos fines para poder aportar al cambio. Así lo es, algunos centros investigativos como lo son el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 o el Centro Cambio Global de la Universidad Católica de Chile.

De hecho, el actual programa CEODOS que busca crear herramientas para combatir el cambio climático, consagró un consorcio de centros de investigación del país, donde se encuentra el Centro COPAS Sur-Austral/COPAS Coastal, el Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile (CMM); el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, ya nombrado; el Centro de Regulación del Genoma (CRG), el Centro de Investigación de Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), el Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas

Latitudes (IDEAL), el Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuicola (INCAR) e Inria Chile (CEODOS Chile, 2022; Elmostrador, 2022).

Es por lo anterior, que la nueva ley dispone en sus artículos principios como el de apoyo mutuo, coordinación y participación, que aboga a que este servicio se asocie y colabore de forma mutua con todos los agentes sociales que busquen complementar bajo sus diferentes formas, competencias y capacidades, el conocimiento o gestión a la reducción de emergencias y desastres del país, con el objetivo de limitar sus impactos.

Ante ello, hay otras metas que deben existir, las cuales de forma continua refuercen e integren dichas relaciones para que puedan contribuir sectorialmente y contrarrestar la emergencia climática que nos acongoja, como también definir y planificar de forma territorial la articulación de los diferentes roles que contenga cada ente (público, privado o del tercer sector), para combatir futuros riesgos y desastres que coexisten y están, lamentablemente, presentes. Proponer medidas de gestión, como también mecanismos de financiamiento y justicia ambiental, es sumamente importante en la asociatividad público – privada, como también, reforzar institucional y financieramente a diversos actores y organismos que dedican su tiempo a solventar estos acontecimientos naturales, como lo es la deuda a los bomberos o voluntariados que buscan atacar esto sin esperar nada a cambio, cuando su labor es extremadamente importante y aplaudible.

10.5. Los instrumentos de gestión del cambio climático y desastres socionaturales

10.5.1. Los instrumentos para la gestión del riesgo de desastres

La Ley N°21.364, desde los artículos 23 al 40, establece el “Título III de los Instrumentos de Gestión del Riesgo de Desastres”. En su párrafo 1° consagra “De la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y de los Planes para Gestión del Riesgo de Desastres”. En el párrafo 2° establece los “Planes Sectoriales, Mapas de Amenaza y Mapas de Riesgo”. Finalmente, en el párrafo 3° menciona “Sistema de Alerta, Monitoreo, Comunicaciones e Información”. A continuación, se dará paso a detallar dichos instrumentos.

10.5.1.1. Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres

El artículo 24 de esta ley, define a La Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres como un instrumento que orienta las acciones y decisiones políticas desde una perspectiva integral de la Gestión del Riesgo de Desastres, para lograr una mejora permanente de su administración que contribuya al desarrollo sostenible del país en el corto, mediano y largo plazo.

Dicha política abordará toda acción necesaria para:

a) Fortalecer la gobernanza nacional en materias de Gestión del Riesgo de Desastres, a través de acciones sectoriales y territoriales que guarden armonía con los marcos internacionales referentes a materias de Reducción del Riesgo de Desastres, las que, en un escenario de mediano y largo plazo, apunten al desarrollo sostenible económico, ambiental y social.
b) Fomentar la cultura de la prevención y del autocuidado mediante el desarrollo de estrategias de construcción de conocimientos y socialización de la información que permita el acceso a ésta, educando y motivando a la población a asumir una cultura de resiliencia y prevención.
c) Invertir en la reducción de los factores subyacentes del riesgo, mediante el desarrollo de una planificación que aborde de manera transversal los factores de las dimensiones físicas, ambientales, económicas y sociales que incrementan el riesgo en los territorios y comunidades, así como también las medidas necesarias para mitigarlos.
d) Fortalecer la preparación ante las emergencias para lograr una respuesta eficaz, incrementando las capacidades y creando sinergias con los diferentes niveles sectoriales, institucionales y con una participación más activa de la sociedad civil organizada.
e) Comprender el riesgo de desastres, fortaleciendo la investigación y los sistemas de alerta temprana mediante el desarrollo de capacidades e infraestructuras para monitorear y analizar las amenazas, las vulnerabilidades y los impactos de las emergencias, lo cual se deberá realizar a través de la recopilación y el uso de datos relevantes para la Gestión del Riesgo de Desastres en todas las fases del ciclo del riesgo de desastres.
f) Planificar una recuperación sostenible que considere evitar la generación de nuevos riesgos de desastres, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual.

Dicha Política posee enfoques transversales, tales como: a) enfoque de derechos, cuyo propósito es disminuir las desigualdades que se encuentran en el centro de los problemas en materia de desarrollo social y permite orientar procesos de diseño, implementación, monitoreo y evaluación de políticas públicas; b) enfoque de desarrollo humano, Bajo una mirada multidimensional, las políticas y

estrategias económicas, sociales y culturales que se deben encaminar a través del acceso individual a nuevas oportunidades para el desarrollo de los potenciales humanos y para llevar una vida creativa y productiva de acuerdo con sus necesidades e intereses; c) enfoque de reducción del riesgo de desastres, orientado a una gestión prospectiva del riesgo, focalizada en la prevención de nuevos escenarios de riesgo, la reducción del riesgo existente y el fortalecimiento de la resiliencia a nivel social, económico, sanitario y ambiental, entre otros aspectos fundamentales para el desarrollo sostenible; d) enfoque de transparencia, acceso a la información pública y rendición de cuentas, orientado a facilitar el acceso de toda actividad pública e informar y explicar cómo se está manejando los recursos del erario fiscal y las decisiones adoptadas en ejercicio de sus funciones por parte de funcionarios, servidores públicos y particulares; e) enfoque de participación, el cual asume al ciudadano como sujeto de derechos, pero también de deberes, asumiendo un compromiso con su propio entorno; f) enfoque de inclusión, valoración y respeto a la diversidad, expresada a través de la igualdad de derechos individuales y colectivos, y de acceder a oportunidades que garanticen el adecuado desarrollo humano y; g) enfoque de género, tener en consideración y prestar atención a las diferencias entre mujeres y hombres en cualquier actividad o ámbito dados en una política.

La política contempla seis principios rectores, cuyo rol es de inspirar, integrar e interpretar diversas iniciativas que se desprendan de los instrumentos, estos son: prevención, sostenibilidad, corresponsabilidad, equidad, seguridad y coordinación.

En cuanto a sus alcances, se definen dos. El primero es territorialidad, que tiene como objetivo implementar de manera coordinada dicho plan de forma coordinada en todos los niveles de la división política-administrativa del país, pudiendo escalar su alcance incluso a niveles internacionales ante determinadas situaciones. El segundo es la temporalidad, considerando que el desarrollo e implementación de la política será gradual y de larga permanencia, considerándose una política con visión de Estado.

La arquitectura de la Política Nacional para la RRD establece 5 ejes prioritarios y 25 objetivos estratégicos, correspondientes a un nivel de aplicabilidad para acciones estratégicas con indicadores, metas y plazos. Estos ejes tienen como objeto Comprender el Riesgo de Desastres (1), Fortalecer la Gobernanza de la GRD (2), Planificar e Invertir en la RRD para la resiliencia (3), Proporcionar una

respuesta eficiente y eficaz (4) y, Fomentar una recuperación sostenible (5). Lo anterior, para lograr:

> […]establecer las directrices para fortalecer la GRD, impulsadas y coordinadas desde el Estado de Chile, que consideren todo el ciclo de gestión del riesgo, fomentando una articulación sinérgica entre los diversos actores de la sociedad, en pos del desarrollo sostenible y el carácter resiliente de territorios y comunidades (ONEMI y Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2020).

En definitiva, la Política orienta las acciones y decisiones políticas desde una perspectiva integral de GRD, para lograr una mejora permanente de su administración que contribuya al desarrollo sostenible. Además, en la misma ley de creación del Sistema y del Servicio, establece órganos de la Administración del Estado que deberán elaborar Planes Sectoriales para la GRD, que se abordarán más adelante. Por otra parte, deberá ser actualizada o ratificada cada 5 años y deberá realizarse una evaluación externa de su cumplimiento al menos cada 5 años y publicar su informe en la web institucional.

10.5.1.2. Planes Sectoriales y Mapas de Amenaza y Riesgo

El artículo 34 de la ley 21.364 se refiere a los planes sectoriales para la gestión del riesgo de desastres, que permitirá el cumplimiento de los objetivos establecidos para cada sector en el Plan Estratégico Nacional, así como definir el desarrollo de sus capacidades para la respuesta de las emergencias y aplicabilidad a los Planes de Emergencia a nivel multiescalar, cuyos órganos que elaboran estos planes serán los que se individualizan en la PNRRD, establecidos en el artículo 24 de este marco normativo.

Dichos planes sectoriales deberán establecer metas y objetivos específicos para la GRRD, e identificar acciones concretas que sean conducentes al logro de ellos, todo realizado por el órgano que lo elabore y su plazo no podrá superar los cincos años.

El artículo 35 y artículo 36 de la misma ley se refiere a los Mapas de Amenaza y Mapas de Riesgo. El primero, es considerado como un instrumento que identifica las áreas expuestas directa o indirectamente de una amenaza, cuya representación gráfica es una zonificación simple con variaciones de escala según la amenaza. La elaboración, validación y actualización de los mapas estará a cargo de los organismos técnicos correspondientes según competencias definidas por la misma ley. Dicho instrumento será utilizado para la elaboración de los

instrumentos de planificación territorial, además de la Planificación del Borde Costero, el Ordenamiento Territorial y el Manejo Integrado de Cuencas.

El segundo, es un instrumento de diagnóstico de los escenarios de riesgos. La responsabilidad de la elaboración es el Servicio en coordinación con el gobierno regional, Seremi del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Ordenamiento Territorial relacionados. Este tipo de mapas establece la relación de vulnerabilidad, elementos y sistemas expuestos a amenazas, sobre una proporción del territorio en un momento dado, con el objetivo de apoyar la GRD. Ambos instrumentos deberán ser incorporados a los planes de GRD a nivel regional, provincial y comunal y serán regulados por reglamento.

10.5.1.3. Planes para la GRD: Plan Estratégico Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y Plan Nacional de Emergencia

La Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD) Plan Estratégico Nacional 2020-202, se constituye como un esfuerzo mancomunado desde la institucionalidad del país y organismos de la sociedad civil enmarcado en las directrices del Marco de Sendai para la definir objetivos, acciones, metas, plazos y actores involucrados para la Reducción del Riesgo de Desastres (RDD) para la sostenibilidad al que Chile desea proyectarse.

Dicho plan, es el instrumento rector del país en esta materia donde establece enfoques transversales, principios rectores, alcances, ejes prioritarios, objetivos estratégicos, acciones estratégicas y mecanismos de seguimiento y evaluación.

El Plan Nacional de Emergencia fue aprobado por el Decreto Exento 1434 del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, con fecha 29 de junio de 2017. Es un instrumento de carácter indicativo y general, que forma parte del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, conformado por este plan y el PENGRD; siendo dichos planes un instrumento integral para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Este plan, en particular, establece la coordinación general del Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC) frente a las diferentes categorías de emergencias, desastres y catástrofes circunscritas en algún territorio específico o a nivel nacional, comprometiendo acciones de respuestas en las fases operativas de alertamiento, respuesta y rehabilitación; basadas en el marco legal actual y las competencias técnicas de los organismos e instituciones del SNPC.

Su objetivo general es de:

> Establecer las acciones de respuesta en las distintas fases operativas, ante situaciones de emergencia, desastre o catástrofe, con el objetivo de brindar protección a las personas, sus bienes y medio ambiente, en el territorio nacional, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil (pág. 5 del Decreto Exento).

Para ello, se establecen 6 objetivos específicos, además de tres criterios esenciales para su aplicabilidad: cobertura (a todo el territorio nacional), amplitud (abarca a todos los organismos del Sistema Nacional de Protección Civil) y alcance (desde una perspectiva multiamenaza). Posee relación con los Planes de Emergencia, Planes Específicos de Emergencia por Variable de Riesgo, Planes de Contingencia, Planes de Emergencia Sectorial; además de integrarse al Ciclo de Manejo del Riesgo en las fases de Prevención, Respuesta y Recuperación.

Dicho plan es muy específico, porque detalla desde el levantamiento de las capacidades del SNPC y la cooperación internacional; la activación del plan y los sistemas de alerta; la comunicación e información que debe entregarse a la población; la coordinación del SNPC; los sistemas de evaluación (daños, necesidades y otros); y readecuación del plan (implementación, revisión periódica y actualización).

10.5.1.4. Plan Regional de Emergencia

En el artículo 30 de la ley, se establece el Plan Regional de Emergencia, definiéndose como instrumento de gestión que contempla la coordinación y funcionamiento del Sistema para desarrollar las capacidades disponibles a nivel regional en la fase de Respuesta. Dicho plan será elaborado por el Servicio, mediante el Director Regional, y sometido a aprobación al Comité Regional, para ser sancionado mediante resolución posteriormente por el delegado presidencial.

En su elaboración, se consultará a las entidades públicas, además de solicitar opinión a las entidades privadas que se estime conveniente, y recibirán aportes de la comunidad organizada. Dicho plan de Emergencia será revisado por el servicio al menos cada dos años, y en caso de modificación de los planes superiores (Estratégico y Nacional de Emergencia).

10.5.1.5. Planes Comunales de Emergencia

En el artículo 32, se establecen los Planes Comunales de Emergencia, siendo el instrumento de gestión que contempla la coordinación y funcionamiento del

Sistema para desarrollar las capacidades disponibles a nivel comunal durante la fase de Respuesta. El plan será elaborado por la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres de la comuna, o por quien haya sido encomendado en dicha función, previo informe técnico del SENAPRED. Recibido el citado informe técnico, el alcalde requerirá el acuerdo del Comité Comunal para aprobar el Plan Comunal de Emergencia mediante decreto alcaldicio.

Para el financiamiento de la elaboración del Plan Comunal de Emergencia, las municipalidades podrán participar del programa de Gestión del Riesgo de Desastres a que hace referencia el artículo 41 de la citada ley.

10.5.1.6. Sistema de Alerta Temprana, Sistema de Información y otros

En lo relativo a sistemas, en el artículo 38 de la ley, se establece el Sistema de Alerta Temprana, cuyo propósito es validar las acciones del actual SAT y su integración con los organismos técnicos, orientado a difundir información de alerta en forma oportuna y significativa acorde a las amenazas. Dicho sistema, estará compuesto por las Unidades de Alerta Temprana, que será a nivel nacional y, al menos una a nivel regional, y los organismos técnicos para el monitoreo de las amenazas, quienes tienen las competencias técnicas para dar monitoreo a las diversas amenazas, tales como: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, el Servicio Nacional de Geología y Minería, la Corporación Nacional Forestal o su sucesor legal, el Centro Sismológico Nacional, la Dirección General de Aguas, la Dirección de Obras Hidráulicas, Bomberos de Chile, la Comisión Chilena de Energía Nuclear y los demás que señale el reglamento.

En el mismo artículo letra c, se establece el Sistema Nacional de Comunicaciones, cuyo objetivo es ser un sistema integrado que permita el flujo de comunicaciones de forma permanente, redundante y oportuna para la población.

La letra d, se refiere al Perímetro de Seguridad, donde el Presidente del Comité Regional mediante resolución, podrá establecer un Perímetro de Seguridad, indicando la evacuación de la población y su restricción de ingreso a un lugar por la evidente amenaza a la vida o integridad física de las personas.

El artículo 39 del marco normativo, establece el Sistema de Información, orientado en que todas las fases del ciclo del riesgo, se integren los contenidos obtenidos de las entidades nacionales, regionales, provinciales y comunales. Dicho sistema será dirigido, coordinado y ejecutado por el Servicio Nacional de

Prevención y Respuesta ante Desastres y será sometido a la evaluación del Comité Nacional. En cuanto a las funciones básicas del Sistema de Información:

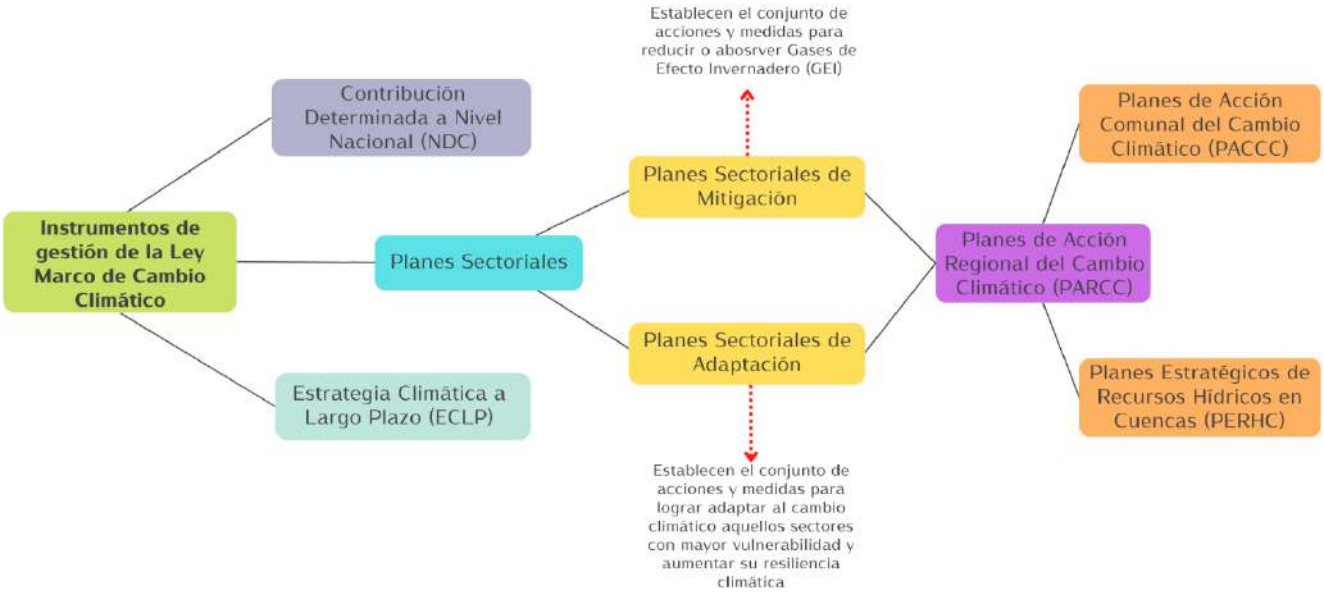
- Dar acceso gratuito a la población relacionada con la GRD, salvo dicha información que esté sujeta a reserva por ley;
- Adaptar, adoptar y promover estándares, protocolos, soluciones tecnológicas y procesos para el manejo de la información relacionado a la GRD en sus distintos niveles;
- Contribuir a la generación de elementos de información e interacción para el seguimiento de amenazas, vulnerabilidades y riesgos del país;
- Dar respuesta a la información sobre las estadísticas de afectación y capacidades, acciones y recursos utilizados;
- Privilegiar el trabajo conjunto e intersectorial para producir, compartir y usar la información.

Cabe destacar que también se tendrán en consideración otros tipo de instrumentos de gestión, donde el SENAPRED puede proponer al Comité cualquier otro instrumento de gestión para ser incorporado y ejecutado en la GRD, en cualquier nivel y conforme al avance de la ciencia y tecnología. Dichos instrumentos al ser aprobados serán de carácter obligatorio y vinculantes.

10.5.2. Los instrumentos para la gestión del cambio climático

En Chile, existe una variedad de instrumentos que buscan enfrentar los efectos del cambio climático. En esta sección, se detallan aquellos incluidos en el “párrafo II” de la Ley Marco de Cambio Climático para el nivel nacional, regional y local (**Ver Figura 10.14**).

Figura 10.14. Instrumentos de gestión de la Ley Marco de Cambio Climático.



Fuente: Elaboración propia en base a los Instrumentos de gestión de la Ley N°21.455.

10.5.2.1. Instrumentos de gestión a nivel nacional

10.5.2.1.1. Estrategia Climática a Largo Plazo

La Estrategia Climática a Largo Plazo (ECLP), corresponde a un instrumento reconocido en el Acuerdo de París, y en el que se detallan los lineamientos generales de largo plazo que debe seguir Chile de forma transversal e integrada, considerando un horizonte a 30 años.

El 21 de octubre del año 2021, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad se pronunció favorablemente respecto a este instrumento, siendo presentada en la COP26 a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). La ECLP, contiene ocho secciones (Ministerio del Medio Ambiente, 2021):

1) Antecedentes, que considera al Acuerdo de París y la experiencia acumulada de Estrategias de Largo Plazo en él, el proyecto de LMCC, la NDC de Chile y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una subsección referida a la vulnerabilidad del país frente al cambio climático, un apartado que expresa el papel de la sociedad civil y la encrucijada en que se encuentra la humanidad en la actualidad, y un detalle del proceso de participación que consideró la elaboración de este instrumento.

2) Visión de largo plazo de Chile: transición al desarrollo sustentable e inclusivo a más tardar el 2050, sección que señala el papel orientador que posee la ECLP respecto a la política climática chilena, resalta el compromiso del país de ser carbono neutral y resiliente al año 2050, los cinco fundamentos (gobernanza climática, pilar social, costo efectividad, soluciones basadas en la naturaleza, y base en la ciencia) que se consideraron en la construcción de este instrumento.

3) Mitigación: camino a la carbono neutralidad a más tardar al 2050, que se refiere al contexto de los presupuestos de emisiones o meta de emisiones acumuladas, a la asignación de presupuestos de emisiones y esfuerzos de mitigación a nivel sectorial, a la implementación de la asignación de presupuestos sectoriales, los desafíos territoriales de la implementación del esquema de presupuestos de emisiones sectoriales, el componente carbono negro y las medidas asociadas para la reducción de sus emisiones.

4) Adaptación: camino a la resiliencia climática, sección que detalla el marco conceptual de vulnerabilidad y adaptación, los lineamientos de la adaptación a nivel nacional, sectorial, regional y comunal, e indicadores para el monitoreo, reporte, verificación y evaluación.

5) Contribuciones sectoriales y componentes de integración, que presentan las diferentes visiones, objetivos climáticos de largo plazo y metas establecidos por los sectores de Energía, Minería, Silvoagropecuario, Pesca y Acuicultura, Residuos y Economía Circular, Edificación y Ciudades, Infraestructura, Transportes, Salud, Turismo, Borde costero, Biodiversidad, Recursos hídricos y Océanos.

6) Gestión del cambio climático a nivel regional y local: cuestión territorial e intersectorial, que ahonda en la coordinación nacional regional y local de los instrumentos de gestión del cambio climático, fortalecimiento de capacidades para la gestión regional y comunal del cambio climático, articulación de mecanismos de financiamiento para acción climática regional y local, e incluye metas para implementar la gestión del cambio climático a nivel regional y local.

7) Costo efectividad (económica, ambiental y social) para la carbono neutralidad y resiliencia a más tardar al 2050, que incluye los costos indirectos de inacción en CC para Chile al 2050, aborda también, y los co-beneficios de alcanzar la carbono neutralidad al 2050.

8) Medios de implementación y seguimiento de la ECLP, que aborda acciones, medida y/o procesos del ámbito institucional o normativo, para el desarrollo y transferencia de tecnología, Desarrollo de Capacidades y Empoderamiento Climático, detalla los lineamientos financieros de la estrategia, así como lineamientos e instrumentos complementarios para fomentar la gestión del CC. Por último, específica el monitoreo, reporte y verificación de la ECLP.

Finalmente, la LMCC, define que el año 2030 deberá ser actualizada la ECLP.

10.5.2.1.2. Contribución Determinada a Nivel Nacional

La Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDCs), es el instrumento que contiene los compromisos del país ante la comunidad internacional para mitigar las emisiones de GEI e implementar medidas de adaptación, de conformidad con lo dispuesto por el Acuerdo de París y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

A la fecha, el país ha presentado a la Secretaría de la CMNUCC dos NDCs. La primera de ellas, el año 2015 y la más reciente el año 2020.

La NDC del año 2015, se divide en seis secciones, la primera de ellas se refiere al contexto nacional, acentuando las vulnerabilidades de Chile respecto al CC. Las siguiente cinco secciones, abordan las contribuciones en materia de mitigación, adaptación, construcción y fortalecimiento de capacidades, desarrollo y transferencia de tecnologías, y financiamiento. De estas cinco últimas, la más detallada es la referida a la mitigación, misma que incluye dos compromisos: a) una meta de intensidad de carbono, expresada en emisiones de GEI por unidad de PIB, que incluye a todos los sectores cuantificados en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (1990- 2010), excepto el sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS); y b) una meta expresada en toneladas de CO_2 equivalente del sector UTCUTS. En cuanto al resto de secciones, sus compromisos se orientan a la "creación o desarrollo de políticas climáticas a nivel nacional" (Moraga y Araya, 2015).

En lo que respecta a la NDC del año 2020, contiene ocho secciones, un prólogo, un detalle de las circunstancias nacionales, un apartado referido al pilar social de transición justa y desarrollo sostenible para la actualización e implementación de la NDC de Chile, compromisos en el área de mitigación, adaptación, integración, y medios de implementación[76], finalizando con una sección que incluye información para facilitar la claridad, transparencia y entendimiento de la NDC. La NDC del 2020, significó un avance y una mayor ambición del país respecto a lo comprometido el año 2015, ya que diferencia de la primera, esta no define compromisos condicionales, modifica el formato de compromiso de mitigación

[76] Conjunto de compromisos necesarios, de forma complementaria, para la consecución de las metas y objetivos en materia de mitigación, adaptación e integración.

hacia una métrica de emisiones absolutas, incluye un compromiso en términos de emisiones de carbono negro, las metas del sector UTCUTS aumentan, los compromisos para el sector de adaptación incluyen áreas específicas como "agua y saneamiento" y "gestión del riesgo de desastres", incorpora compromisos de integración para los ámbitos de océanos y humedales costeros, turberas, bosques y economía circular (Pica-Téllez, *et al*., 2020).

10.5.2.1.3. Reporte de Acción Nacional de Cambio Climático

El Reporte de Acción Nacional de Cambio Climático (RANCC), es un instrumento que "contiene las políticas, planes, programas, normas, acciones y medidas, sea que estén contempladas en instrumentos de gestión del cambio climático o hayan sido propuestas por otros organismos públicos, con el objetivo de monitorear e informar su estado de avance en el corto plazo" (Ley Marco de Cambio Climático, 2022).

Este instrumento deberá agrupar la información en las siguientes materias o categorías: a) adaptación, b) mitigación, c) medios de implementación, d) Gestión del cambio climático a nivel regional y local.

Su formalización será a través de una resolución del Ministerio del Medio Ambiente, y será actualizado cada dos años, según la frecuencia de reportes de transparencia a la CMNUCC.

10.5.2.1.4. Planes Sectoriales de Mitigación

Los Planes Sectoriales de Mitigación del Cambio Climático, son instrumentos que establecen el conjunto de acciones y medidas para reducir o absorber GEI, de tal forma de no sobrepasar el presupuesto sectorial de emisiones asignado a cada autoridad sectorial en la ECLP.

Entre sus contenidos debe incluirse a lo menos un diagnóstico sectorial, que determine el potencial de reducción de emisiones de GEI y los alcances relativos al presupuesto sectorial de emisiones; una descripción detallada de las medidas de mitigación del nivel nacional al comunal, indicando plazos de implementación y responsables. Además, estos planes deben priorizar las medidas que sean más efectivas para la mitigación, pero que a la vez posean el mejor costo social, económico y ambiental posible. Por último, deben incluir indicadores de monitoreo, reporte y verificación.

Las autoridades sectoriales que deben elaborar estos instrumentos corresponden a los Ministerios de Energía, de Transporte y Telecomunicaciones, de Minería, de Salud, de Agricultura, de Obras Públicas y de Vivienda y Urbanismo.

De forma previa a la entrada en vigencia de la LMCC, Chile ya ha elaborado diversos instrumentos de esta índole, entre los que se encuentra el "Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático" (2017) y el "Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía" (2017).

En noviembre del año 2017, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad aprobó el Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022, instrumento que fue elaborado por el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio del Medio Ambiente. Este incluye tres ejes (adaptación al CC, mitigación al CC y gestión del conocimiento), los que se desglosan en nueve líneas de acción y 23 medidas.

Posteriormente, en diciembre del año 2017, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, aprobó el Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía, el cuál fue elaborado por el Ministerio de Energía. Incluye un total de 68 medidas, de las cuales, 12 pertenecen al sector de generación de electricidad, 19 al sector transporte, 16 al sector industria y minería, 21 al sector comercial, público y residencial. Adicionalmente, define plazos, responsables y el presupuesto para cada una de las medidas.

10.5.2.1.5. Planes Sectoriales de Adaptación

Los Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático, son instrumentos que establecen el conjunto de acciones y medidas para lograr adaptar al cambio climático aquellos sectores con mayor vulnerabilidad y aumentar su resiliencia climática, de conformidad con los objetivos y las metas de adaptación definidas en la ECLP.

Desde el año 2013, Chile ha comenzado a elaborar Planes Sectoriales de Adaptación al CC. A la fecha existen ocho planes sectoriales en implementación y uno en fase de diseño (**Ver Cuadro 10.21**). Adicionalmente, la LMCC propone planes para la minería, borde costero y transportes.

Respecto al porcentaje acumulado de implementación de estos instrumentos, se destaca el "Plan de adaptación del sector silvoagropecuario", cuya implementación alcanza un 84%. En segundo lugar, se encuentra el "Plan de adaptación del sector de Pesca y acuicultura", con un 67% y en un tercer lugar el "Plan de adaptación al cambio climático en Biodiversidad" con un 60% (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

Cuadro 10.21. Estado y responsables de los diferentes Planes Sectoriales de Adaptación al CC.

Sector	Responsable	Estado	Porcentaje de implementación[77]
Biodiversidad	Ministerio del Medio Ambiente	Presentado el año 2014. En implementación.	60%
Recursos hídricos	Ministerio de Obras Públicas	En fase de diseño.	No aplica
Infraestructura	Ministerio de Obras Públicas	Presentado el año 2017. En implementación.	No reporta
Salud	Ministerio de Salud	Presentado el año 2017. En implementación.	16%
Minería	Ministerio de Minería	Sin elaborar.	No aplica
Energía	Ministerio de Energía	Presentado el año 2018. En implementación.	No reporta
Silvoagropecuario	Ministerio de Agricultura	Presentado el año 2013. En implementación.	84%
Pesca y acuicultura	Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	Presentado el año 2015. En implementación.	67%
Ciudades	Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Presentado el año 2018. En implementación.	No reporta
Turismo	Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	Presentado el año 2019. En implementación.	No reporta
Zona Costera	Ministerio de Defensa Nacional	Sin elaborar.	No aplica
Transportes	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	Sin elaborar.	No aplica

Fuente: Elaboración propia en base al Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

La oficialización de los contenidos de estos instrumentos se produce con la publicación de la LMCC, la cual señala que incluir a lo menos:, una caracterización del sector y su vulnerabilidad; una evaluación de efectos adversos del CC y riesgos actuales y proyectados para el sector; descripción detallada de las medidas de adaptación, con indicación de plazos de implementación y asignación de responsabilidades; descripción detallada de las medidas relativas a los medios de implementación; descripción detallada de las medidas tendientes a reducir y gestionar el riesgo creado por el CC al sector que regula el plan, y aplicando un enfoque territorial, si es que así corresponde; indicadores de monitoreo, reporte y verificación de cumplimiento de las medidas; e identificación de barreras institucionales, normativas y económicas para el cumplimiento de las medidas.

[77] Datos extraídos del Cuarto Reporte del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, publicado en diciembre de 2019.

10.5.2.2. Instrumentos de gestión a nivel nacional

10.5.2.2.1 Planes de Acción Regional del CC

Los Planes de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC), son instrumentos que tienen por finalidad "definir los objetivos e instrumentos de la gestión del cambio climático a nivel regional y comunal, los que deberán ajustarse y ser coherentes con las directrices de la Estrategia Climática de Largo Plazo, los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación, los planes comunales de mitigación y adaptación, así como los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos de Cuencas, cuando existan" (Ley Marco de Cambio Climático, 2022).

Según la LMCC, entre los contenidos de estos instrumentos se encuentra: a) contexto del cambio climático, sus proyecciones y sus potenciales impactos en la región, b) caracterización de la vulnerabilidad del cambio climático en la región, c) inventario de emisiones de GEI y forzantes climático de vida corta que permita enfocar las medidas de mitigación, d) medidas de mitigación y adaptación propuestas en los planes sectoriales respectivos, e) medidas relativas a los medios de implementación, incluyendo la identificación de fuentes de financiamiento a nivel regional, f) identificación y priorización de medidas de mitigación y adaptación para la región, g) indicación de plazos de implementación y asignación de responsabilidades para el cumplimiento de las medidas, h) indicadores de monitoreo, reporte y verificación de cumplimiento de las medidas del plan.

A la fecha hay cuatro regiones del país, que ya han comenzado a elaborar su respectivo PARCC, las que corresponden a la región de Atacama, O'Higgins, Los Lagos y Los Ríos. En su conjunto, estos cuatro PARCC suman un total de 72 medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, mismas que fueron definidas a partir de la información y estudios disponibles sobre los impactos del cambio climático en cada región, las fuentes de emisiones y sumideros de carbono, y las vulnerabilidades y riesgos identificados (Molina, 2022). Adicionalmente, son medidas que se pueden agrupar en sectores específicos, tales como turismo, biodiversidad, pesca y acuicultura, silvoagropecuario y ciudades (Molina, 2022).

En lo que respecta al PARCC de la región de Atacama, este define un total de 21 medidas de adaptación al cambio climático (CORECC Atacama, 2022). De estas, cuatro corresponden a medidas transversales: a) Ordenamiento Territorial para una mejor gestión del recurso hídrico, los riesgos y medidas de adaptación

regional, b) Gestión Estratégica de cuencas, c) Educación ambiental para afrontar el cambio climático, y d) Sistema de financiamiento regional para medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. Las 17 medidas restantes, se agrupan en seis sectores: silvoagropecuario (3 medidas), pesca y acuicultura (2 medidas), turismo (dos medidas, minería (2 medidas), biodiversidad (3 medidas), asentamientos humanos (5 medidas). Al mismo tiempo, define un conjunto de 10 medidas de mitigación, 3 de ellas para el ámbito energía-minería, 3 para el ámbito energía-otros y 2 para el ámbito gestión de residuos. De este plan, es posible criticar la ausencia de una sección destinada a estimar los costos económicos de su implementación.

En el caso del PARCC de la región de O'Higgins, define un total de 28 medidas de adaptación y mitigación al CC (CORECC O'Higgins, 2022). De ellas, cuatro corresponden a medidas transversales: a) Gestión eficiente del recurso hídrico, b) Integración de cambio climático y gestión hídrica en el ordenamiento territorial, c) Formación de capital humano en temáticas de cambio climático, d) Protección y conservación del ecosistema suelo. Las 24 medidas restantes, se agrupan en el sector silvoagropecuario y pesca (3 medidas de adaptación y 2 de mitigación), sector minería (2 medidas de adaptación y 2 de mitigación), sector turismo (3 medidas de adaptación), sector biodiversidad (3 medidas de adaptación), asentamientos humanos y energía (4 medidas de adaptación y 5 de mitigación). Al igual que el PARCC, se puede objetar la ausencia de un apartado que presente una estimación de los costos económicos requeridos para la implementación del plan.

En tercer lugar, el PARCC de la región de los Ríos, contiene 10 líneas de acción, que se desglosan en 14 medidas de mitigación y adaptación al cambio climático (CORECC Los Ríos, 2022): L1) Mitigación a través de acciones orientadas al aumento de la capacidad de secuestro de GEI de la región y disminución de suelos degradados (3 medidas de mitigación), L2) Mitigación de GEI en los procesos productivos de la Región (1 medida de mitigación), L3) Reducción de emisiones de GEI a través de acciones de eficiencia energética y adaptación mediante el uso de otras fuentes energéticas (1 medida de mitigación), L4) Educación y Fortalecimiento de Capacidades (1 medida de mitigación y adaptación de forma conjunta), L5) Compromisos multisectoriales para el desarrollo sostenible y para la actualización del marco regulatorio y la gobernanza local en materia de Cambio Climático (1 medida de mitigación y adaptación), L6) Institucionalidad y Gobernanza, fortalecimiento de la organización y coordinación intersectorial y a nivel de servicios públicos (1 medida de mitigación y adaptación), L7) Adaptación

ante los cambios del clima a través del fomento del uso sostenible del agua en el sector agropecuario (1 medida de adaptación), L8) Adaptación ante los cambios del clima a través del consumo regional sustentable en centros poblados (1 medida de adaptación y mitigación de forma conjunta, y 1 medida exclusivamente de adaptación), L9) Incorporación del cambio climático en los instrumentos de ordenamiento territorial (2 medidas de adaptación), L10) Resiliencia Territorial para enfrentar el cambio climático a través de la conservación de la biodiversidad y del paisaje (1 medida de adaptación y mitigación). Como crítica a este plan, pese a que incorpora una sección de evaluación y financiamiento del PARCC, no se detallan un monto estimado de lo requerido para implementar las medidas del plan.

En cuarto lugar, el PARCC de la región de Los Lagos, detalla un total de 6 líneas de acción, las que se desglosan en 19 medidas (CORECC Los Lagos, 2021): L1) Reducción de emisiones de GEI a través de acciones de eficiencia energética y diversificación de fuentes energéticas (3 medidas de mitigación, L2) Conservación de la biodiversidad y aumento de la capacidad de secuestro de GEI de la región (2 medidas de mitigación y 3 de adaptación), L3) Uso sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables como ejes de desarrollo regional bajo escenarios de cambio climático (4 medidas de mitigación y adaptación de forma conjunta), L4) Incorporación del cambio climático en los instrumentos de ordenamiento territorial (1 medida de mitigación y adaptación de manera conjunta), L5) Educación y fortalecimiento de capacidades (2 medidas de adaptación), L6) Institucionalidad y gobernanza, fortalecimiento de la organización y coordinación intersectorial y a nivel de servicios públicos (4 medidas de adaptación). A diferencia de los 2 PARCC anteriores, este sí incluye una estimación de los costos para la implementación de las medidas, el que equivale a M$ 593.146.549.

Por otra parte, para aquellas regiones que aún no poseen un PARCC, la LMCC señala que deberán elaborar este instrumento en un plazo de tres años desde la publicación de la ECLP, por lo que para el año 2024 cada región del país ya debiera contar con una herramienta de esta índole. Adicionalmente, la ley detalla que deberán actualizarse el año 2025 aquellos PARCC que se encontraban en elaboración antes de su publicación, es decir en tres años más deberán actualizarse los planes de la región de Atacama, O'Higgins, Los Ríos y Los Lagos.

10.5.2.3. Instrumentos de gestión a nivel local

10.5.2.3.1. Planes de Acción Comunal del CC

Los Planes de Acción Comunal del Cambio Climático, son un instrumento de gestión del CC a nivel local, que debe ser elaborado por las municipalidades, y los que deben ser consistentes con las directrices generales establecidas en la ECLP y en los PARCC.

Entre los contenidos de estos instrumentos se encuentran, a lo menos: a) caracterización de la vulnerabilidad al cambio climático y potenciales impactos en la comuna, b) medidas de mitigación, adaptación a nivel comunal y relativas a los medios de implementación, incluyendo la identificación de sus fuentes de financiamiento a nivel comunal, c) descripción de las medidas, indicando plazos de implementación y asignando responsabilidades, d) indicadores de monitoreo, reporte y verificación de cumplimiento de las medidas del plan, conforme a la ECLP.

Es necesario resaltar que la LMCC, no define un plazo explícito para la elaboración de estos instrumentos, no obstante, señala que en caso de que los respectivos alcaldes, incumplen con lo referido a ellos en un plazo de tres años de la publicación de la LMCC, se les sancionará con multa correspondiente a una remuneración mensual del respectivo alcalde, por lo que, se subentiende que hay un plazo de tres años desde la publicación de la LMCC para su elaboración.

10.5.2.3.2. Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas

Los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC), son instrumentos de gestión del cambio climático´a nivel local que tienen por objeto:

> “contribuir con la gestión hídrica, identificar las brechas hídricas de agua superficial y subterránea, establecer el balance hídrico y sus proyecciones, diagnosticar el estado de información sobre cantidad, calidad, infraestructura e instituciones que intervienen en el proceso de toma de decisiones respecto al recurso hídrico y proponer un conjunto de acciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático sobre el recurso hídrico, con el fin de resguardar la seguridad hídrica” (LMCC, 2022).

Estos planes deberán ser elaborados para cada una de las 101 cuencas hidrográficas del país, deben ser públicos, revisarse cada cinco años y actualizarse cada 10 años. La LMCC, no define el procedimiento para su elaboración, revisión y

actualización, no obstante, señala que un reglamento expedido por decreto supremo del MOP deberá efectuarlo.

Como contenidos, deben incluir, a lo menos: a) la caracterización de la cuenca, b) modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca y la modelación de la calidad del agua superficial y subterránea, c) balance hídrico, d) un plan de recuperación de acuíferos cuya sustentabilidad, en cuanto a cantidad y/o calidad, se encuentre afectada o haya riesgo de afectación, e) un plan para hacer frente a las necesidades presentes y futuras de recursos hídricos con preferencia en el consumo humano y la conservación y preservación de la naturaleza, f) medidas concretas para hacer frente a los efectos adversos derivados del cambio climático, g) los planes de manejo señalados en el artículo 42 de la Ley N° 19.300, si es que han dictado, h) un programa quinquenal, e i) Indicadores anuales de cumplimiento de la planificación y avance de cada plan, señalando al organismo del Estado responsable de su implementación.

Adicionalmente, los PARCC deberán considerar los PERCC, cuando corresponda. A la par, los PERCC deben ser considerados en la elaboración y actualización de los instrumentos de planificación territorial y los PROT que sean aplicables.

De forma previa a la publicación de la LMCC, la Dirección General de las Aguas-MOP comenzó a trabajar en el desarrollo de Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (DGA, 2020). El detalle de los planes por región y sus plazos tentativos de presentación para el periodo 2020-2022 se presentan en el **Apéndice 10.6** (DGA, 2021b). En el periodo 2019-2020, esta institución priorizó aquellas cuencas que contaban con más información y mayores problemas hídricos, entre ellas las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco en la región de Atacama; Elqui, Limarí, Choapa, y Quilimarí en Coquimbo; Ligua, Petorca y Aconcagua en Valparaíso, y Maule en la región de nombre homónimo.

La DGA se ha propuesto que, hacia fines del año 2022, los PEGH tengan una cobertura territorial equivalente al 71,2% de la superficie nacional (DGA, 2021b).

10.5.3. El riesgo de desastres en los Instrumentos de Planificación Territorial

El ordenamiento y la planificación territorial cumplen un rol primordial en la prevención y mitigación del riesgo de desastres, en los procesos de reconstrucción post-desastre y en la resiliencia urbana (Vicuña y Schuster, 2021).

En la presente sección, se analiza la inclusión del riesgo de desastres en las políticas e instrumentos de planificación y ordenamiento territorial, existentes en el país.

10.5.3.1. Política Nacional de Ordenamiento Territorial

El 05 de julio de 2021, se publicó en el Diario Oficial la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), la que tiene por objetivo general:

> proporcionar un marco que oriente estratégicamente el ordenamiento y la gestión del territorio, en base a sus potencialidades, singularidades, y relaciones funcionales, por cuanto en éste convergen los diversos intereses y acciones para la creación de oportunidades, contribuyendo al desarrollo sustentable, a una economía baja en emisiones, y al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Para propender al cumplimiento de su objetivo, la PNOT se estructura en **cinco ejes estratégicos (EE)**, definidos a partir de cinco sistemas territoriales: **a**) Sistema de Asentamientos Humanos, **b**) Sistema Económico-Productivo, **c**) Sistema Natural, **d**) Sistema de Infraestructura y logística, **e**) Sistema Socio-territorial integrado. A su vez, los cinco EE se desglosan en **ocho objetivos estratégicos (OE)**, mismos que se descomponen en un total de **32 directrices (D).**

Se destaca en el contexto de este informe, que la PNOT reconoce la existencia de dos grandes condiciones territoriales, transversales que inciden en los patrones de uso y ocupación del territorio: **1)** el riesgo de desastres, tanto aquellos de origen natural como los antrópicos; y **2)** los desafíos que plantea la adaptación al cambio climático.

De acuerdo con la PNOT, el riesgo se comprende como “la probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales, sociales y económicos, en un territorio expuesto a amenazas de origen natural o antrópicas, durante un tiempo determinado. El riesgo de desastres es consecuencia de la interacción entre los factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición”.

En el **Cuadro 10.22**, se observan los EE, OE y D relacionados explícitamente con el riesgo de desastres.

Cuadro 10.22. Eje, objetivo estratégico y directrices destacadas de la Política Nacional de Ordenamiento Territorial.

Eje estratégico (EE)	Objetivo estratégico (OE)	Directriz (D)
EE 1: Sistema de asentamientos humanos que propenda a una mejor calidad de vida de las personas, mediante un territorio seguro e inclusivo.	OE 1.2: Impulsar la ocupación y el desarrollo del territorio de un modo seguro y resiliente que contribuya a la reducción de riesgos de desastres, así como a la adaptación al cambio climático.	D 1.2.a Promover un enfoque preventivo y prospectivo orientado a la reducción del riesgo de desastres en la toma de decisiones en materia de inversión, de localización de asentamientos humanos actuales y futuros, de desarrollo de actividades y emplazamiento de infraestructuras, incorporando el uso de la información oficial que se genera, referida al riesgo de desastres en el territorio.
		D 1.2.b Fomentar un sistema de comunicaciones, conectividad operativa e infraestructura crítica y resiliente, que permita responder en tiempo y forma a las emergencias y mantener la continuidad operacional en las funcionalidades del territorio.
		D 1.2.c Considerar herramientas y mecanismos de gestión en el ordenamiento territorial, que reduzcan el riesgo de desastres, aumenten la resiliencia y contemplen la adaptación al cambio climático por parte de los asentamientos humanos y de la infraestructura estratégica.
		D 1.2.d Incorporar las funciones de los sistemas naturales como herramientas de mitigación ante amenazas y adaptación al cambio climático, con el objeto de reducir el riesgo de desastres que puedan afectar la vida y la salud de las personas, infraestructura, servicios, o al medio ambiente.

Fuente: Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2021.

Específicamente, la reducción del riesgo de desastres se incluye en el Objetivo 1.2[78] que busca "Impulsar la ocupación y el desarrollo del territorio de un modo seguro y resiliente (...)". Este objetivo, se fundamenta en que, en diversos territorios del país, existen zonas con un alto riesgo de desastres debido a condiciones de vulnerabilidad, como por elevados niveles de exposición a amenazas (por ejemplo: erupciones volcánicas, inundaciones, tsunami, incendios forestales), lo que sumado a los efectos del cambio climático, requieren el desarrollar capacidades de resiliencia y de adaptación (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2021).

De la PNOT se desprende que, para una ocupación resiliente y segura del territorio, es fundamental, considerar un enfoque de riesgo de desastres, que permita caracterizar las diferentes amenazas y condiciones de vulnerabilidad que existen en los territorios, información que debiera posteriormente incluirse en la elaboración e implementación de los instrumentos de ordenamiento,

[78] El Objetivo Estratégico 1.2 forma parte del Eje Estratégico 1 de la PNOT. Esto implica que el "riesgo de desastres" se incluye en el Eje Estratégico 1 de dicha política.

planificación y gestión territorial, considerando la incidencia que tienen estas herramientas en los usos del suelo.

10.5.3.2. Estrategia Regional de Desarrollo

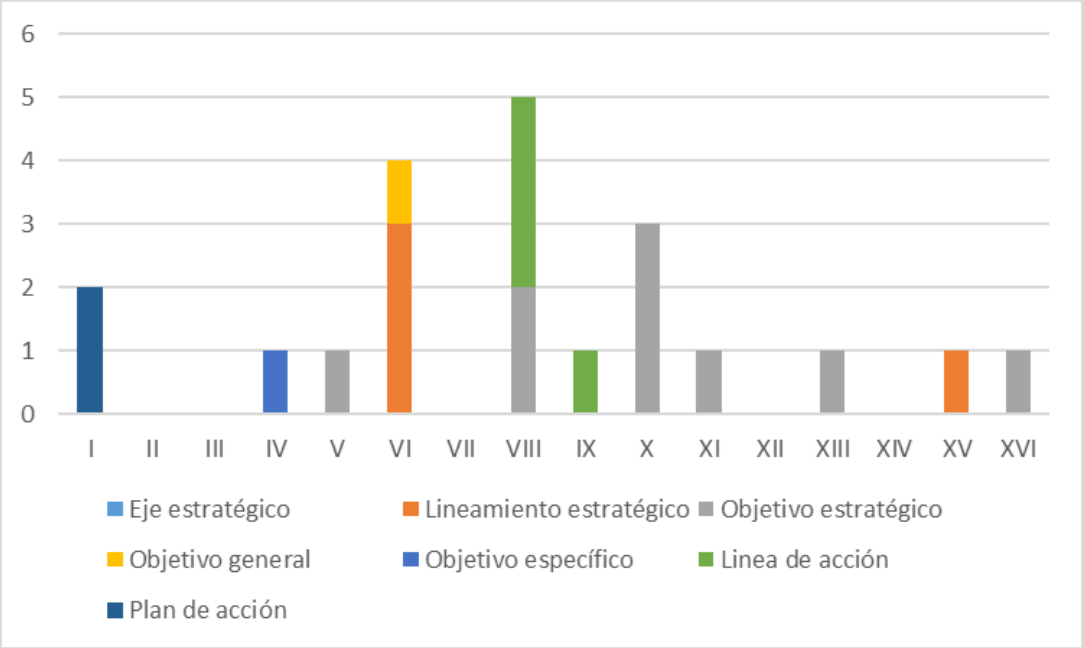
Una Estrategia Regional de Desarrollo (ERD), se puede definir como un "un proyecto social de largo plazo, amplio y plural, que expresa los grandes objetivos y prioridades regionales en lo relativo a las iniciativas públicas y privadas necesarias para alcanzar tales objetivos" (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 2014).

Desde la perspectiva de la gestión de riesgo, la consideración de las amenazas naturales, y la superación de condiciones que afectan la calidad de vida son elementos relevantes que deben estar presentes en las discusiones y decisiones relativas al desarrollo de las regiones del país, siendo tarea de los gobiernos regionales encargarse de ello (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2012).

Además, se debe considerar que el número de desastres socionaturales aumentará en el mediano y largo plazo producto del cambio climático, lo que potencialmente producirá relevantes impactos sociales, económicos y ambientales en las diferentes regiones del país. Es por esto que se postula, que el enfoque de la gestión de riesgos de desastres debe ser una de las dimensiones a tener presente en la formulación de las Estrategias Regionales de Desarrollo, de tal manera de construir procesos de desarrollo regional que sean inclusivos y sostenibles (PNUD, 2012).

De los 16 gobiernos regionales del país, hay 11 que incluyen elementos asociados al enfoque del riesgo de desastres (68,75%) en las ERD, mientras que los 5 restantes (31,25%) carecen de estos elementos en su ERD (Antofagasta, Atacama, Maule, Los Ríos y Magallanes) (**Ver Figura 10.15**).

Figura 10.15. Frecuencia de planteamientos relacionados al riesgo de desastres en las Estrategias Regionales de Desarrollo (ERD).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El enfoque del riesgo de desastres en las ERD, se asocia a **9** Objetivos Estratégicos (OE), **4** Lineamientos Estratégicos (LE), **4** Líneas de Acción (LA), **2** Planes de Acción (PA), **1** Objetivo General (OG) y **1** Objetivo específico (OE). El detalle de cada uno de estos elementos se presenta en el **Cuadro 10.23**.

Cuadro 10.23. Ejes, Lineamientos, objetivos estratégicos, generales y específicos, líneas y planes de acción de Estrategias Regionales de Desarrollo relacionados con el riesgo de desastres.

Región	**Planteamiento**	**Categoría**
Arica y Parinacota	SU3. Disminuir, manejar de manera eficiente y mitigar las amenazas producto de fenómenos naturales y acciones antrópicas, mediante el fortalecimiento en la planificación y **gestión de reducción de riesgos de desastres**.	Lineamiento estratégico
Tarapacá	Reforzar el sistema de respuesta a las emergencias y **prevención de desastres de origen natural o antrópico** a nivel regional como local (considerando mapas de riesgo y planificación de los procesos de recuperación). Diseñar e implementar un Plan de Preparación para la Recuperación **Post desastre** que considere los niveles Regional y Local	Plan de acción
Antofagasta	S/I	N/A
Atacama	S/I	N/A
Coquimbo	Incorporar de mejor manera la prevención de **riesgo por desastres** en la zonificación del borde costero y en los instrumentos de planificación territorial que corresponda.	Objetivo específico
Valparaíso	Proteger a la población frente a **riesgos** de origen natural y antrópico.	Objetivo estratégico
Metropolitana de Santiago	3.5. Promover un uso responsable y seguro del territorio, en relación con **riesgos potenciales** por amenazas naturales y antrópicas en la región	Objetivo estratégico
O'Higgins	Incrementar el conocimiento de los factores de **riesgos existentes** en la Región desarrollando una Línea Base Regional que aborde: terremotos, riesgo volcanico,	Objetivo general

	incendios forestales, maremotos e inundación de origen fluvial; y que permita incorporar los resultados a los instrumentos de planificación y de gestión territorial regional	
	Identificar las áreas de la región que presentan **vulnerabilidad** ante **amenazas naturales** correspondientes a: terremotos, riesgo volcánico, incendios forestales, maremotos e inundación de origen fluvial, estableciendo estas en el territorio de cada UDE.	Objetivo estratégico
	Diseñar y/o implementar medidas de solución para disminuir la vulnerabilidad de la población y de las actividades productivas asociadas, ante **amenazas** de terremotos, erupciones volcánicas, incendios forestales, maremotos e inundación de origen fluvial.	Objetivo estratégico
	Fomentar iniciativas y/o inversiones que permitan resolver problemas de vulnerabilidad en la región, producto de terremotos, erupciones volcánicas, incendios forestales, maremotos e inundación de origen fluvial.	Objetivo estratégico
Maule	-	-
Ñuble	1.1.5. Fortalecer la prevención, capacidad de reacción y planes de mitigación frente a **riesgos y desastres naturales**.	Objetivo estratégico
Bio Bio	4.2. Incrementar sustancialmente la calidad de vida en las ciudades de la región, fortaleciendo la infraestructura, la movilidad, la **gestión de riesgos de desastres**, la calidad ambiental y la seguridad ciudadana.	Objetivo estratégico
	6.2. Formular e implementar políticas y mecanismos de **gestión de riesgos** de desastres en la región, a efecto de proteger la vida y bienes de sus habitantes, procurar la continuidad de sus procesos socioeconómicos, incorporando activamente a la ciudadanía.	Objetivo estratégico
	d) Fortalecer la planificación y **gestión de riesgos** de desastres en las ciudades de la región, para proteger la vida de las personas y mitigar los eventuales impactos que puedan afectar la competitividad	Línea de acción
	a) Promover la participación ciudadana en la educación y preparación masiva para identificar amenazas, planificar respuestas y reaccionar frente a **desastres naturales** y antrópicos, disminuyendo vulnerabilidades.	Línea de acción
	d) Fortalecer el capital humano especializado en riesgos y desastres, promoviendo la instalación de competencias en los niveles locales y el desarrollo de una plataforma integral de información de recursos y capacidades.	Línea de acción
Araucanía	f) Establecer programas de inversión pública integrales, que permitan mitigar y manejar los **riesgos** generados por los **desastres naturales**, ofreciendo seguridad, calidad de vida, conectividad y sustentabilidad al desarrollo de la región y sus habitantes.	Línea de acción
Los Rios	S/I	N/A
Los Lagos	Implementar programas de educación para la reducción del riesgo de desastres, según lo establecido en la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres.	Objetivo estratégico
	Fortalecer el enfoque de la Reducción de Riesgos de Desastres en instrumentos de planificación y ordenamiento territorial en sus diversas escalas (este objetivo viene de la Política Nacional para la RRD).	Objetivo estratégico
	Implementar las acciones comprometidas en el Plan Regional para la reducción de riesgo de desastres 2019-2022.	Objetivo estratégico
Aysén	Ordenamiento territorial: El ordenamiento territorial que se propone, requiere de la incorporación de la macro infraestructura y de la consideración de la variable **riesgo natura**l (...)	Objetivo estratégico
Magallanes	S/I	N/A

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se destaca que esta temática no se incorpora a nivel de eje estratégico en ninguna de las regiones del país, lo que indica podría estar indicando que el riesgo de desastres aún no se encuentra entre los principales ámbitos a trabajar por los gobiernos regionales para un corto, mediano y largo plazo.

En resumidas cuentas, una ERD permite visibilizar y anclar iniciativas que posteriormente pueden ser ejecutadas a través de recursos provenientes del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), por ende, es fundamental que los gobiernos regionales promuevan la inclusión del riesgo de desastres en los diferentes elementos estratégicos de estos instrumentos (ejes, lineamientos, estratégicos) (Vicuña y Schuster, 2021).

10.5.3.3. Plan Regional de Ordenamiento Territorial

El Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) se define como "un instrumento que orienta la utilización del territorio de la región para lograr su desarrollo sustentable a través de lineamientos estratégicos y una macro zonificación de dicho territorio" (Decreto con Fuerza de Ley N° 1.-19.175, 2005). También, es posible comprender un PROT como un método que habilita la espacialización de los objetivos económicos, sociales, culturales y ecológicos de la sociedad definidos en las ERD (Márquez, 2020).

Se destaca que las disposiciones del PROT se consideran de cumplimiento obligatorio para los ministerios y servicios públicos que operan en una determinada región, siendo además, un instrumento que no puede regular materias que tengan un ámbito de influencia u operación que exceda del territorio regional, ni áreas que estén sometidas a planificación urbanística (Decreto con Fuerza de Ley N° 1.-19.175, 2005).

A la fecha, no existe ningún PROT aprobado, solamente existen anteproyectos sometidos a un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (**Ver Cuadro 10.24**), razón por la cuál no es posible analizar el grado de inclusión del enfoque de riesgos de desastres en PROT oficiales.

Cuadro 10.24. Estado de los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial en el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica.

Instrumento	Estado	Fecha
PROT Arica y Parinacota	Resolución de Desistimiento o Abandono	04/02/2014
PROT Tarapacá	Segundo Informe Ambiental	20/08/2013
PROT Antofagasta	Resolución de Desistimiento o Abandono	05/09/2014
PROT Atacama	Resolución de Desistimiento o Abandono	10/10/2013
PROT Coquimbo	Inicio EAE	02/07/2013
PROT Valparaíso	Informe Ambiental Complementario	27/09/2013
PROT Santiago	Inicio EAE	05/07/2013
PROT Bernardo O'Higgins	Resolución de Desistimiento o Abandono	07/11/2013
PROT Maule	Segundo Informe Ambiental	24/09/2013
PROT Bíobío	Informe Ambiental	17/03/2016
PROT Araucanía	Primer Informe Ambiental	30/08/2013
PROT Los Ríos	Resolución de Desistimiento o Abandono	21/10/2013
PROT Los Lagos	Inicio EAE	04/10/2013
PROT Aysén	Resolución de Desistimiento o Abandono	12/06/2012
PROT Magallanes y de la Antártica Chilena	Primer Informe Ambiental	30/10/2013

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2022.

Pese a que no hay PROT aprobados a la fecha, y que además, se carece del reglamento específico para su elaboración, es relevante mencionar su importancia para la gestión del riesgo de desastres. Esta importancia radica en que la macrozonificación definida en los PROT, será vinculante en lo relacionado a la disposición de los distintos tipos de residuos y sus sistemas de tratamientos y condiciones para la localización de las infraestructuras y actividades productivas en zonas no comprendidas en la planificación urbanística, junto con la identificación de las áreas para su localización preferente (Decreto con Fuerza de Ley N° 1-19175, 2005). En otras palabras, los PROT posibilitan ordenar la localización de determinadas actividades en el territorio de tal manera que se pueda reducir el riesgo de desastres.

Una posible recomendación para fortalecer la inclusión de la gestión del riesgo de desastres en los PROT, radica en la necesidad de definir una macro zonificación del riesgo de desastres a nivel regional, la que también debiera ser de carácter vinculante.

10.5.3.4. Plan Intercomunal, Metropolitano y Comunal

La planificación urbana intercomunal se realiza por medio del Plan Regulador Intercomunal (PRI) o Plan Regulador Metropolitano (PRM), los que corresponden a "instrumentos constituidos por un conjunto de normas y acciones para orientar y regular el desarrollo físico del área correspondiente" (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1976).

Tanto el PRI como el PRM son elaborados por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, siendo instrumentos que regulan el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas, que por sus relaciones, se integran en una unidad urbana[79]. El PRM debe formularse en aquellos casos en que una unidad urbana sobrepasa los 500.000 habitantes, adscribiendo a la categoría de área metropolitana, por ejemplo el caso de Santiago.

En cuanto a la planificación urbana comunal, el artículo 41° de la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC) señala que un Plan Regulador Comunal (PRC) es un:

> instrumento constituido por un conjunto de normas sobre adecuadas condiciones de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Sus disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos.

El PRC es el instrumento mediante el cual se realiza la planificación urbana comunal, proceso que tiene el objeto de promover el desarrollo armónico del territorio comunal, especialmente de los centros poblados de dicho espacio geográfico, lo que se debe efectuar en concordancia con las metas regionales de desarrollo social, económico y medioambiental (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1976). La elaboración de estos instrumentos corresponde a los municipios.

[79] Se entiende por unidad urbana a dos o más ciudades próximas que mantienen relaciones funcionales estrechas aun cuando no estén conurbadas físicamente.

En los PRC, PRI y PRM, se pueden definir áreas restringidas al desarrollo urbano por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos. Entre estas áreas se encuentran las "zonas no edificables" y las "áreas de riesgo".

Para propósitos de esta sección, toman importancia las áreas de riesgo, las que se entienden como:

> aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

En otras palabras, el riesgo asociado a desastres naturales se incluye en los PRC, PRI y PRM como parte de una zonificación que restringe el establecimiento de determinadas construcciones que puedan constituir un peligro potencial para la vida humana.

El artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) (1992), específica que las áreas de riesgo se determinan en base a las siguientes características:

1) Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
2) Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
3) Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
4) Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Dicho artículo señala también que para autorizar proyectos a emplazarse en áreas de riesgo, se requerirá que se acompañe a la respectiva solicitud de permiso de edificación un estudio fundado, elaborado por profesional especialista y aprobado por el organismo competente, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente según la Ley 19.300. Este tipo de proyectos podrá recibirse parcial o totalmente en la medida que se hubieren ejecutado las acciones indicadas en el referido estudio. No obstante, según el Dictamen 30.963 de la Contraloría General de la República (CGR, 2018), la aprobación del estudio de riesgos señalado en el artículo 2.1.17 de la OGUC no constituye una actuación

regulada en general en el ordenamiento vigente, al no definirse el organismo vigente encargado de su aprobación. Es decir, se carece de una definición de los "organismos competentes" que permita profundizar en medidas para el desarrollo y aprobación de obras en materias de riesgo de desastre, debido a que se necesita de la modificación de leyes orgánicas de diferentes organismos estatales, que incorporen la obligación de revisión de dichas obras dentro de sus facultades y atribuciones (Vicuña y Schuster, 2021).

Adicionalmente, se reconoce un vacío, al no definir en la legislación los contenidos y estándares mínimos respecto de los datos que los estudios de riesgo debiesen incluir, agregando que estos documentos no identifican necesariamente riesgos, sino que se enfocan en amenazas, dado que para la identificación del riesgo es necesario efectuar un análisis de vulnerabilidad que hoy en día no es requerido en la LGUC. Es más, el concepto de riesgo no posee una definición en la LGUC.

También, es importante hacer el alcance, que de acuerdo al Dictamen 18.674 (2013) de la CGR, las áreas de riesgo no prohíben el emplazamiento de todo tipo de edificación en la zona que regula, sino que más bien, prevé la posibilidad de desarrollar proyecto bajo determinadas condiciones. Este aspecto se considera como una debilidad legislativa, debido a que en la práctica no todo riesgo es mitigable (Vicuña y Schuster, 2021).

En resumidas cuentas, existen múltiples deficiencias que indican que actualmente estos instrumentos de planificación no constituyen mecanismos efectos para efectuar una gestión del riesgo de desastres, más aún si se considera que sólo un 72% de las comunas del país cuenta con un PRC, y que el 55% de ellos tiene más de 10 años de antigüedad (Cámara Chilena de la Construcción [CChC], 2020).

A pesar de las falencias señaladas, como oportunidad para la inclusión del riesgo de desastres en la planificación territorial, se encuentra la reciente publicación de la Ley de Marco de Cambio Climático (2022), que en su artículo 43° señala que los IPT "incorporarán consideraciones ambientales del desarrollo sustentable relativas a la mitigación y adaptación al cambio climático, las que se evaluarán mediante la Evaluación Ambiental Estratégica, cuyo informe final deberá ser favorable para continuar con su tramitación". Agregando también que el "Ministerio del Medio Ambiente elaborará una guía de Evaluación Ambiental Estratégica para incorporar el cambio climático en los instrumentos de

ordenamiento y planificación territorial, cuya aplicación será de carácter obligatorio", guía que ha sido publicada con fecha 15 de diciembre de 2022. La oportunidad radica en que se podrán formular áreas de riesgo que tengan en cuenta los potenciales efectos de dicho proceso antropogénico, tales como un aumento del nivel del mar y una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos (incendios, forestales, inundaciones, marejadas), y en consecuencia, evitar una sobre o subestimación del área en la que potencialmente podría existir un riesgo de desastres (Orrego, 2022).

10.5.3.5. Plan de Desarrollo Comunal

De acuerdo con el Manual de Elaboración del PLADECO (2009), este instrumento de planificación corresponde:

> al principal instrumento de planificación y gestión de la organización municipal. Su propósito es contribuir a una administración eficiente de la Comuna y promover iniciativas de estudios, programas y proyectos destinados a impulsar el progreso económico, social y cultural de sus habitantes. El PLADECO debe representar la visión de futuro de la Comuna y sus estrategias para alcanzarla. Para esto, el PLADECO debe ser abordado como una tarea común, fruto del trabajo conjunto entre Municipio y Comunidad, asumido como un proceso continuo y dinámico en el tiempo. (p.9)

De lo expuesto se desprende que un PLADECO constituye un instrumento de carácter indicativo cuyo objetivo es regular, orientar y gestionar el desarrollo de la comuna, propendiendo a satisfacer las necesidades de las personas que habitan en ese territorio administrativo (Precht *et al*., 2016).

El PLADECO es a la comuna lo que la ERD es a la región, lo que significa que al igual que la ERD, el PLADECO es un instrumento que permite definir y priorizar un conjunto de acciones e iniciativas públicas y privadas, teniendo entonces un papel relevante en la reducción del riesgo de desastres, en la medida, que se manifiestan en el programas y proyectos que van en esa línea.

Considerando que el propósito de esta sección no es realizar una revisión exhaustiva del grado de inclusión del riesgo de desastres en cada uno de los PLADECO existentes, se ha priorizado el análisis de los PLADECO de las comunas en las que se encuentran las capitales regionales.

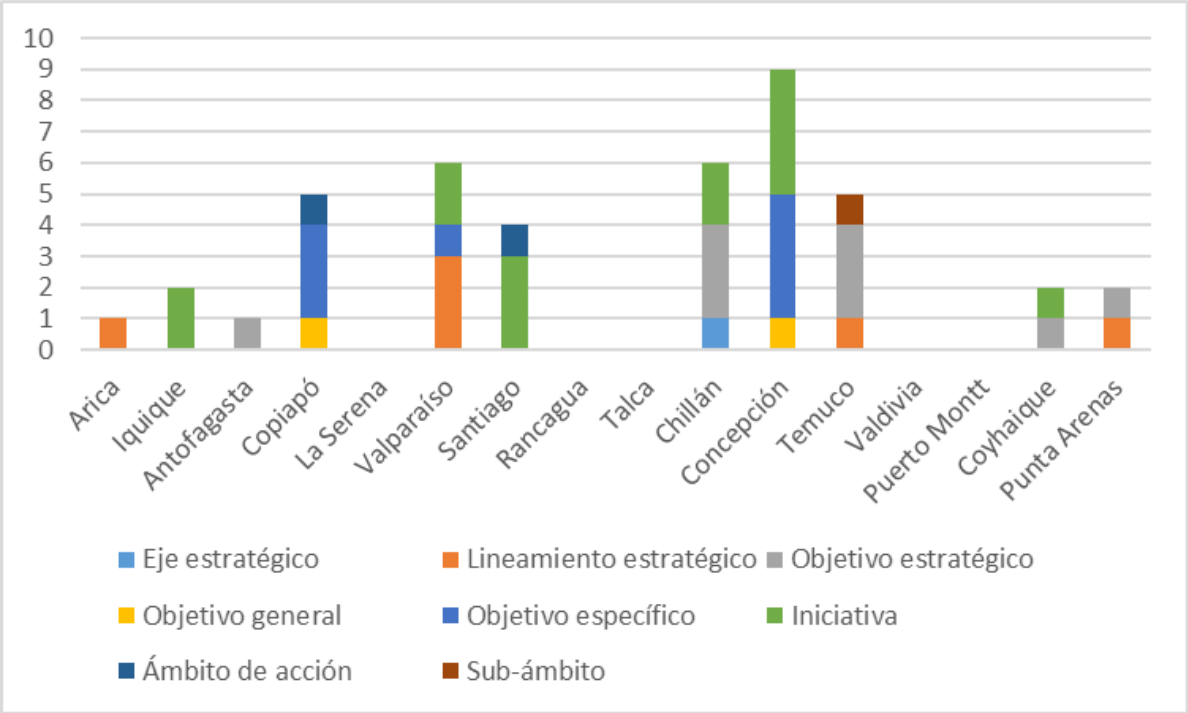
Tal como se observa en la **Figura 10.16**, de las 16 capitales regionales del país, solo 11 (68,75%) incluyen planteamientos relacionados al riesgo de desastres en

sus PLADECO, mientras que 5 carecen de ellos (La Serena, Rancagua, Talca, Valdivia y Puerto Montt).

Por otra parte, el riesgo de desastres se incluye en los PLADECO principalmente como parte de iniciativas (32,55%), en segundo lugar, como objetivo estratégico (20,93%). Terceramente, se encuentra como objetivo específico (18,60%).

Se resalta que, a diferencia de lo acontecido con las ERD, el riesgo de desastres si se incluye como eje estratégico. Además, la frecuencia de los planteamientos de esta índole en los PLADECO es más del doble que los identificados en las ERD (21 planteamientos en ERD y 43 en PLADECO de capitales regionales).

Figura 10.16. Frecuencia de planteamientos relacionados al riesgo de desastres en los Planes de Desarrollo Comunal de las capitales regionales del país.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El detalle de cada uno de los planteamientos asociados al riesgo de desastres en los PLADECO seleccionados, se presenta en el **Cuadro 10.25**.

Cuadro 10.25. Ámbitos, ejes, lineamientos, objetivos estratégicos, área de intervención, iniciativas de Planes de Desarrollo Comunal relacionados con el riesgo de desastres.

Instrumento	Planteamiento	Categoría
PLADECO Arica 2020-2030	Disminuir, manejar de manera eficiente y mitigar las amenazas producto de fenómenos naturales y acciones antrópicas, mediante el fortalecimiento en la planificación y **gestión de reducción de riesgos de desastres**.	Lineamiento estratégico
PLADECO Iquique 2010-2015	Elaboración y difusión del **Plan de emergencia comunal** y adquisición de kits de emergencia	Iniciativa
	Elaboración y difusión de los **mapas de riesgos** en 10 barrios de Iquique.	Iniciativa
PLADECO Antofagasta 2012-2022	Antofagasta será una ciudad preparada ante los **riesgos naturales**	Objetivo estratégico
PLADECO Copiapó 2030	**Gestión de Riesgo**	Área de Intervención
	Reducir los **riesgos de ocurrencia de desastres** y/o emergencias en la comuna de Copiapó	Objetivo general
	Desarrollar procesos formativos para la comunidad en la Comprensión del **riesgo de desastres**	Objetivo específico
	Fortalecer la Gobernanza Local de **Gestión de Riesgo de Desastre**	Objetivo específico
	Fortalecer el enfoque de la **reducción de riesgo y desastre** en instrumentos de planificación y ordenamiento, en sus diversas escalas territoriales.	Objetivo específico
PLADECO La Serena 2019-2022	Sin mención	Sin mención
PLADECO Valparaíso 2020-2030	Desarrollar una **gestión integral del riesgo**, desde un enfoque de seguridad humana, que permita reducir la vulnerabilidad ante **desastres socionaturales** y sus impactos sobre el territorio, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y a la seguridad de sus habitantes.	Objetivo específico
	Plan de **Riesgo** de Desastres	Iniciativa
	Plan de Maestro de **Gestión de riesgo** de incendio	Iniciativa
PLADECO Santiago 2014-2023	Control preventivo de riesgos en las edificaciones, principalmente ante catástrofes como terremotos e incendios.	Iniciativa
	Plan de Manejo de riesgo del patrimonio (para evitar pérdida de patrimonio por ocurrencia de catástrofes naturales o humanas de presión inmobiliaria)	Iniciativa
	Identificación y priorización de edificaciones en riesgo	Iniciativa
	Identificar, prevenir y mitigar amenazas y vulnerabilidades a través de la gestión integral del riesgo.	Ámbito de acción
PLADECO Rancagua 2019-2022	Sin mención	Sin mención
PLADECO Talca 2017-2020	Sin mención	Sin mención
PLADECO Chillán 2019-2024	Riesgos, emergencias y **catástrofes naturales**	Eje estratégico
	Plan de **Emergencia** Intercomunal	Iniciativa

	Programa de limpieza de sumideros, colectores y canales[80]	Iniciativa
PLADECO Concepción 2022-2026	Incorporación de Información y tecnología para la toma de decisiones en materia de **Gestión de Riesgo**	Objetivo general
	Generar información sobre **riesgos** y emergencias existentes en la comuna e incorporarla al Sistemas de Información Geográfico Municipal	Objetivo específico
	Incorporar aplicación de monitoreo de emergencia para prevenir el **riesgo de desastres** y emergencias	Objetivo específico
	Difundir a la comunidad mapa georreferenciado de **riesgos** y emergencia de la comuna	Objetivo específico
	Fortalecer las capacidades locales en la prevención y **gestión del riesgo**	Objetivo específico
	Elaboración de base de datos comunal de **riesgos** y emergencias	Iniciativa
	Sistema de monitoreo de **emergencias**	Iniciativa
	Publicación de mapa georreferenciado de **riesgos** y emergencias de la comuna en el portal web Municipal	Iniciativa
	Capacitación de comunidades en prevención y **gestión del riesgo**	Iniciativa
PLADECO Temuco 2020-2024	Reducción de **Riesgo** de Desastres	Sub-Ámbito de acción
	Fortalecimiento de acciones preventivas en materias de reducción de **riesgos de desastres**	Lineamiento estratégico
	Fortalecer institucionalidad comunal en materia de prevención de **desastres**	Objetivo estratégico
	Elaborar Plan de acciones preventivas en materias de emergencia y **desastres**	Objetivo estratégico
	Diseñar planes formativos en materia de prevención de **riesgo de desastre**	Objetivo estratégico
PLADECO Valdivia 2016-2020	Sin mención	Sin mención
PLADECO Puerto Montt 2017-2026	Sin mención	Sin mención
PLADECO Coyhaique 2014-2018	Atender en forma oportuna las contingencias y emergencias de la comuna.	Objetivo estratégico
	Dotar al municipio de las herramientas y equipos para la atención de **emergencias climáticas** (Escarchas, nevadas, etc.)	Iniciativa
PLADECO Punta Arenas 2021-2015	Promover acciones de prevención de **riesgos** mediante protocolos efectivos ante las emergencias.	Lineamiento estratégico

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de los PLADECO de comunas seleccionadas del país.

De lo expuesto en esta sección, se desprende el desafío de incluir la gestión del riesgo de desastres en los PLADECO que aún carecen de este enfoque, a la vez, que se fortalece su inclusión en aquellos instrumentos que ya cuentan con planteamientos de esta índole. Para ello, se tienen que considerar los riesgos específicos de cada territorio, pues como se ha señalado a lo largo de este capítulo los desastres socio naturales se manifiestan de forma diferenciada a lo

[80] Esta iniciativa se incluyó, puesto que en su descripción apunta a reducir el riesgo de desastres por inundación.

largo del país, lo que en consecuencia implica realizar acciones que se ajusten a las distintas realidades.

Junto con lo señalado en el párrafo anterior, se requiere fortalecer la relación entre las Estrategias Regionales de Desarrollo y los PLADECO en materia de riesgo de desastres, puesto que la revisión efectuada, permitió identificar que no en todos los casos existe una conexión entre lo plasmado en el instrumento a nivel regional con el definido a nivel comunal, aspecto que es fundamental para una gobernanza y gestión multinivel en esta materia.

10.6. Riesgos y Tendencias Futuras

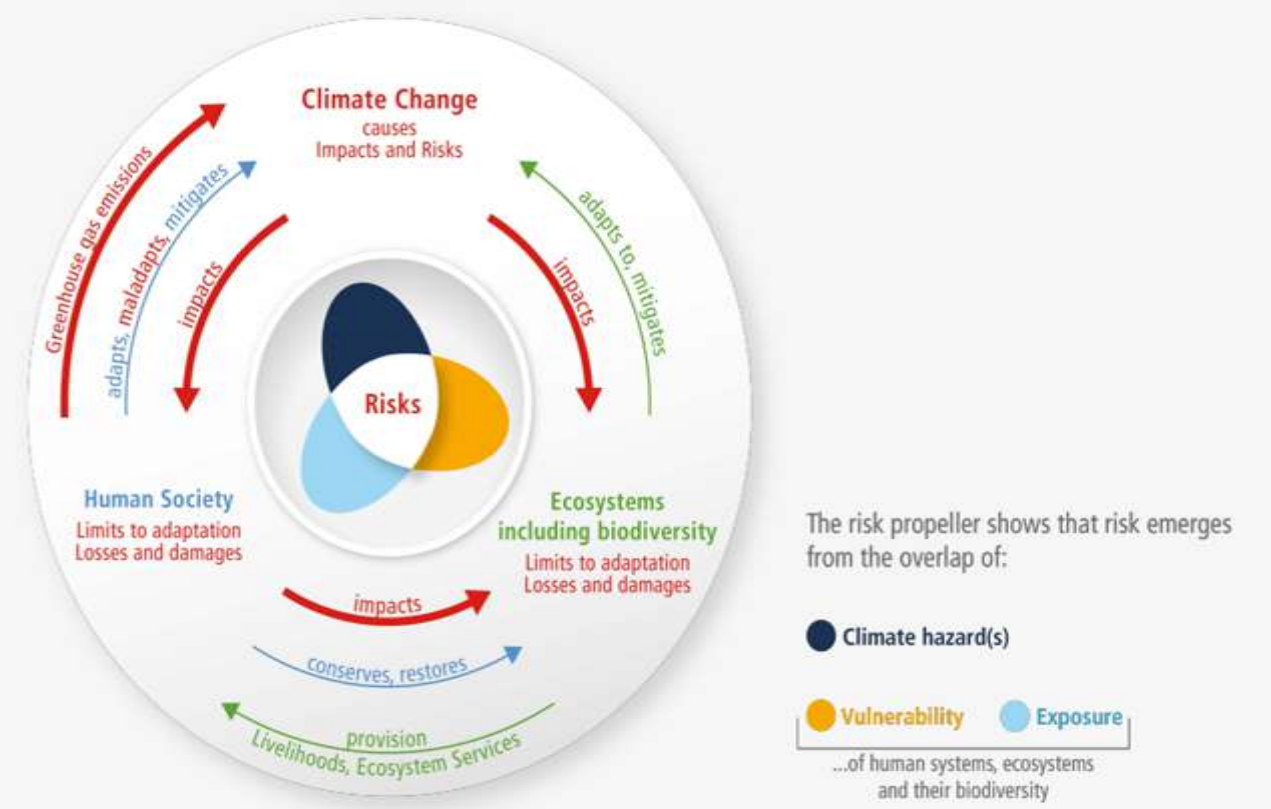
10.6.1. Síntesis del Informe Climate Change 2022 del IPCC

El reporte “Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability” del IPCC (AR6), centra nuevamente la mirada en los impactos, vulnerabilidades y posibilidades de adaptación en las ciudades. Fenómenos como las sequías, inundaciones, la pérdida de glaciares, el impacto en la zona costera, la contaminación y las vulnerabilidades son los efectos que se deben tratar con suma urgencia para la adaptación rápida, resiliencia y gobernanza climática.

Este informe ha sido liderado por 270 autores, pertenecientes a 67 países, además de 675 autores contribuyentes. Se revisaron más de 34.000 artículos científicos con 62.418 comentarios de revisión, reflejando el creciente conocimiento científico que permite una mayor comprensión de los fenómenos y mayor solidez para tomar mejores decisiones.

Las consideraciones nuevas del reporte se focalizan en la comprensión entre las interconexiones del cambio climático, los ecosistemas (incluido biodiversidades) y la sociedad humana, siendo elementos interdependientes y no aislados para analizarlos de mejor manera y dar respuestas integrales. Además, se establece la visión de ecosistemas, referido a qué servicios ofrecen desde la propia naturaleza para conservar y restaurar hábitats y lugares degradados o susceptibles al alto impacto del cambio climático (**Ver Figura 10.17**).

Figura 10.17. Nueva Comprensión de la Interconexión.



Fuente: IPCC, 2022.

Se comprende que el cambio climático se combina con el uso insostenible de los recursos naturales, la destrucción intensiva del hábitat, la creciente urbanización y la inequidad. Por tanto, no es un efecto único e individual, sino más bien, multidimensional y que constantemente se complejiza.

Los principales impactos observados por parte de este informe se centran en la pérdida masiva de glaciares (relativo entre un 30-50% masa total en los últimos 40 años); deslizamiento de tierra e inundaciones que han incrementado la erosión, la disponibilidad de agua y la calidad de esta en todas las regiones; sinergias entre fuego, uso de la tierra y deforestación con impactos en los ecosistemas, salud humana, seguridad alimentaria y bienes de las comunidades humanas; impactos sobre la producción agrícola (importantes impactos en América central); y una alta sensibilidad a desplazamientos, por ejemplo: Brasil y América Central (ídem).

El reporte, prosigue en mencionar las amenazas observadas y proyectadas comunes para la región, siendo: i) el aumento de la temperatura; ii) el aumento de olas de calor; iii) el aumento de incendios (SWS por sus siglas en inglés); iv) el aumento de heladas (excepción SSA); iv) del aumento del nivel del mar, como

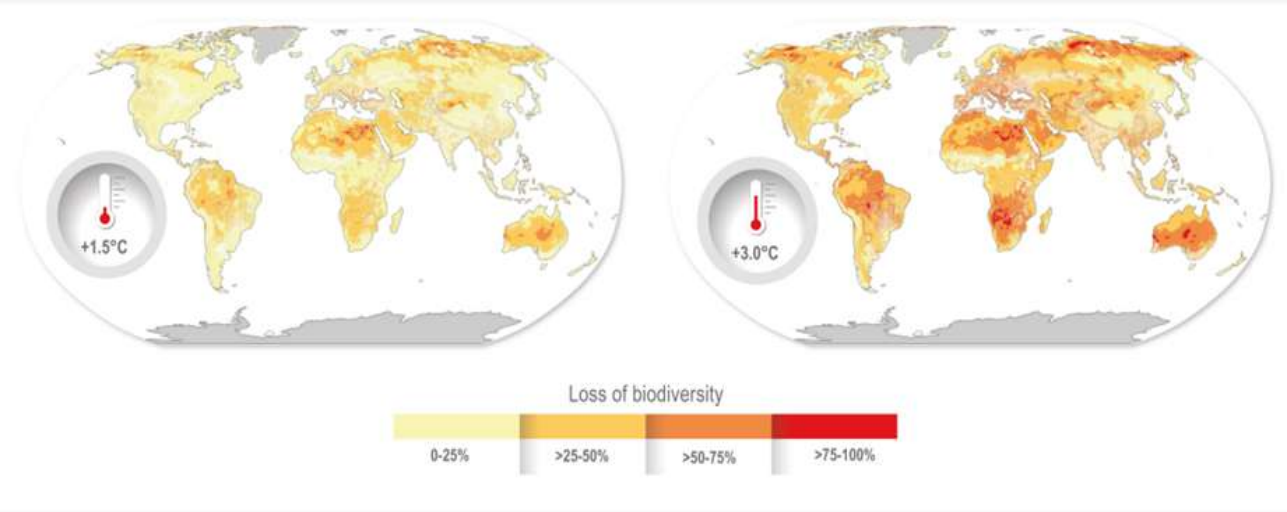
también, la diversidad en los patrones en la región, siendo las precipitaciones y sequías. Finalmente, bajo un escenario RCP8,5[81]Para el 2100, toda la región experimentará los mismos cambios y aparecerán nuevas amenazas.

Se constituye en cuanto a los riesgos asociados por el incremento de la temperatura media global:

- Una baja seguridad alimentaria por la sequía.
- Vida e infraestructura expuesta a inundaciones y deslizamientos de tierra.
- Baja seguridad hídrica.
- Epidemias.
- Amenazas en la infraestructura y los servicios públicos.
- Cambios en los biomas del Amazonas.
- Blanqueamiento del coral.
- Comunidades y ecosistemas costeros expuestos a aumento del nivel del mar, tormentas y erosión costera.

En lo relativo a pérdida de biodiversidad a diferentes niveles de calentamiento medio global (**Ver Figura 10.18**), el reporte establece que en las próximas dos décadas la temperatura en el planeta tendrá un aumento de 1,5 °C, comprometiéndose una pérdida de biodiversidad mayor al 25% y llegando a un promedio de 75%. No obstante, la cantidad de especies que se perderán al aumentar los 3 °C, será próxima al 100%.

Figura 10.18. Pérdida de biodiversidad a diferentes niveles de calentamiento.



Fuente: IPCC, 2022.

[81] En cuanto a trayectorias RCP, se comprenden cuatro tipo de escenarios. El primero, esfuerzos de mitigación para llegar a niveles de forzamiento muy bajo (RCP2.6). El segundo, escenarios de estabilización (RCP 4.5 estable en 2100 y RCP 6.0 creciente) y, finalmente, el tercer escenario con un nivel muy alto de emisiones GEI (RCP 8.5) con tendencia creciente y relativo a CO2 en 2100 con 936 ppm (IPCC.WGI, 2013).

El reporte establece los futuros riesgos o escenarios climáticos globales, sintetizados en la siguiente tabla:

Cuadro 10.26. Síntesis de los escenarios climáticos globales.

Estrés por calor	la exposición a las olas de calor seguirá aumentando con el calentamiento adicional.
Escasez de agua	A 2°C, las regiones que dependen del deshielo podrían experimentar una disminución del 20% en la disponibilidad de agua para la agricultura después de 2050.
Seguridad alimentaria	el cambio climático socavar cada vez más la seguridad alimentaria.
Riesgo de inundaciones	alrededor de mil millones de personas en ciudades costeras bajas y en islas pequeñas estarán en riesgo por el aumento del nivel del mar para mediados de siglo.

Fuente: IPCC, 2022.

Además de los eventos climatológicos, económicos y ecológicos, también se identifican ciertas restricciones financieras que aseveran aún más los riesgos futuros globales, siendo los flujos financieros globales actuales insuficientes, que la mayoría de las finanzas tienen como objetivo la reducción de emisiones en lugar de la adaptación climática y que los impactos climáticos afectan el crecimiento económico.

Por otra parte, se estima que para el 2050, las áreas urbanas podrían albergar a dos tercios de la población mundial, generando diversas condiciones negativas y de alto impacto en la ciudades y ecosistemas. Las opciones efectivas recaen en la integración de enfoques basados en la naturaleza e ingeniería; el establecer espacios verdes y azules; en la agricultura urbana y en redes de seguridad social para la gestión de desastres.

En cuanto a los beneficios más amplios se focalizan en mejoras en la salud pública y en la conservación de ecosistemas.

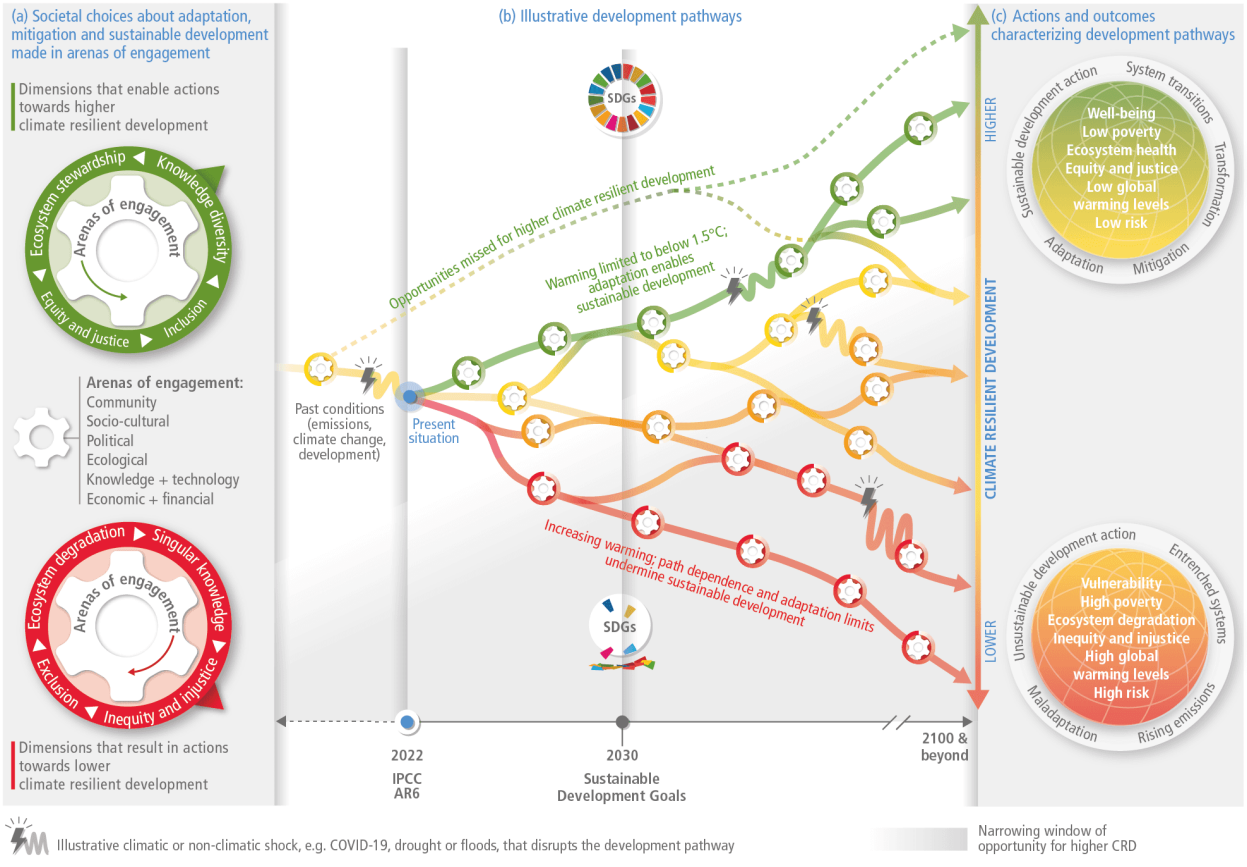
Al momento de evaluar la interconexión entre el cambio climático, la sociedad humana y los ecosistemas, estos últimos pueden mejorar la adaptación utilizando la naturaleza, en lo referente a: i) mejorar la seguridad alimentaria; ii) mejoras de cultivo; iii) agroforestería; iv) diversificación de predios y paisajes; v) adaptación basada en la comunidad; y vi) fortalecimiento de la biodiversidad, siendo los beneficios más amplios la seguridad alimentaria y nutrición, la salud y bienestar y los medios de subsistencia.

Para poder acelerar la adaptación al clima, el IPCC recomienda lo siguiente:

- Compromiso político y en todos los niveles de gobierno
- Marco institucional: metas claras, prioridades que definen responsabilidades
- Mejorar el conocimiento de los impactos y riesgos, mejora las respuestas
- El seguimiento y la evaluación de las medidas de adaptación son esenciales para seguir el progreso
- Gobernanza inclusiva que prioriza la equidad y la justicia – participación real y directa.

La perspectiva del futuro, tiene una consideración crucial en el momento presente de todos los esfuerzos globales para enfrentar el cambio climático. Para ello, se pretende conducir todas las metas para lograr el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), centrados en los riesgos climáticos reducidos con mayor adaptación; la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero con mayores niveles mitigación; una mejora de la biodiversidad; y logro concreto de los ODS. Lo anterior, permitirá alcanzar el Desarrollo Resiliente al Clima (**Ver Figura 10.19**).

Figura 10.19. Desarrollo Resiliente al Clima.



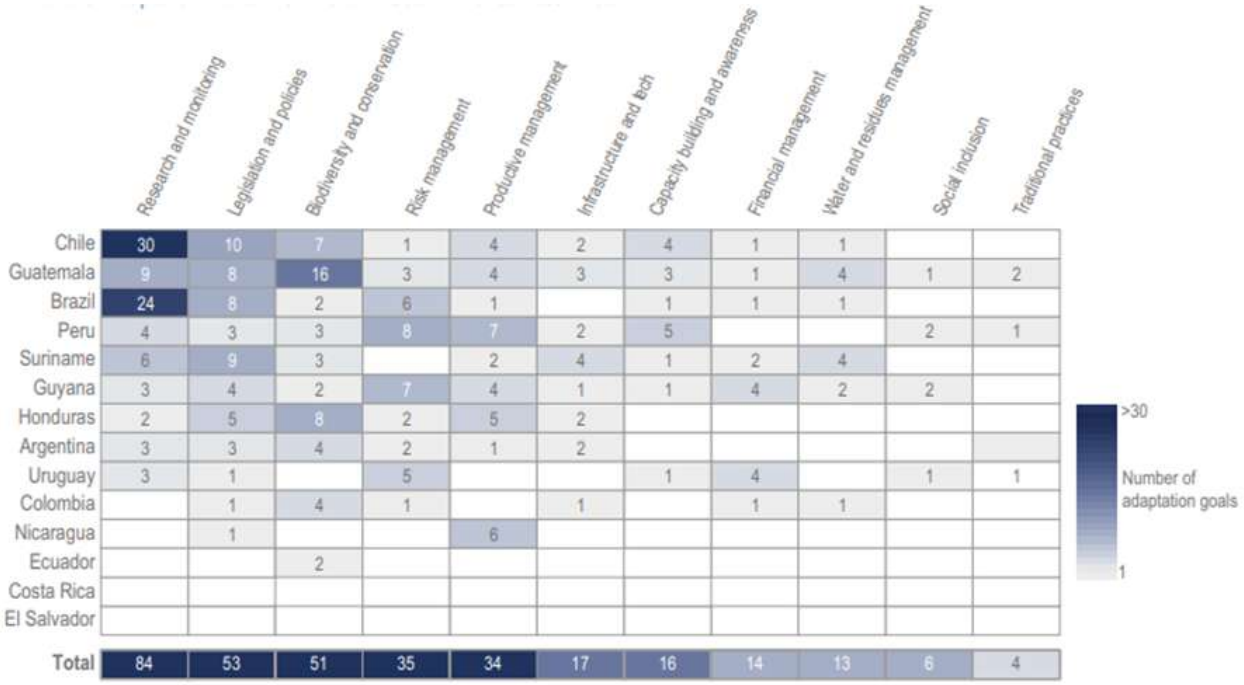
Fuente: IPCC, 2022.

Por otra parte, el marco de soluciones sugerente por el nuevo reporte deberá enfocarse en considerar en todo el gobierno y en toda la Sociedad Civil, involucrar a todos los actores e incumbentes en acción por el clima creando alianzas (público-privadas), involucra a grupos marginados y excluidos, priorizar la equidad y la justicia, deberá reconciliar los diferentes intereses, valores y visiones de mundo y, que todas las acciones deben basarse en un amplio conocimiento (científico, indígena, local y práctico) para alcanzar el impacto esperado.

En cuanto a los objetivos de adaptación analizados en países del Centro y Suramérica, Chile, Guatemala y Brasil, cuentan con el mayor número de planes nacionales de adaptación para enfrentar el cambio climático, enfocados a: investigación y monitoreo, legislación y políticas, biodiversidad y conservación, gestión del riesgo, gestión productiva, infraestructura y tecnología, desarrollo de capacidades y concientización, agua y gestión de residuos, inclusión social y prácticas tradicionales, con un total de 158 planes de adaptación. Posteriormente, ocho países cuentan con menos de diez planes y/u objetivos de adaptación. Finalmente, Ecuador, Costa Rica y El Salvador son los países que carecen absolutamente de planes de adaptación, reflejando la vulnerabilidad y baja capacidad institucional para enfrentar el cambio climático y desastres socio-naturales.

En el plano nacional, Chile se constituye como uno de los países con mayores planes nacionales en adaptación climática en comparación a los diferentes países de América del Sur y Central. Según este reporte Chile lidera en la temática y comparte el podio con Guatemala y Brasil. (**Ver Figura 10.20**) El país posee 30 planes en investigación y monitoreo; 10 en legislación y políticas públicas, 7 en biodiversidad y conservación, 1 en gestión de riesgo, 4 en gestión productiva, 2 en infraestructura y tecnología, 4 en desarrollo de capacidades y conciencia, 1 en gestión financiera y 1 en agua y gestión de residuos. Adicionalmente, la reciente publicación en el Diario Oficial sobre la Ley Marco de Cambio Climático (N°21.455). En su contra parte, países como Ecuador, Costa Rica y El Salvador no contemplan aún políticas nacionales en adaptación al cambio climático sustantivas.

Figura 10.20. In National Adaptation Plans of Central and South American countries



Fuente: IPCC, 2022.

Finalmente, una de las grandes brechas a nivel global identificadas por el Panel de Expertos, se traduce en los vacíos del conocimiento. Estos se traducen en datos heterogéneos en calidad y cantidad y en geografía, con una mala resolución que limitan el entendimiento y la atribución de estos. El limitado número de estudios de percepción al cambio climático sobre todo en sectores rurales, lo que impide los procesos de toma de decisiones y la implementación de medidas de adaptación. La existencia de un gran número de estudios que abordan el estudio de la vulnerabilidad bajo el concepto del AR4 y no AR5 (quinta evaluación del IPCC) que separa la exposición de la vulnerabilidad. Hay un limitado número de estudios abordando riesgos y sus drivers, como también, la falta de estudios que abordan los límites de la adaptación y la escasez de estudios que abordan la relación entre cambio climático y los procesos socioeconómicos. Por otra parte, hay un limitado conocimiento sobre qué factores socio-económicos modulan la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa, sumando el incremento de riesgos más severos que impactarán en la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, el área disponible para la agricultura de las comunidades rurales e indígenas que habitan zonas montañosas.

Se observa un incremento del número de eventos extremos como inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra. Un aumento en la escasez de agua y

competencia por agua bajo cualquiera de los escenarios de riesgo lo que a su vez aumentará la degradación de ecosistemas como humedales. Se proyectan infecciones endémicas y enfermedades emergentes por una expansión de la distribución de los vectores (especialmente enfermedades infecciones virales de origen zoonótico de zonas de transmisión entre zonas urbanas y suburbanas. Incrementos de incendios que aumentará la degradación de los bosques y su estructura (disminución capacidad de almacenar CO2). Adicionalmente, el 85% de los sistemas naturales en sitios hotspot de biodiversidad serán impactados por el cambio climático. Los arrecifes de coral perderán su hábitat y cambiarán su rango de distribución y sufrirán más eventos de blanqueamiento y para el 2050 bajo escenarios RCP8,5 y RCP4,5 se proyecta un evento severo por año de blanqueamiento.

En definitiva, los desafíos superpuestos confluyen en: i) acceso limitado a servicios de agua, saneamiento y salud; ii) medios de vida sensibles al clima; iii) altos niveles de pobreza; iv) Liderazgo débil; v) falta de financiamiento; y vi) Falta de rendición de cuentas y de confianza en el gobierno (IPCC, 2022).

10.7. Propuestas y/o recomendaciones para Políticas Públicas

Es la “hora de la acción” señala el Secretario General de Naciones Unidas, agregando que es en “esta década” que el planeta debe adoptar medidas drásticas que permitan enfrentar el cambio climático y, de paso, actuar preventiva y curativamente frente a los desastres socionaturales. Existe la convicción de los Comités Científicos de NU que en esta década debe llegarse al punto máximo de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), el proceso de descarbonización energética debe haber dado pasos fundamentales y los estilos de desarrollo predominantes debieran ajustarse hacia una perspectiva ecológica sustentable.

Aunque esa sea la perspectiva de “política global” en que debe inscribirse el conjunto de propuestas de política pública para acometer de un modo decisivo la prevención y la acción frente a los desastres socionaturales, hay que tener en cuenta las insuficiencias de recursos, institucionales y de colaboración público-privada que presentan las políticas públicas actuales en Chile.

En los últimos meses, tanto por la recesión post pandemia como por la invasión rusa a Ucrania y el clima bélico europeo y mundial, se presenta una inflación

internacional, una profunda crisis alimentaria y una situación energética de gran complejidad que pone en cuestión los avances en la generación eólica y solar. Adicionalmente, la guerra y la grave situación energética y alimentaria mundial en un marco inflacionario, disminuye los recursos ya limitados para la acción climática, al observarse un "claro giro" en las prioridades de la acción internacional y multilateral.

En la situación chilena, las políticas que aquí se proponen, deben enmarcarse en todo lo anterior. A ello debe sumarse el nuevo marco constitucional y las prioridades de la "Administración Boric", que revaloriza programáticamente la acción medioambiental y climática. Se observa al efecto un escenario paradójico, puesto que tanto en el mandato constitucional como las prioridades de la actual administración van en una dirección positiva para la acción ambiental y climática, mientras que las limitaciones de recursos, prioridades y escenario internacional las limitan severamente. También, conspiran la dinámica propiamente nacional, una inflación creciente, una reactivación lenta y una disponibilidad de recursos fiscales fuertemente limitada.

En el presente apartado se expondrán lineamientos generales estratégicos para afrontar los desastres socionaturales, los cambios a efectuar en los estilos de desarrollo para afrontarlos y un conjunto de propuestas de políticas públicas al efecto.

Es menester destacar que, las propuestas de política pública para enfrentar los desastres socionaturales que se derivan del cambio climático y que se presentan en esta sección, se integrarán posteriormente en un conjunto armónico de políticas en el capítulo final del Informe País.

10.7.1. Lineamientos generales estratégicos

Una acción más decidida, coherente, inteligente, abierta a la cooperación con privados y atenta a la evidencia científica, implica un "cambio estratégico" respecto a lo que Chile ha efectuado en las últimas décadas. De allí debe derivarse una acción preventiva de gran potencia en el conjunto de la geografía regional y local de Chile, la que sea necesariamente interministerial, intersectorial e interescalar.

Lo anterior supone lineamientos de política pública preventiva que deben basarse en investigaciones y aportes científicos fundados, y para lo cual el apoyo de un

comité científico para la prevención y enfrentamiento de desastres es esencial. Evitando entrar en una "inflación institucional" adicional a la ya amplia institucionalidad vigente, dicha entidad debe resguardarse y asumirse. Existe una comunidad científica, universitaria y de otros centros de estudios independientes, que coinciden en muchos "diagnósticos de base" fundantes de una acción de política pública de "nuevo estilo, forma y fondo".

A día de hoy el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres está en proceso de conformación. Se debe reforzar su instalación, perfeccionando su "accionar territorial", trabajando en un fortalecimiento profesional sustantivo, asumiendo el actual "conocimiento disperso" existente y convirtiendo esta entidad en un "líder de la acción estratégica" que convoque al conjunto de las agencias públicas y se abra a una cooperación activa y concreta con los entes privados. Esta entidad debiera tener "presencia regional" reforzada, considerando que el conocimiento, la prevención y la acción ante desastres, debe ser enfrentada eficazmente "en cada territorio". Naturalmente la institucionalidad debe asumir una dirección única nacional estratégica que asegure coherencia y consistencia entre actores, pero ello debe aplicarse en "el territorio" de modo específico para cada desastre.

Las políticas públicas en materia de desastres deben acoger claramente una perspectiva "inter agencial", reconociendo que constituirán un conjunto variado de acciones sectoriales y específicas y en donde, la clave estará en la referida coherencia interministerial. Aquí mismo surgirán políticas en ámbitos diversos, pero lo fundamental estará en la "coherencia conjunta" de cada territorio.

Se debe reiterar que estas políticas públicas deben fundarse en una cooperación público-privada de tono superior. Ello es imprescindible por los "recursos requeridos" como por los desastres que generan efectos evidentes y notables sobre las cadenas productivas. Todo lo anterior ha ido motivando crecientemente al empresariado a comprometerse en la prevención, partiendo por el mejoramiento de sus propios procesos y estándares productivos. Esto requiere también perfeccionar una "institucionalidad público-privada" más activa en la prevención y en la acción frente a desastres, incluyendo la simulación de eventos graves con suficiente anticipación, sabiendo el rol que cada cual debe desempeñar una vez ocurrido el evento desastroso.

La falta de sistematización de la "práctica" de los desastres socionaturales en Chile ha sido una de las carencias principales. No se concluye suficientemente, no hay análisis ex post, las reconstrucciones suelen ser tardías e ineficientes, la prevención que surge como evidente no se constituye en práctica recurrente. En materia de desastres, Chile "vuelve a chocar con la misma piedra" y esto no puede ser. Toda vez que en muchas de las diferencias hay aspectos positivos para la nación futura, como es que en medio de dichos desastres hay acción inter agencial como nunca antes, hay un sentido de la urgencia en las decisiones institucionales, existe un apoyo de un voluntariado cada vez más solidario y organizado y se ha encontrado una cooperación privada de gran significación.

Finalmente, esta materia obliga a monitorear con detalle la experiencia internacional. Todos nuestros eventos críticos forman parte de un listado creciente y complejo de desastres climáticos. Es necesario informarse de ello, aprender de sus prácticas de prevención y enfrentamiento, a la vez que se coopera activamente con la comunidad internacional. Naciones Unidas provee de instancias favorables al efecto, que deben aprovecharse más sistemáticamente. Tampoco, debe descuidarse el formar a más profesionales con dichas experiencias mediante pasantías.

10.7.2. Los cambios en los estilos de desarrollo presiden las políticas públicas frente a desastres

No se producirá un "avance significativo" en el enfrentamiento de los desastres que son producto del agravamiento climático, si no se avanza decididamente en modificaciones "sustanciales" del patrón de desarrollo existente en Chile. De ese modo, dichas transformaciones son "condición para" un conjunto de políticas coherentes, inter agenciales, territoriales y de compromiso simultáneo público y privado.

El abandono de modalidades productivas estrictamente extractivistas, la superación de la dependencia del carbón y el diesel en las formas productivas principales, mantener los equilibrios elementales en los ecosistemas naturales de especial fragilidad, el uso razonable y cuidadoso del recurso hídrico, entre varios otros, son "cuestiones cruciales" de la modificación hacia nuevos estilos de desarrollo.

Debe existir una noción suficientemente generalizada sobre que la modificación de los patrones de comportamiento es necesaria para afrontar la crisis climática y

ecológica. Ello debe ocurrir tanto en el carácter de las políticas públicas a diseñar como en la convicción del propio empresariado privado. Las ganancias en el mediano y largo plazo, privadas y sociales, se acrecentarán en la medida que se vayan incorporando las cuestiones cruciales previamente señaladas.

En particular en la situación chilena, ello implica como acciones claves, a lo menos:

a) El compromiso, al más breve plazo (2030 a 2032), de neutralidad de emisiones GEI, que incorpora la sustitución total de las centrales energéticas a carbón y un compromiso al conjunto de las actividades productivas para que ellas reduzcan aceleradamente sus emisiones de GEI.
b) La adopción de una nueva matriz energética con predominio creciente de formas de generación eólicas y solares, para que estas representen a 2030 a lo menos la mitad de la generación energética y un 80% al 2040.
c) Un conjunto de acciones estratégicas para la reforestación con especies nativas y características de cada territorio, que, al tiempo de revitalizar los ecosistemas en actual fragilidad, sean capaces de captar adecuadamente los gases de efecto invernadero.
d) Una Política Nacional del Agua, que recupere una férrea dirección pública, que sea capaz simultáneamente de: mejorar la captación del recurso (con la producción de agua oceánica como punto focal), efectuar una prioridad de uso rigurosa para el agua de bebida, el agua de riego e industrial, contar con reglas claras, fomentar una fiscalización pública eficiente y eficaz, y definir normativas productivas de ahorro y aprovechamiento óptimo del recurso en todas las actividades productivas.
e) El favorecimiento de las políticas de electromovilidad, partiendo por la generalización de buses eléctricos en todo el transporte público, la creciente incorporación eléctrica en los automóviles privados y una fiscalización y racionalización del uso del automóvil particular en las ciudades, con restricciones y estímulos al transporte público de diversa naturaleza.

Las acciones de política pública señaladas deberán suponer un grado de consenso político y social creciente, deberán comprometer también al empresariado privado y deberán establecer “compromisos ambientales” de primer orden en la sociedad chilena.

10.7.3. Las Políticas Públicas para afrontar los desastres socionaturales

En el contexto del ”cambio estratégico” del estilo de desarrollo predominante, Chile debe realizar acciones específicas en las siguientes líneas fundamentales:

a) Reforzar la profesionalización y descentralización del Sistema Nacional de Protección Civil, convocando al conjunto de los actores claves del Estado y de la iniciativa privada, generando un clima de apoyo a la acción de prevención y acción en desastres de ser necesario, en el que cada uno de los actores "juegue un rol decidido, conocido y entrenado". En particular se debe disponer de recursos extraordinarios destinados a esta vital finalidad pública y ello debe aplicarse con urgencia en cada región (o macrorregión) del país. De ese modo la respuesta territorial, deberá imponerse como el "esquema de crisis" a privilegiar.
b) Se requiere sistematizar, organizar y constituir un "todo coherente" del conjunto de las investigaciones, hallazgos y formulaciones científicas y tecnológicas de la comunidad científica. Particular importancia tiene la sistematización de "experiencias desastrosas", con sus enseñanzas, críticas y tareas pendientes. De ese modo la prevención y las respuestas se deberán enmarcar en el acabado conocimiento científico. Esas comisiones deben ser instancias permanentes de consulta para las decisiones estratégicas específicas en eventuales desastres.
c) Es urgente la adopción de acciones fundamentales en el ámbito del Ordenamiento del Territorio, a través de los instrumentos que establecen los Gobiernos Regionales y la supervisión técnica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Es imprescindible, y a breve plazo, la definición y el establecimiento de "zonas de riesgo", a lo menos en aquellos casos en que los desastres precedentes han marcado lugares precisos (como en los tsunamis en zonas costeras, quebradas y cursos de ríos específicos, masas boscosas críticas y otras situaciones que obligan a restricciones de uso evidentemente riesgosas).
d) Es imprescindible que, en cada región, y a cargo de los respectivos Gobiernos Regionales, establezcan a la brevedad, mapas de riesgos en todos sus territorios y particularmente en ciudades y asentamientos humanos principales. Estos instrumentos deberán formar parte del "material fundamental" a nivel de cada comuna, para la definición de acciones preventivas de alistamiento frente a desastres previsibles. Los Gobiernos Regionales deberán constituir, desde ya, Comités Interministeriales de prevención y acción frente a desastres.
e) Es fundamental catastrar al conjunto de las empresas productivas principales en el territorio de cada región, que deberán desempeñar "roles precisos" en la prevención y tratamientos de desastres eventuales en cada región. De ese modo, debemos comprometer acciones que sostengan la producción y el abastecimiento y la acción general de remediación y eventual reconstrucción frente a desastres como los que se han presentado en el país.

10.8. BIBLIOGRAFÍA

BID. (2022a). *Banco Interamericano de Desarrollo*. Obtenido de Medio Ambiente y Desastres Naturales: Estadísticas. Recuperado de https://www.iadb.org/es/sectores/medio-ambiente-y-desastres-naturales/perspectiva-general

BID. (2022b). *Banco Interamericano de Desarrollo.* Obtenido de https://www.iadb.org/es

Cámara Chilena de la Construcción (CChc). (2020). Estado Planificación Comunal de Chile. Recuperado de https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/estado-planificacion-comunal-de-chile.pdf

Caviedes V, Jonathan (2017). "Construyendo sobre cenizas. ¿Son utilizados los incendios forestales como una herramienta informal para la expansión urbana de Chile central?". Tesis presentada para obtener el grado académico de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio ambiente Jonathan. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. Pontificia Universidad Católica de Chile.

CEODOS Chile. (2022). *Nosotros CEODOS Chile*. CEODOS Chile. Retrieved January 9, 2023, from https://www.ceodoschile.cl/nosotros/

CEPAL. (s.f.). *Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe*. Obtenido de https://observatoriop10.cepal.org/es

CONAF. El Gran Incendio de Chile 2017. Descripción e Impactos. Seminario CEP: Los incendios forestales y sus consecuencias en los ecosistemas. Santiago, 2 de mayo 2017. Citado en Galilea (Diciembre 2019).

Contraloría General de la República (CGR). (2013). *Dictamen 018674N13*. Recuperado de https://www.contraloria.cl/pdfbuscador/dictamenes/018674N13/html

Contraloría General de la República (CGR). (2018). *Dictamen 030963N18*. Recuperado en https://www.contraloria.cl/pdfbuscador/dictamenes/030963N18/html

COP25. (2019a). *Conferencia de las Partes. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. Obtenido de ¿Qué es la COP?: https://cop25.mma.gob.cl/que-es-la-cop/

COP25. (2019b). *COP25, Ministerio del Medio Ambiente*. Obtenido de Objetivos, Artículo 6. Recuperado de https://cop25.mma.gob.cl/objetivos/

Decreto con Fuerza de Ley N° 1-19.175. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 08 de noviembre de 2005.

Decreto Ley N° 369. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 22 de marzo de 1974.

Decreto N° 47. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 05 de junio de 1992.

Decreto N° 458. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de abril de 1976.

Decreto N° 469. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 05 de julio de 2021.

Diario Concepción. Chiguayante recordó a víctimas del aluvión Por: Ximena Valenzuela (12 de Julio 2017). En: https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2017/07/12/chiguayante-recordo-a-victimas-delaluvion.html#:~:text=Siete%20personas%20resultaron%20muertas%20cuando,alud%20de%20barro%20y%20piedras. Consultado el 20.06.2020.

DIPRES. (2022). *Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda*. Gasto Presupuestario total en materias relativas a cambio climático, año 2021. Retrieved January 9, 2023, from https://www.dipres.gob.cl/598/articles-279106_doc_pdf.pdf

DIPRES. (2022). *Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda.* Obtenido de Ficha de Definiciones Estratégicas Año 2019-2022 (Formulario A1) 2022. Recuperado de https://www.dipres.gob.cl/597/articles-260828_doc_pdf.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2019). *Boletin N° 496. Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterraneas.* Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Boletin_08_agosto.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2020a). *Boletin N° 508. Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterraneas.* Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Boletin_agosto_2020.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2020b). *7 DGA NOTICIAS: Planes Estratégicos de Gestión Hídrica*. Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=714#:~:text=El%20objetivo%20de%20esta%20iniciativa,las%20aguas%20subterr%C3%A1neas%20y%20superficiales%3B

Dirección General de Aguas (DGA). (2021). *Boletin N° 520. Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterraneas.* Recuperado de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Boletin_Agosto_2021.pdf

Dirección General de Aguas (DGA). (2021b). *Planes Estratégicos de Gestión Hídrica*. Recuperado de https://pubdocs.worldbank.org/en/927591618859641806/Presentacion-Planes-Estrategicos-de-Gestion-Hidrica-Mauricio-Lorca.pdf

Dirección Metereológica de Chile. (2022). *¿Cómo afecta La Niña en la previa del invierno?* Recuperado de https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/documentoPdf/boletinTendenciasClimaticas/boletinTendenciasClimaticas-202204.pdf

El Mostrador. (2022, April 26). *Centros de estudio se unen para crear herramientas y enfrentar cambio climático en Chile*. El Mostrador. Retrieved January 9, 2023, from https://www.elmostrador.cl/cultura/2022/04/26/centros-de-estudio-se-unen-para-crear-herramientas-y-enfrentar-cambio-climatico-en-chile/

EMOL. Sitio Web: Víctimas del aluvión de Chiguayante se alistaban para evacuar su casa (12-07.2102). En: https://www.emol.com/noticias/nacional/2006/07/12/224959/victimas-del-aluvion-de-chiguayante-se-alistaban-para-eva-cuar-su-casa.html Consultado el 20.06.2020.

FAO. (2022a). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Cambio climático; programas. Recuperado de https://www.fao.org/climate-change/programmes-and-projects/programmes/es/

FAO. (2022b). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Cambio climático y sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe. Recuperado de https://www.fao.org/americas/perspectivas/cambio-climatico/es/

Ferrando, F. (2006): "Sobre inundaciones y anegamientos - Flood Disas- ters". Revista de Urbanismo N°15. Departamento de Urbanismo – FAU - Universidad de Chile.

Ferrando, F. (2008). "Santiago de Chile: antecedentes demográficos, expansión urbana y conflictos". Revista de Urbanismo N° 18. Departamento de Urbanis- mo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Santiago.

Fundación Chile. (2018). Escenarios Hídricos 2030. (2018). Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Recuperado de https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/12/resumen-radiografia-del-agua-1.pdf

Galilea, S. (2019). "Cambio Climático y Desastres Naturales. Acciones claves para enfrentar las catástrofes en Chile", Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile

Galilea, S. (2020). "Cambio Climático y Desastres Naturales. Una perspectiva macrorregional", Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile.

Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. Estrategia Regional de Desarrollo. (2014). Capital Ciudadana 2012-2021. Recuperado de https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2014/doc/estrategia/Estrategia_Regional_de_Desarrollo_Region_Metropolitana_2012-2021.pdf

Igualt, F., Breuer, W., Contreras-López, M. y Martínez, C. (2019). Efectos del cambio climático en la zona urbana turística y costera de Viña del Mar: levantamiento de daños para una inundación por marejadas y percepción de seguridad. *Revista 180*, (44), 120-133.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2018). Síntesis de resultados Censo 2017. Chile. Obtenido de https://www.censo2017.cl/descargas/home/sinte- sis-de-resultados-censo2017.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). *Calentamiento global de 1,5°C: Resumen para responsables de políticas.* OMM-PNUMA. ISBN 978-92-9169-351-1

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *El cambio climático y la tierra: Resumen para responsables de políticas.* OMM-PNUMA. ISBN 978-92-9169-354-2

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2020). *El océano y la criosfera: Resumen para responsables de políticas.* Ginebra: OMM-PNUMA. ISBN 978-92-9169-355-9

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis.*

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (s.f.). *¿Qué es el IPCC?*. Obtenido de https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability I Summary for Policymakers.* WMO-UNEP. Obtenido de https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf

Ley N° 19.300. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 09 de marzo de 1994.

Ley N° 21.455. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de junio de 2022.

Ley N° 21.364. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 07 de agosto de 2021.

Márquez, M. (2020). El Ordenamiento Territorial en Chile: Estado del arte. *Revista Estado, Gobierno y Gestión Pública*, (35), 139-179.

Ministerio de Energía. (2017). *Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía*. Recuperado de https://energia.gob.cl/sites/default/files/plan-mitigacion-gei-sector-energia-2017.pdf

Ministerio de Obras Públicas (MOP) y Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2017). *Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022*. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Plan-de-Accion-MOP.pdf

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2017). Informe Incendios Forestales ENERO – FEBRERO DE 2017. Recuperado de https://biblioteca.digital.gob.cl/bitstream/handle/123456789/64/2017-03-29%20Chile%20y%20la%20Tormenta%20de%20Fuego%20-%20final%20-%20para%20distribucion%20limitada.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio del Interior. (2009). Manual de Elaboración del Pladeco. Recuperado de https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/articles-77172_recurso_1.pdf

Ministerio del Interior de la República de Colombia. (2012). *Ley de Voluntariado*. Cruz Roja colombiana. https://www.cruzrojacolombiana.org/wp-content/uploads/2019/09/Ley-1505-de-2012.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2019a). *Anexo I: La ambición aumentada en los planes nacionales de clima.* Madrid: COP25. Obtenido de https://cop25.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/Anexo-I-II-ESP.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2019b). *Anexo II: La Alianza de Ambición Climática 2050.* Madrid: COP25. Obtenido de https://cop25.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/12/Anexo-I-y-II.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2019c). *Cuarto Reporte Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. Recuperado de https://www.paiscircular.cl/wp-content/uploads/2020/01/Cuarto-Reporte-Plan-Nacional-de-Adaptaci%C3%B3n-CC.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2021). Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile Camino a la Carbono Neutralidad y Resiliencia a más tardar al 2050. Recuperado de https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf

Ministerio del Medio Ambiente, [CR]2, y Centro UC Cambio Global. (2020). *Atlas de Riesgo Climático (ARCLIM)*. Biodiversidad Obtenido de: https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/biodiversidad_fauna_temperatura/

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2022a). *Evaluación Ambiental Estratégica*. Recuperado de https://eae.mma.gob.cl/#home

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2022b). *Guía de Evaluación Ambiental Estratégica para incorporar el Cambio Climático en Instrumentos de Ordenamiento y Planificación Territorial*. Recuperado en https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/12/2022-12-15-Gui%CC%81a-EAE-y-Cambio-Clima%CC%81tico.pdf

Molina, J. (2022). *Atacama, O'Higgins, Los Ríos y Los Lagos definen sus propios planes de acción regionales para enfrentar el cambio climático*. Recuperado de https://www.paiscircular.cl/ciudad/atacama-ohiggins-los-rios-y-los-lagos-definen-sus-planes-de-accion-regionales-para-enfrentar-el-cambio-climatico/#:~:text=Por%20ello%2C%20el%20plan%20de,cuencas%3B%20la%20educaci%C3%B3n%20ambiental%20para

Moraga, P., y Araya, G. (2016). *La Gobernanza del Cambio Climático*. Recuperado de https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2018/03/Gobernanza_CambioClimatico.pdf

Morales, P. (2022). *COP 27 - Sharm el Sheikh (Egipto) 2022:*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Retrieved January 4, 2023, from https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33777/1/COP_27_Egipto_2022__sus_principales_compromisos_y_el_rol_de_Asia.pdf

Naciones Unidas. (2021). *Naciones Unidas. Acción por el Clima*. Obtenido de COP26: Juntos por el planeta: https://www.un.org/es/climatechange/cop26

ONEMI. (2019). *Plan Estratégico ONEMI 2019-2023*. Recuperado de https://siac.onemi.gov.cl/documentos/TEMP/PlanEstrategicoInstitucional_2.pdf

ONEMI. (2021). *Balance de Gestión Integral*. Recuperado de https://www.dipres.gob.cl/597/articles-266658_doc_pdf.pdf

ONEMI. (2021). *Guía para la Implementación Plan Comunal para la Reducción del Riesgo de Desastres.* Santiago de Chile: ONEMI.

ONEMI. (2021). *Sinapred*. Obtenido de Ciclo webinar: "Ley Sistema y Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres: Una Nueva Institucionalidad para una Sociedad más Resiliente": https://www.onemi.gov.cl/sinapred/

ONEMI. (2022). *Visor Chile Preparado: Territorio y Amenazas*. Obtenido de https://www.onemi.gov.cl/visor-chile-preparado/

ONEMI. (s.f.). *Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública*. Presentación. Recuperado de https://www.onemi.gov.cl/presentacion/

ONEMI, y Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2020). 2.4. Objetivo. En *Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres l Plan Estratégico Nacional 2020-2030* (pág. 176). Santiago de Chile: Gobierno de Chile. Obtenido de https://repositoriodigital.onemi.gov.cl/bitstream/handle/123456789/4110/PoliticaNacional_2020%28principal%29.pdf?sequence=5&isAllowed=y

ONU-Habitat. (2022). *UNO-HABITAT For a Better Urban Future: United Nations Human Settlements Programme*. Obtenido de Climate Change: https://unhabitat.org/topic/climate-change

Orrego, G. (2022). *Lineamientos para el fortalecimiento de la protección del humedal Laguna Torca, Vichuquén. Una perspectiva desde la gobernanza ambienta*l (tesis de magister). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Pica-Téllez, A., Vicuña, S., Bustos, E., Cifuentes, L., Meza, F., Gilabert, H., Gaxiola, A., Marquet, P., y Montero, J.P. (2020). Análisis de la nueva Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Chile ante la CMNUCC. Centro de Cambio Global UC.

Precht, A.; S. Reyes. y C. Salamanca. 2016. *El ordenamiento territorial de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones UC.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2012). *Incorporación de la Gestión Integral de Riesgos en la planificación del territorio*. Recuperado de https://www.estudiospnud.cl/wp-content/uploads/2020/04/undp_cl_prevencion_portada_catalogo_1_2012.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD. (2021). *Plan Estratégico del PNUD 2022-2025* . Naciones Unidas. Obtenido de https://www.undp.org/es/publicaciones/plan-estrat%C3%A9gico-del-pnud-2022-2025

Radio Cooperativa. Sitio Web (22.06.2003). Temporal que afecta zona sur del país deja cerca de tres mil damnificados. En: https://www.cooperativa.cl/ noticias/pais/temporal-que-afecta-zona-sur-del-pais-deja-cerca-de-tres-mil-damnifica- dos/2003-06-22/121500.html. Consultado el 12.06.2020

Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS (United States Geological Survey). En https://earthquake.usgs.gov/

UNDRR. (18 a 22 de enero de 2005). *Marco de Acción de Hyogo para 2005 y 2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.* Obtenido de Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres: https://www.eird.org/cdmah/contenido/hyogo-framework-spanish.pdf

UNDRR. (2015). *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. Obtenido de Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo 2015-2030: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

UNFCCC. (2022). *Cinco conclusiones clave de la COP27*. United Nation Climate Change. https://unfccc.int/es/proceso-y-reuniones/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/cinco-conclusiones-clave-de-la-cop27

Valenzuela, R. (2022). Cambio climático: 2022 será un año seco y con altas temperaturas (Radio Nuevo Mundo). Recuperado de https://www.cr2.cl/cambio-climatico-2022-sera-un-ano-seco-y-con-altas-temperaturas-radio-nuevo-mundo/

Vicuña, M., y Schuster, J,P. (2021). *Planificación urbana y gestión del riesgo de desastres: desafíos para instrumentos y mecanismos de planificación urbana y territorial*. Recuperado de https://www.cigiden.cl/wp-content/uploads/2021/07/PP_Planificacion-Urbana-y-GRD_ISBN-Digital.pdf

10.9. Anexos y Apéndices

10.9.1. Apéndice 10.1. Desastres provocados por fenómenos hidrometeorológicos en la macrorregión centro, para el periodo 1980-2017.

Año	Fenómeno hidrometeorológico
2017	Tormentas precordilleranas generaron aluviones y rodados, ocasionando la muerte de tres personas en el sector de San José de Maipo. Múltiples aluviones, ocho rodados, cuatro puentes cortados y problemas en el suministro de agua potable en más de 30 comunas. (25 y 26 de febrero).
2016	1 persona muere a consecuencia de casa arrastrada por aluvión en el estero Las Cucas, sector del Melocotón, en San José de Maipo. Se dispone la evacuación del sector El Arenal en El Melocotón a causa de un deslizamiento de suelo y rocas. (17 de abril).
2016	Corte de la ruta I-45, en el kilómetro 50 y 70, camino a las Termas del Flaco, en la comuna de San Fernando, a causa de derrumbes y activación de quebradas. Más de 200 personas aisladas y 1 desaparecido. Onemi declara alerta Roja para las comunas de Nancagua, Placilla y San Fernando por crecida de río Tinguiririca. (15 de abril)
2015	Aluvión en el sector de Coya genera anegamiento de viviendas en la comuna de Machalí. (7 de agosto)
2015	Sistema frontal deja daños en 560 viviendas, afectando a 2.671 personas de diferentes puntos de la región de O'Higgins. En Chimbarongo los anegamientos afectaron a: villa Campanario, calle Miraflores, callejón Lo Molina y la totalidad de los caminos rurales resultaron intransitables. En Placilla hubo anegamiento en el sector de la villa Los Cerrillos, en La Dehesa arriba y abajo, en Rucalemu, en Los Aromos, en Lo Moscoso y en Arica, donde se registró desborde y colapso de alcantarillado y caminos inundados; Anegamiento de 30 viviendas en la Villa Padre Hurtado, comuna de Codegua; Anegamiento y deslizamiento en las quebradas Coya y Chacayes, comuna de Machalí; Anegamientos en múltiples sectores de la comuna de San Fernando. (6 de agosto)
2015	Estero Marga Marga recupera su cauce natural y arrastra vehículo, en Viña del Mar.; Socavón en el sector de interior de Los Pinos, Reñaca, comuna de Viña del Mar.; Socavón en Avenida Principal en Horcón, comuna de Puchuncaví. Vehículos afectados.; Deslizamiento de suelo en el sector La Fontaine del Cerro El Litre, en Valparaíso, afecta a varias viviendas; Socavón en calle Nueva Hipódromo con Los Danieles, comuna de Villa Alemana. (6 de agosto)
2015	Caídas de roca en la cuesta Barriga (ruta G-68), comuna de Padre Hurtado; ruta G-27 y túnel El Tinoco (2 lesionados en un vehículo), en la comuna de San José de Maipo; Desborde del canal Santa Marta, a la altura de 3 Poniente, en la comuna de Maipú. Anegamiento de viviendas. (6 de agosto)
2015	Marejadas causan inundación de estacionamientos en Viña del Mar, a la altura del Puente Quinta del estero Marga Marga. Tres personas atrapadas.(28 de julio)
2015	Caídas de roca en el sector Los Maitenes, comuna de San José de Maipo, y Lo Barnechea. (12 y 13 de julio)
2013	Flujo de detrito en el Cajón del río Maipo, que en 2 oportunidades por 2 días cada vez, bloquearon varios caminos y afectaron el suministro de agua potable al Gran Santiago, a causa del alto contenido de sedimentos.(21 de enero y 8 de febrero)
2012	Aluviones en el Parque Cordillera Yerba Loca, causaron el aislamiento de 104 turistas al interior del parque.(15 de enero)
2012	Aluvión en la quebrada Cañaveral, ruta G-21, al oriente de la región Metropolitana. Se cortó la ruta por varias horas, interrum- piendo el tráfico a los centros de esquí y a la mina Los Bronces, y dejando sin comunicación a 27 habitantes

	del sector y un camión atrapado. (17 de junio).
2012	Aluviones en el Parque Cordillera Yerba Loca, causaron el aislamiento de 104 turistas al interior del parque.(15 de enero)
2012	Deslizamientos de suelo y roca en el sector de Avenida El Carmen, en San José de Maipo. (12 y 13 de junio)
2012	Deslizamientos en el cerro Mayaca, Quillota. (12 de junio)
2011	Flujo de detrito en el sector la Bocatoma, Ruta Internacional Ch- 60, comuna de los Andes. (11 de febrero).
2010	Caída de rocas en comuna de Lo Barnechea.(19 de junio)
2009	Flujo de detrito en la quebrada Ñilhue, ruta G-21, al oriente de la región Metropolitana. 2 personas muertas, 1 bebé desaparecido, y más de 1.300 turistas quedaron aislados en el centro de esquí de Farellones. (6 de septiembre).
2005	Desborde de cauces e inundaciones en el sector oriente de la Región Metropolitana, e sectores bajos de las quebradas Lo Cañas, Macul y San Ramón, y curso medio del río Mapocho. (26 y 27 de agosto).
2004	Aluvión en la quebrada Lo Cañas. (12 de noviembre).
2002	Flujo de barro en la población El Bosque, Quilpué. (Septiembre).
2002	Deslizamientos, desprendimientos, caída de bloques y flujos de detritos en flanco poniente del Cerro Barón, ruta Viña del Mar-Valparaíso. (agosto).
2002	Remociones en masa en el camino Troncal, Viña del Mar. (24 de agosto).
2000	Flujo de detrito en el sector Juncal-Paso Los Libertadores, Camino Internacional. (18 noviembre).
1997	Deslizamiento activo en el Cerro Divisadero, en San José de Maipo. (8 de octubre) Se reactiva el 8 de septiembre de 1999 y el 14 de junio de 2000.
1997	Flujo de detrito y barro en la quebrada Las Amarillas, al norte Baños Morales, ocasionó un grave déficit de agua potable en un extenso sector de la región Metropolitana, debido a la colmatación de sedimentos en la respectiva planta de tratamiento. (23 y 24 de abril).
1995	Flujo de barro y detrito en el valle del río Blanco, que produjeron cuantiosos daños materiales en caminos de acceso a las faenas mi- neras, el colapso del ducto de transporte de concentrado y relaves, y problemas operacionales en el tranque de relaves Los Leones de la División Andina de Codelco. (27 de diciembre).
1993	Flujo de detrito y de barro (aluvión) en las quebradas Macul y San Ramón, debido a las intensas lluvias de verano, lo que provoca la muerte de 26 personas, 9 desaparecidos, 307 casas destruidas, 5.000 dañadas, y US$ 5.000.000 en pérdidas materiales. (3 de mayo).
1991	Aluvión en la quebrada Las Amarillas, en el Cajón del río Maipo, causa el bloqueo del camino. (Septiembre).
1991	Aluvión en la quebrada Lo Cañas.(25 de diciembre)
1987	Deslizamiento de rocas y flujo de detrito (aluvión) en el rio Colorado, que arrasó con 4 campamentos del proyecto Central Hidroeléctrica Alfalfal, de Chilectra, dejando 41 muertos y/o desa- parecidos y pérdidas materiales por US$ 12.000.000, considerando la Central Maitenes, 18 puentes sobre el río Colorado y caminos de acceso al proyecto Alfalfal. (1987 29 de noviembre).

1987	Remociones en masa en el río Juncal, cercano a Guardia Vieja, comuna de Los Andes. (18 de agosto).
1987	Desborde de quebradas del sector oriente de Santiago, y especialmente del Zanjón de la Aguada, que ocasiona la inundación de las comunas del sector, especialmente Peñalolén. (14 de julio).
1986	Desborde de los ríos Maipo y Mapocho, del canal San Carlos y el Zanjón de la Aguada, además de las quebradas San Ramón y Macul; 18 comunas de Santiago declaradas zonas de catástrofe a causa de las inundaciones. (15-17 de junio).
1984	Un alud que afectó al sector Cabeza del Indio, en el paso fronterizo Los Libertadores, causó la muerte de 27 personas. (3 julio)
1982	Desborde del río Mapocho y del Zanjón de la Aguada, ocasionando inundaciones en el sector oriente de Santiago, además de 6 rodados de nieve y tierra en Las Vizcachas y Romeral, Cajón del Maipo. (27 Junio)
1982	Desprendimientos de roca y corte del camino Los Andes-Cristo Redentor. (27 de junio).
1981	Flujo de detrito en la bocatoma de la planta Queltehues, de Chilectra, causaron la muerte de 2 personas y graves daños en la estructura de captación. (Julio)
1980	Flujo de detrito en los ríos Mapocho, Maipo, Yeso y Colorado, cortes en camino y daños en diversas estructuras. (Marzo)
1980	Flujo de detritos (aluvión) en el río San Francisco, afluente del río Mapocho, causaron la muerte de 3 personas, 4 desapariciones y 580 damnificados, así como pérdidas por US$ 500.000. (21 y 22 de febrero).
1980	Flujo de detrito en sectores Puntilla del Viento y Los Azules, valle del río Aconcagua. (21 y 22 de febrero).

Fuente: Elaboración propia en base a Galilea, 2020.

10.9.2. Apéndice 10.2. Principales desbordes e inundaciones del río Biobío en las últimas décadas.

Año	Descripción
2000	Intensas precipitaciones socavaron el camino entre Hualqui y Chiguayante. Debido a las intensas precipitaciones, medio centenar de familias resultó con sus viviendas seriamente dañadas donde el agua al interior de las casas llegó a más de 50 milímetros en las viviendas de la villa La Rivera, en Chiguayante.
2001	Se registró un total de 140 milímetros de agua caída en 48 horas La ONEMI adoptó las medidas para auxiliar a los damnificados del temporal al desbordarse los ríos Maule y Biobío. En la agricultura se produjeron daños por inundaciones de cultivos, pérdida de obras de arte de riego, animales muertos, caminos cortados, aislamiento para sacar las cosechas. Las más afectadas fueron las poblaciones rurales que bordean el río Biobío en Hualqui.
2002	Se registraron 119 milímetros en 24 horas provocando el desborde de ríos en tres regiones del centro-sur de Chile. En Concepción, producto de fuertes temporales de lluvia y viento, quedaron más de 7.000 personas aisladas, 700 damnificados, caminos cortados y numerosas viviendas anegadas. En Hualqui, 285 viviendas de las poblaciones ribereñas Nueva Hualqui, República y 18 de Septiembre fueron completamente inundadas por el desborde del río Biobío. Las casas y calles se inundaron alcanzando el agua un metro de profundidad. En San Pedro de la Paz, además de inundaciones, se produjeron cortes de caminos en zonas ribereñas.
2003	El aumento del caudal del río Biobío fue causado por las intensas precipitaciones caídas en la zona sur del país durante tres días. En 24 horas precipitaron 349 milímetros. Estas precipitaciones dejaron 16 mil personas afectadas, 7 mil aisladas y cerca de mil albergados y damnificados, el río Biobío alcanzó su mayor nivel histórico, de 11.200 m^3/s, lo que provocó la inundación de varias poblaciones ribereñas en la localidad de Hualqui, con 900 damnificados.

2006	Entre el 10 y 12 de julio, el desborde del río Biobío producto de las intensas precipitaciones generó estragos en diversas comunas de la octava región, al dejar cientos de casas cubiertas por el agua y miles de personas aisladas debido al corte de caminos. La caída de 260 milímetros en 36 horas motivó la apertura de las compuertas de las centrales hidroeléctricas de Pangue y Ralco, en el sector de Alto Biobío, lo que provocó el desborde del río más caudaloso de la región, afectando principalmente a las comunas de Santa Juana, Hualqui y San Pedro de la Paz. Debido a este evento se produjeron un total de 15 fallecidos, 2 desaparecidos y cuantiosos daños materiales, además de 36.704 damnificados según el Comité Regional de Emergencia.
2006	El 11 de julio las laderas del Cerro Manquimavida cedieron frente a las persistentes lluvias, generando un alud de barro y piedras que se llevó consigo la vida de tres voluntarios de la institución y de siete vecinos. A las 20:30 horas de ese fatídico día 11 de julio, cuando los siete miembros de una familia, junto a tres voluntarios del Cuerpo de Bomberos de Chiguayante fueron sorprendidos por un aluvión al interior de su vivienda, estaban preparando todo para abandonarla. El caudal del río Biobío llegó a un nivel crítico de ocho metros aproximados, lo que obligó la evacuación de más de 200 familias de la comuna de Hualqui. En esta comuna también el desborde del Biobío cubrió por completo casi tres kilómetros de la vía férrea y provocó daños en algunos trenes de pasajeros, lo que motivó la suspensión de los biotrenes que unen a esta localidad con Nacimiento y Chiguayante. Los lugares más afectados en Concepción fueron los asentamientos poblacionales en la ribera del río Biobío, y los localizados cerca del río Andalién y del estero Nonguén, que también fueron desbordados.

Fuente: Elaboración propia en base a Galilea, 2020.

10.9.3. Apéndice 10.3. Tornados y trombas marinas en la macroregión sur en la última década.

Año	Localidad	Daños
2010	Vegas del Itata	Dos heridos leves, daños en casas y el retén de Carabineros (registro fotográfico y videos de otra tromba que pasó frente a Lirquén y Penco).
2013	San Carlos	Dos heridos y 232 damnificados, corte de luz, daños en 103 viviendas, dos sedes sociales y cinco florerías del Cementerio Municipal, Liceo Violeta Parra con voladura de techos y ventanas, caída de una pandereta y destrucción de la ferretera “Almet”.
2016	Toltén	Un herido grave, dos casas dañadas y galpones destruidos (registro fotográfico y videos).
2017	Isla Mocha	Dos casas con daños en ventanas y techos, Alcaldía de Mar con un faro destruido y la estación meteorológica automática dañada (primera medición del viento con 80 Nudos o 150 km/h). Más al Este, en Piedra Azul de Puerto Montt, otro tornado voló los techos de seis viviendas en construcción, cayendo en un lugar cercano.
2017	Theodor Schmidt	Seis casas dañadas, voladura de techos, corrales y dos bodegas destruidas, árboles cortando el camino, animales muertos y heridos. Más al Norte, cerca de Tirua, otra tromba marina dañaba casas y árboles.
2017	Llico	Una vivienda destruida, daños en dos iglesias, una casa y bodega.
2019	Los Ángeles	Voladura de techos, desprendimiento de letreros y señalética en calles, volcamiento de vehículos.
2019	Bahía de Concepción, Talcahuano	Voladura de techos y desprendimiento de señaléticas y publicidad en la carretera y vía pública. Una persona fallecida.

2020	San Nicolás	No logró tocar tierra, ni causar daños a las personas, ni a las infraestructuras[82].

Fuente: Elaboración propia en base a Galilea, 2019.

10.9.4. Apéndice 10.4. Desastres provocados por fenómenos hidrometeorológicos en la macroregión austral durante el periodo 1994-2020.

Año	Fenómeno hidrometeorológico
2020	16 de mayo. Temporal de Lluvia y viento afecta a las Regiones de Los Lagos y Aysén, provocando inundaciones, deslizamientos, cortes de caminos y viviendas anegadas.
2019	1 de mayo. Temporal en la Región de Los Lagos que afectó a cerca de 500 personas, dos fallecidas y alrededor de 70 viviendas afectadas, por anegamiento.
2017	17 de diciembre. Un aluvión arrasó con todo a su paso, dejando como resultado 21 personas fallecidas y un desaparecido y dejando prácticamente sepultada la Villa Santa Lucía en la comuna de Chaitén.
2017	20 de febrero. Deslizamiento de suelo sobre la Ruta CH-225, Cruce Los Patos, en el acceso a Petrohué, comuna de Puerto Varas.
2017	16 de febrero. Anegamientos en el sector de calle 18, comuna de Ancud, a causa de lluvias intensas.
2017	19 de enero. Remoción en masa interrumpe conexión entre parte norte de la Región de Aysén y Puerto Aysén y Coyhaique. Remoción en masa interrumpe salida sur de Puyuhuapi (Ruta 7), en la Región de Aysén.
2016	13 de septiembre: Deslizamiento interrumpe la Ruta 7 Norte de acceso a Puyuhuapi (a dos kilómetros al sur de esta ciudad), en la comuna de Cisnes, Región de Aysén.
2016	22 de agosto: Aislamiento de la comuna de Villa O'Higgins, Región de Aysén, a causa de remoción en masa sobre 200 metros de camino, a 42 km al norte de la mencionada comuna, en la ruta perpendicular a la Carretera Austral, única conexión entre Río Bravo y Villa O'Higgins.
2016	8 de enero; Deslizamientos y aluviones en la ladera del Volcán Osorno interrumpen el camino entre ruta Ensenada y Petrohué, en la Provincia de Llanquihue.
2015	6 de octubre: Deslizamiento de suelo interrumpe la Carretera Austral (Ruta 7) en el kilómetro 251, del sector puente Lago Yelcho, comuna de Chaitén.
2015	18 de julio: Anegamiento en paso bajo nivel San Pedro, en Osorno, región de Los Lagos.
2015	18 de julio: Socavamiento de suelo en el camino Dalcahue - Mocopulli (km 4), en Chiloé.
2015	18 de julio: Deslizamiento de suelo y roca en el camino de ingreso a Maicolpué, comuna de San Juan De La Costa. Provincia: Osorno.
2015	15 y 18 de julio: Deslizamiento entre Nueva Imperial y Carahue (Ruta S-40, sector Los Notros, km 6.5), región de la Araucanía, seguido el 18 de julio por un segundo deslizamiento registrado en el sector de El Toqui de la misma ruta.
2015	2 de julio: Deslizamiento e inundación en Maicolpué, comuna de San Juan de la Costa.
2015	1 de julio: Deslizamiento de suelo y roca en calle Agustín Gómez García, tramo vial comprendido entre el pasaje El Canelo y

[82] Canal 13 (27.04.2020).

	acceso a población Bellavista, en la comuna de Quellón, región de Los Lagos.
2015	2 de junio: Deslizamiento en sector de Saltos de Petrohué, comuna de Puerto Varas, destruye 4 viviendas y motiva la evacuación de 8 familias.
2015	23 de abril: Desborde del río de Las Chinas, en el sector de Cerro Castillo, comuna de Torres del Paine, causó la muerte de al menos 400 corderos, y cortes de camino en los sectores Cerro Guido, El Chingue, Estancia Rincón Negro, San Luis y Laguna Amarga:
2014	15 de noviembre: Deslizamiento submarino en la caleta La Arena, comuna de Puerto Montt.
2014	13 de junio: Remoción en masa en el sector de Pucatrihue y Maicolpué, comuna de San Juan de la Costa.
2014	10 de junio: Remoción en masa en el sector de La Quebrada, comuna de Puerto Varas.
2014	2 de junio: Remoción en masa ocurrida en Panitao Bajo, comuna de Puerto Montt.
2014	2 de junio: Remoción en masa en el sector de Frutillar Bajo, comuna de Frutillar. Dos turistas argentinos son rescatados con heridas leves.
2014	1 de junio: Deslizamiento de suelo y roca destruye una vivienda en el sector de la playa central de Pucatrihue, comuna de San Juan de la Costa.
2013	7 de septiembre: Deslizamiento de suelo y roca en la ruta U-40, en calle Bellavista, que conecta la comuna de Osorno con la costa.
2013	2 de junio: Flujo de detrito en Sierra Santo Domingo, Petrohué, comuna de Puerto Varas.
2013	Mayo: Deslizamiento en sector Piedra Azul, km 12 carretera Austral.
2013	8 de mayo: Deslizamiento de terreno en la costanera de Puerto Varas.
2012	5 de noviembre: Remoción en masa en el sector Miramar, pasaje Luis Espinoza, comuna de Castro.
2012	Mayo: Deslizamientos de roca en la ruta Y-290 Cueva Milodón-río Serrano, provincia de Última Esperanza, ocasionando el corte de la ruta y afectando el desplazamiento de habitantes y turistas.
2012	11 de marzo: Deslizamientos rotacionales en el cauce del río Las Minas, y flujos de detritos e inundación afectaron, principalmente, el sector sureste de la ciudad de Punta Arenas, impactando en forma importantes sus actividades.
2012	Enero y febrero: Deslizamientos traslacionales de roca en el tramo inicial de la variante El Maitén, comuna de Chile Chico.
2011	30 de agosto y 2 de septiembre: Remociones en masa en la Villa Santa Lucía, comuna de Chaitén, provincia de Palena.
2010	19 de abril: Deslizamiento en la ladera Mc Iver, población Modelo, Puerto Montt.
2009	Junio: Deslizamiento de roca en el Sector Ruta 7, área Punta Baja.
2009	Mayo: Flujo de detrito en la laguna San Rafael.
2008	18 de mayo: Remociones en masa en la comuna de Calbuco, que ocasionaron la muerte de 2 personas menores de edad y destrucción de una vivienda.

2008	11 de mayo: Lahar secundario del Volcán Chaitén destruye parcialmente a la ciudad de Chaitén. La erupción iniciada el 30 de abril registró Índice de Explosividad Volcánica (IEV): 4.
2007	Septiembre: Remociones en masa en la caleta El Manzano, comuna de Hualaihué.
2007	Agosto: Remoción en masa en el km 43.200 de la ruta U-40, entre Osorno y Bahía Mansa.
2002	9 de agosto: Desprendimiento de laderas en la caleta Huellelhue, comuna de Río Negro.
2002	Agosto: Remoción en masa en el km 43.200 de la ruta U-40, entre Osorno y Bahía Mansa.
2001	3 de mayo: Remociones en masa en Caleta Buill, comuna de Chaitén.
2001	7-9 de marzo: Flujo de barro y socavamiento ocurrido en la población Cardenal Silva Henríquez, comuna de Castro.
1996	Agosto: Deslizamiento de bloques de roca en el sector El Maitén, Guadal.
1995	Agosto 8 – 10: Se registraron temperaturas extremadamente frías, con un nevazón que afectó a las regiones de la macroregión Austral, principalmente a la Región de Magallanes, causando el corte de caminos, cierre de aeropuertos y aeródromos, y la pérdida de miles de animales. Fue denominado como “Terremoto Blanco”.
1995	7 de mayo: A causa de la caída de 192 milímetros de agua en menos de 48 horas, y la acumulación de sedimentos en un alcantarillado, colapsa un terraplén ubicado en el km 8 de la ruta internacional 225, que une Ensenada con Puerto Varas, en la región de Los Lagos. La remoción en masa deja un socavón de 15 metros de profundidad, donde caen 6 vehículos que transitaban de noche a cerca de 100 kilómetros por hora. Mueren 27 personas y sólo sobrevive una, en lo que se conoce como “la tragedia del estero Minte”. Las indemnizaciones definitivas sumaron en total 1.225 millones de pesos para 26 de 27 familias de las víctimas y al sobreviviente.
1994	27 enero: Deslizamiento de bloques de roca en el sector El Vagabundo, camino Cochrane-Puerto Yungay.

Fuente: Elaboración propia en base a Galilea, 2020.

10.9.5. Apéndice 10.5. Impactos territoriales del temporal de precipitaciones del 16 de mayo de 2020.

Comuna	Impacto
Cochamó	16 familias aisladas en el sector Poicas, producto de las crecidas de los ríos Poicas y Puelo Chico. Socavón en Ruta V-69, a la altura de los kilómetros 84 y 88, en la Ruta V-697, sector Río Blanco – Yate, producto de desborde del río.
Palena	Por aumento del caudal del río Palena, el tránsito de la Balsa El Malito fue suspendido hacia el sector rural El Tranquilo, dejando a 30 familias aisladas. Asimismo, en el sector Laguna Las Golondrinas, 02 familias aisladas debido al aumento de caudal del río que amenaza con colapsar la pasarela peatonal. Interrupción de tránsito en el kilómetro 32 de la Ruta CH-235, debido al desborde del río Malito.
Chaitén	Diversas interrupciones de tránsito producto de deslizamiento de material y socavones en la Ruta 7: – Sector cuesta Moraga y Puente Maldonado, kilómetro 267. – Desde Puente el Yelcho hasta Villa Vanguardia. – En el sector Los Turbios.
Hualaihué	Interrumpido el tránsito entre los kilómetros 115 y 130 de la Ruta 7, producto de roturas de alcantarillas en el sector; En la localidad de Hornopirén de forma preventiva se realizó una evacuación a 20 familias del sector Los Canelos, debido al desborde del río Blanco (altura del kilómetro 105 de la Ruta 7).

Futaleufú	18 familias aisladas, producto del aumento de caudal del río Espolón y diversos socavones registrados en el kilómetro 13 de la Ruta W-907; En el sector El Espolón se registró el colapso del puente, debido a socavones producidos por el arroyo Manquilef; Interrumpido el tránsito en el kilómetro 14,4 de la Ruta W-887, debido a socavones y desbordes de esteros.
Cisnes	Cerrados de forma preventiva los caminos desde las localidades de La Junta a Raúl Marín Balmaceda, y la Ruta 7 Norte, a la altura de La Junta hasta el Cruce Cisnes; La barcaza del río Palena suspende sus viajes, debido a las ma- las condiciones para navegar en él.
Río Ibáñez	Corte preventivo de la Ruta X-728 (Puerto Río Tranquilo – Exploradores) por las intensas lluvias en el sector.

Fuente: Elaboración propia en base a Galilea, 2020.

10.9.6. Apéndice 10.6. Cuencas que contarán con un Plan Estratégico de Gestión Hídrica para el período 2020-2022

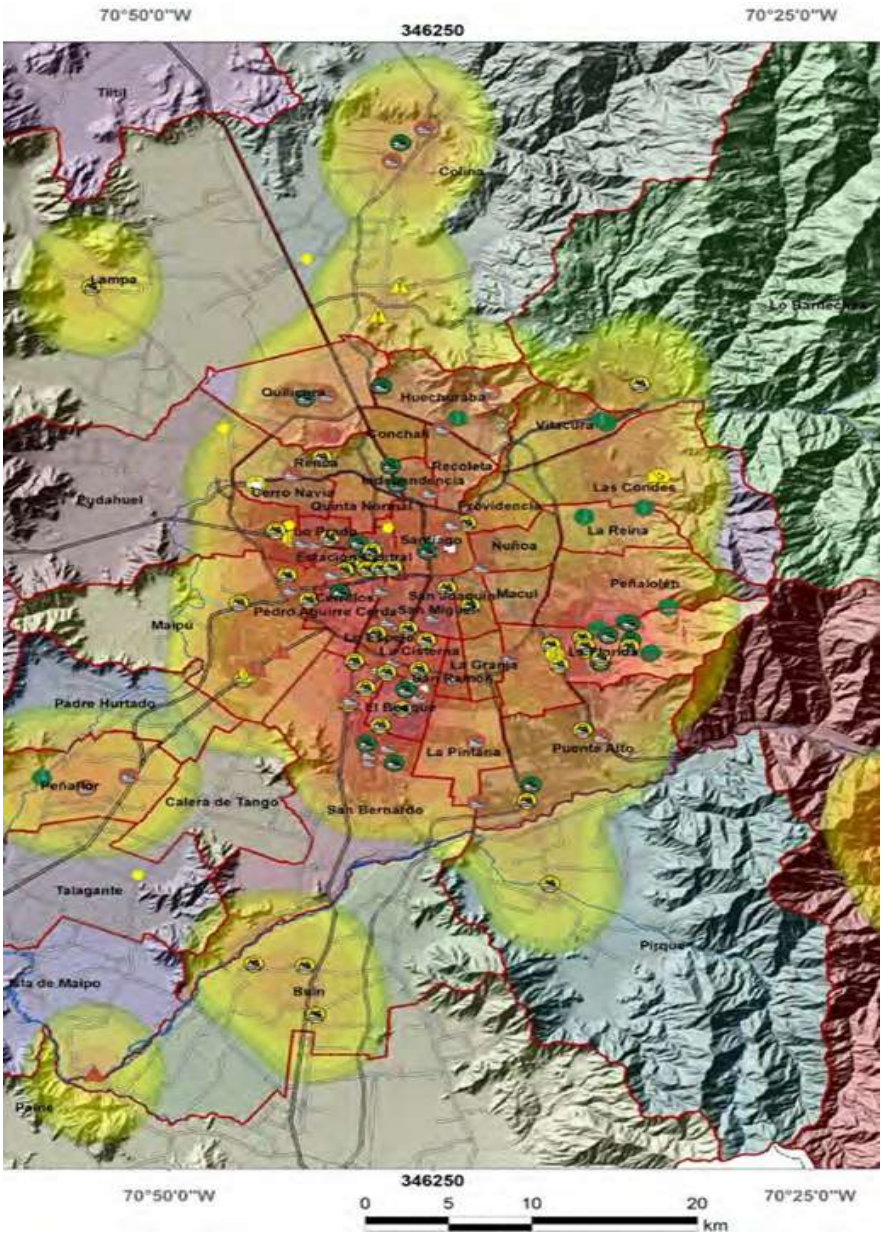
Cuenca	**Plazo de presentación**
Copiapó	dic-20
Huasco	dic-20
Elqui	dic-20
Limarí	dic-20
Choapa	dic-20
Quilimarí	dic-20
Ligua	dic-20
Petorca	dic-20
Maule	dic-20
Lluta	jun-21
Pampa del Tamarugal	jun-21
Loa	jun-21
Salar de Atacama	jun-21
Biobío	jun-21
Imperial	jun-21
Valdivia	jun-21
Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	dic-21
Río Maipo	dic-21
Rapel	dic-21

Mataquito	dic-21
Río Toltén	dic-21
Rio Bueno	dic-21
San José	dic-21
Caracoles	dic-21
Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama	dic-21
Río Salado	dic-21
Salar de Maricunga	dic-21
Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totora	dic-21
Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	dic-21
Estero Casablanca	dic-21
Costeras entre Río Maipo y Río Rapel	dic-21
Rio Toltén	dic-21
Rio Palena y Costeras Limite Decima región	dic-21
Rio Serrano	dic-21
Cuencas Punta Arenas	dic-21
Cuencas Vertiente del Atlántico	dic-21
Cuencas Tierra del Fuego	dic-21
Altiplánicas	feb-22
Río Los Choros	feb-22
Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	feb-22
Costeras entre Rapel y E. Nilahue	feb-22
Cuencas Endorreicas Salar Atacama - Vertiente Pacífico	feb-22
Quebrada de la Concordia	dic-22
Costeras entre Elqui y Limarí	dic-22
Aconcagua	dic-22
Rio Pascua	dic-22
Río Baker	dic-22

Costeras e Islas entre Río Aysén y Río Baker y Canal General Martínez	dic-22
Río Aysén	dic-22
Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén	dic-22
Costeras entre Río Ligua y Río Aconcagua	dic-22
Rapa Nui Fase 1	dic-22
Rapa Nui Fase 2	dic-22
Costeras entre Río Mataquito y Río Maule	dic-22
Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	dic-22
Rio Carampangue	dic-22
Costeras Carampangue-Lebu	dic-22
Río Lebu	dic-22
Costeras e Islas entre Río Bueno y Río Puelo	dic-22
Río Puelo	dic-22
Islas Chiloe y Circundantes	dic-22

Fuente: DGA, 2021.

10.9.7. Anexo 10.1. Mapa de comunas más afectadas por inundaciones y anegamientos 2020.



Fuente: CIGIDEN, 2020.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL

Autores:
Gustavo Orrego (1)
Emilia Ovalle (2) (3)
Camila Inés Cortes (2) (3)
Valentina Escanilla (2) (3)

(1) Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

(2) Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

(3) Consultora externa Informe País.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

TERCERA PARTE: POLÍTICAS E INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Gustavo Orrego, Emilia Ovalle, Camila Inés Cortes, Valentina Escanilla. 1. Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP- 2. Universidad de Chile-Facultad de Ciencias Agronómicas.

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **6**

AGRADECIMIENTOS **8**

TERCERA PARTE: INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL **10**

1. MARCO CONSTITUCIONAL Y LEGAL **10**

1.1. Precedentes institucionales *10*

1.2. Institucionalidad ambiental *12*

1.2.1. Ministerio del Medio Ambiente 14

1.2.2. Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático 19

1.2.3. Consejos Consultivos del Ministerio del Medio Ambiente 20

1.3. Reconceptualización Constitucional ambiental *21*

1.3.1. Propuesta de modificaciones Constitucionales 24

1.3.2. Elementos de relevancia 30

2. EVALUACIÓN AMBIENTAL **33**

2.1. Servicio de Evaluación Ambiental *33*

2.2. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental *35*

2.2.1. Descripción básica del SEIA 35

2.2.2. Estadísticas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental 41

3. FISCALIZACIÓN AMBIENTAL **52**

3.1. Superintendencia del Medio Ambiente *52*

3.1.1. Antecedentes 52

3.1.2. Programas y subprogramas de fiscalización 54

3.2. Complejidad y alcances de la fiscalización ambiental *55*

3.2.1. Unidades fiscalizables y expedientes de fiscalización 55

3.2.2. Instrumentos de carácter ambiental fiscalizables 58

4. JUSTICIA AMBIENTAL **62**

4.1. Localización, conformación y operación *62*

4.1.1. Competencias de los tribunales ambientales 63

4.2. Causas Ingresadas a los tribunales ambientales, fallos y resoluciones *65*

4.2.1. Causas ingresadas 65

4.2.2. Sentencias de los Tribunales Ambientales y la justicia ordinaria 67

4.2.3. Judicialización de proyectos de inversión sometidos al SEIA 70

5. GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL Y LOCAL 79
5.1. Gestión ambiental regional 79
5.1.1. Institucionalidad ambiental regional 80
5.1.2. Instrumentos de gestión ambiental regional 83
5.1.3. Análisis de la gestión ambiental regional 93
5.2. Gestión ambiental local 94
5.2.1. Sistema de Certificación Ambiental Municipal 95
5.2.2. Ordenanzas Ambientales 103
5.2.3. Estrategia Ambiental Comunal 108
6. Bibliografía 110
7. Anexos 115
7.1. Anexo 1. Temáticas de artículos con contenido medioambiental 115
7.2. Anexo 2. Cuadros y Figuras asociadas a la Evaluación de Impacto Ambiental. 115
7.3. Anexo 3. Funciones y atribuciones de la Superintendencia del Medio Ambiente 123
7.4. Anexo 4. Cuadros asociados a la Justicia Ambiental 125
7.5. Anexo 5. Permisos y pronunciamientos ambientales según OAECA responsable 127

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

A **Gustavo Orrego** (por su dirección de esta Tercera Parte en el 8 Informe) y Fernando Dougnac.

A **Beatriz Pogorelow** (elaboración de bases de datos, resúmenes y presentaciones)

A **Marisabel Romaggi** (coordinación del informe 1999)

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y

Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

TERCERA PARTE: INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL

1. MARCO CONSTITUCIONAL Y LEGAL

Autores: Gustavo Orrego-Méndez[1], Emilia Ovalle[2], Camila Inés Cortés[2], Valentina Escanilla[2]

1.1. Precedentes institucionales

Un hito significativo en la introducción del medio ambiente en la institucionalidad chilena fue la instalación de las bases jurídicas de la protección del medio ambiente en la Constitución de la República de 1980 que consagra, en su artículo 19, No 8, el derecho de las personas a vivir en un ambiente libre de contaminación, siendo deber del Estado velar por el cumplimiento de esta disposición. A la par, su inciso segundo establece que por medio de una ley se podrán imponer restricciones específicas al ejercicio de las demás garantías para lograr ese objetivo. En concordancia con lo expresado, el inciso segundo del artículo 20 de la misma Constitución regula especialmente el recurso de protección para garantizar este derecho, estableciendo que procede cuando este sea afectado por actos u omisiones ilegales de una persona o autoridad determinada. Por otra parte, en el artículo 19, No 24, inciso segundo, la Constitución establece que la conservación del patrimonio ambiental es una de las funciones sociales de la propiedad.

También en los ‘80 comienza a desarrollarse el marco institucional para una gestión ambiental explícita con la promulgación de dos decretos supremos en 1984, el No. 271 que establece la Comisión Interministerial de Ecología cuyo objetivo era proponer al Presidente de la República “la creación de un organismo o sistema nacional de medio ambiente que formule, unifique, desarrolle e implemente las políticas que el supremo gobierno estime convenientes para la protección del medio ambiente y la racional utilización de los recursos naturales renovables”, y el No. 680 que creó la Comisión Nacional de Ecología, también de carácter interministerial, con el objetivo de “asesorar al Presidente de la

[1] Coordinador Programa de Medio Ambiente, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.
[2] Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

República en las acciones generales de Gobierno vinculadas a la protección del medio ambiente y a la conservación de los recursos naturales renovables". Ambos decretos no tuvieron mayores frutos ya que, no había una institucionalidad respaldándolas y tampoco la decisión política de realizar algún seguimiento a la dinámica que se estaba dando en esos años, particularmente en el ámbito internacional, y de brindar algún apoyo técnico reactivo frente a denuncias originadas en la sociedad civil.

En los años '90 se empiezan a producir cambios debido a una emergente preocupación ciudadana por el deterioro ambiental y de la presión internacional, sea asociada a la cooperación para el desarrollo, sea a las exigencias de los mercados de los países industriales; una mayor apertura relacionada al advenimiento de la democracia tuvo también influencia sobre ello. En 1990 se creó la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana que representó un paso significativo en el proceso de gestión ambiental, y se reemplazó la Comisión Nacional de Ecología de 1984 por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (DS No 240/90), encargándosele el "estudio, propuesta, análisis y evaluación de todas aquellas materias relacionadas con la protección y conservación del medio ambiente", ambas de carácter interministerial.

Con la creación de la CONAMA, representando la voluntad política de asumir la problemática ambiental desde el Estado, comienza a institucionalizarse la gestión ambiental en Chile. En cuanto a lo legal, se realiza un completo inventario de la dispersa y enorme cantidad de normas jurídicas vigentes con relevancia ambiental del país y, la iniciativa de mayor proyección hasta el momento, se inicia la tramitación en el Congreso Nacional de la Ley General de Bases del Medio Ambiente, la Ley N° 19.300 (Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente o LBGMA en lo sucesivo) (Asenjo, 2006), promulgada en 1994. De este modo se adoptó formalmente una noción de sistema de gestión ambiental en el país conformado por la suma de las competencias ambientales de las diversas carteras sectoriales, coordinadas por la CONAMA cuyo rol, en cuanto a la ejecución de políticas, se desarrolla en los límites que marcan las potestades del resto de los sectores.

Las expresiones jurídico-institucionales de la gestión ambiental en Chile han venido evolucionando a un ritmo creciente desde entonces. Sin embargo, es importante tener presente que el marco jurídico-institucional relativo a la gestión

de los recursos naturales se inició mucho antes, aunque desde perspectivas más bien productivistas, en el ámbito de los ministerios sectoriales en un proceso relativamente lento de aproximación a la perspectiva holística que brinda el concepto de medio ambiente humano y a la noción de gestión ambiental.

Cabe recordar entre estos antecedentes que la única expresión de política ambiental explícitamente declarada como tal, es la representada por el documento de política aprobado por el Consejo Directivo de la CONAMA en 1998[3]. La política ambiental definida descansaba en un conjunto de fundamentos y principios; establecía que su objetivo general era promover la sustentabilidad ambiental del proceso de desarrollo con miras a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y de las generaciones futuras. Consideraba a la gestión ambiental como una función eminentemente pública, de responsabilidad individual y colectiva, que requería del compromiso y la participación de toda la sociedad civil. Se planteaban objetivos específicos de política y una agenda ambiental que incluía compromisos y tareas prioritarias para cada uno de los objetivos propuestos. En paralelo a la Política Ambiental de 1998, se formularon políticas ambientales regionales, pero éstas, así como la política nacional, no tuvieron relevancia alguna. En general, desde entonces, la gestión ambiental ha descansado en políticas ambientales implícitas, no declaradas como tales, pero manifiestas en diversos instrumentos oficiales (políticas ambientales sectoriales, agendas, mensajes presidenciales, proyectos de ley, etc.).

A partir del año 2010, al modificarse sustancialmente la Ley N° 19.300 (Ley N° 20.417), se crea una nueva institucionalidad ambiental que sigue vigente hasta la fecha, con modificaciones legales no estructurales que han ido perfeccionando la LBGMA y las instituciones.

1.2. Institucionalidad ambiental

En 1994, con la promulgación de la Ley N°19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el Estado configuró una estructura institucional específica para este fin, siendo robustecido y modernizado en el transcurso del tiempo. Es así como la institucionalidad ambiental vigente se define por la Ley N°20.417, publicada en enero de 2010, correspondiendo a una actualización de la LBGMA en la búsqueda de una gestión ambiental más eficiente y eficaz. En esta, se crea una nueva institucionalidad ambiental, conformada por el Ministerio del Medio

[3] Una política ambiental para el desarrollo sustentable", CONAMA (1998).

Ambiente (MMA), a cargo de la formulación y regulación de la política ambiental; el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), como un órgano técnico independiente, encargado de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), cuya responsabilidad es la fiscalización de los instrumentos de gestión ambiental, su seguimiento y sanción, cuando corresponda. A su vez, este nuevo modelo institucional incorpora un Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y se completa con los tribunales ambientales a través de la Ley N°20.600. Actualmente son tres los tribunales encargados de resolver controversias medioambientales en el territorio chileno, localizados en las ciudades de Antofagasta, Santiago y Valdivia.

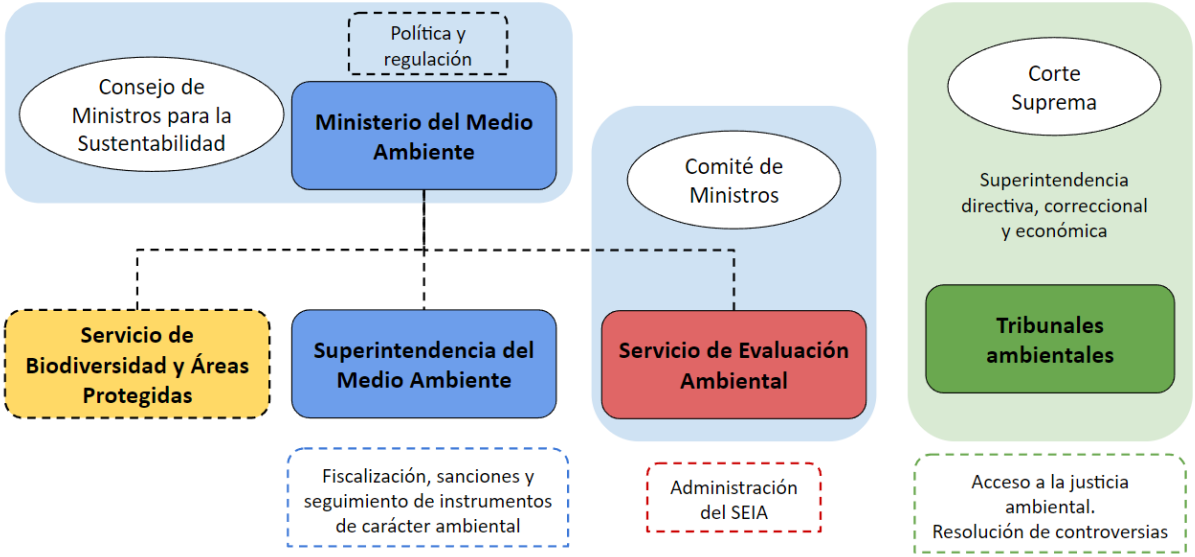
Un aspecto de gran influencia en el desarrollo de esta nueva institucionalidad fue la oportunidad de Chile para ingresar como país miembro a la Organización para la Cooperación Económica (OCDE). Para ello, el país fue sometido a la evaluación del desempeño ambiental exigida por la OCDE[4]. Esta concluía que, respecto al periodo 1990-2004, si bien Chile había fortalecido sus instituciones ambientales sobre la base de un modelo de coordinación ambiental multisectorial, además de intensificar sus iniciativas ambientales relativas a aire, agua, residuos, y gestión de la diversidad biológica, era necesario emprender iniciativas entre las que se destacaba "desarrollar y fortalecer las instituciones ambientales en los ámbitos nacional y regional" y el fortalecimiento de "la capacidad de cumplimiento y fiscalización, incluso mediante reformas institucionales, como por ejemplo, el establecimiento de un órgano de inspección ambiental" entre otros temas. Estas debieran ser presentadas como recomendaciones al Gobierno de Chile (Centro de Análisis de Políticas Públicas [CAPP], 2008; SMA, 2017). Es así que, en la segunda evaluación del desempeño ambiental de Chile, se señalan diversas oportunidades y desafíos para el país en materia ambiental, falencias y mejoras que hasta la actualidad no se han logrado subsanar del todo (OCDE, 2016).

La nueva institucionalidad existente posiciona los asuntos sobre el medio ambiente desde una nueva perspectiva al establecer un ministerio focalizado en el tema, con órganos y funciones determinadas. A partir de ello se valida políticamente la importancia del medio ambiente, tanto desde una perspectiva de prevención como desde una lógica correctiva (fiscalizadora y sancionadora). La

[4] La evaluación del desempeño ambiental fue uno de los requisitos de la OCDE para aprobar la admisión de Chile a la organización. La OCDE fue fundada en 1961 con la misión de promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo; agrupa, a la fecha, a 36 países, casi todos ellos desarrollados. En línea https://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/, junio 2022.

Figura 1.1 brinda una visión de la institucionalidad ambiental vigente, descrita en el siguiente apartado de este informe.

Figura 1.1. Síntesis de la institucionalidad ambiental vigente**.**



Fuente: Elaboración propia, septiembre 2022.

Si bien en la figura se observa la presencia del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), contemplado en la modificación de la Ley N° 20.417, este aún se encuentra en su segundo trámite constitucional en la Cámara de Diputadas y Diputados[5]. La creación de este servicio tiene un rol significativo en la conservación de la biodiversidad y la administración de un sistema nacional único de áreas protegidas del Estado, mediante la gestión para la preservación, restauración y uso sostenible de genes, especies y ecosistemas.

1.2.1. Ministerio del Medio Ambiente

Se le define como "órgano del Estado encargado de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa." Su visión es "alcanzar el desarrollo sustentable para el país con el objeto de mejorar la calidad de vida de los chilenos, tanto de esta generación como de futuras" y, su misión, "liderar el desarrollo sustentable, a través de la

[5] Este proyecto de ley ingresó al Congreso el 18 de junio de 2014, por lo que actualmente, lleva más de ocho años en discusión.

generación de políticas públicas y regulaciones eficientes, promoviendo buenas prácticas y mejorando la educación ambiental ciudadana"[6].

La LBGMA establece, en su artículo 74, que la organización del Ministerio será la siguiente[7]:

a) El Ministro del Medio Ambiente.
b) El Subsecretario.
c) Las Secretarías Regionales Ministeriales del Medio Ambiente.
d) El Consejo Consultivo Nacional y los Consejos Consultivos Regionales.

Sin perjuicio de las instancias que se relacionan directamente con la Ministro y que se abordarán en párrafos posteriores, el Ministerio, se estructura en oficinas, divisiones, a su vez subdivididas en departamentos, y secretarías regionales ministeriales (SEREMI), una en cada región. En el **Cuadro 1.1** se listan las oficinas y divisiones.

Cuadro 1.1. Estructura del Ministerio del Medio Ambiente.

Oficinas	Divisiones
Auditoría Interna	Cambio climático
Planificación, presupuesto y control de gestión	Recursos naturales y biodiversidad
Asuntos internacionales	Educación ambiental y participación ciudadana
Comunicación de prensa	Jurídica
Implementación legislativa y Economía circular	Administración y Finanzas
Evaluación ambiental	Calidad del aire

Fuente: MMA, en línea, https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/ , mayo 2022

1.2.1.1. Funciones y áreas de trabajo

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente asigna al MMA 26 funciones específicas (artículo 70 de la LBGMA) que cubren una amplia gama de asuntos que se integran en la noción de medio ambiente, independientemente que sean materia específica de otros ministerios. Estas funciones implican algún tipo de interferencia en mayor o menor grado del MMA, en temas como las áreas protegidas del Estado y de propiedad privada, las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos, las convenciones internacionales, en las definiciones ambientales en el ámbito de los ministerios sectoriales, en la gestión de los recursos naturales renovables e hídricos, en materia de residuos y suelos contaminados, en los riesgos asociados a productos químicos y otras sustancias y a organismos genéticamente modificados, en el cambio climático y en la biodiversidad, entre muchos otros.

Desde una mirada de la institucionalidad ambiental internacional, desde el año 2015 Chile forma parte de los Estados Miembros que integran la Agenda Internacional 2030 de las Naciones Unidas. Esta busca alcanzar el desarrollo sostenible mediante el compromiso de 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible

[6] MMA, en línea, https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/, junio 2022.
[7] La Ley 19.300 modificada por la Ley 20.417 (2010).

(ODS). En ese sentido, el MMA coordina la ejecución y seguimiento de las metas de los ODS con mayor énfasis ambiental. Estos son los objetivos: (11) ciudades y comunidades sostenibles; (12) producción y consumo responsable; (13) vida marina; (14) vida submarina; y (15) vida de ecosistemas terrestres.

Con todo, el esfuerzo operativo del MMA se focaliza en nueve áreas de trabajo que ordenan las actividades asignadas a las oficinas y divisiones definidas, presentadas a continuación[8].

Aire: Está bajo la División de Calidad del Aire y Cambio Climático. Incorpora, además de la calidad del aire propiamente tal y de las emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación al cambio climático, el ruido ambiental, la contaminación lumínica y la contaminación por olores. Entre los instrumentos correspondientes al área se cuentan las normas de calidad del aire y de emisión; los planes de prevención y descontaminación atmosférica; el Programa Aire Chile orientado a los pronósticos de calidad del aire y el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA); la Red Meteorológica para Calidad del Aire Región Metropolitana en convenio con la Dirección Meteorológica de Chile, y el Programa de Calefacción Sustentable y registros de calefactores y vendedores de leña.

Biodiversidad: Bajo la División de Recursos Naturales y Biodiversidad que cubre la conservación de la biodiversidad y la protección, conservación, uso sustentable y manejo de los recursos naturales, tanto terrestres como de aguas continentales y marinas, incluyendo la clasificación de especies y la gestión de especies exóticas invasoras. Instrumentos destacados son la Estrategia Nacional de Biodiversidad; los planes de recuperación, conservación y gestión de especies y el Inventario Nacional de Especies; el Registro Nacional de Áreas Protegidas; la restauración ecológica asociada al Comité Nacional de Restauración Ecológica; la Ruta para la Conservación Marina impulsada por un grupo de trabajo colaborativo, y en un futuro el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). En el espacio del área de biodiversidad funcionan el Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad del Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad (Global Biodiversity Information Facility – GBIF), el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environmental Facility – GEF) en la gestión de proyectos sobre

[8] En línea, https://mma.gob.cl/, enlace con “Áreas de trabajo”, complementando con otros enlaces y páginas internet del MMA. Junio 2022.

biodiversidad, la plataforma en línea iNaturalist, y el Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad (SIMBIO).

Cambio climático: El área se relaciona con la Oficina de Cambio Climático y la División de Calidad del Aire y Cambio Climático. Incorpora la Unidad Ozono que se ocupa del control de las sustancias agotadoras de la capa de ozono incluido un sistema de subsidio a la certificación de técnicos del sector refrigeración y aire acondicionado; el proyecto MAPS-Chile, "Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático" (Mitigation Action Plans and Scenarios) conducido por un Comité Directivo Interministerial, y el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE). Instrumentos principales son el Plan Nacional y los Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático, y la Ley Marco de Cambio Climático (21.455) que establece, entre otras materias, una meta de carbono neutralidad para el año 2050; así también, se encuentran los Comités Regionales de Cambio Climático para la acción climática en regiones, y el programa Huella Chile[9].

Información y economía ambiental: La responsabilidad recae en la División de Información y Economía Ambiental. Incorpora el análisis técnico y económico de normas ambientales, el diseño de instrumentos económicos para la gestión ambiental y la elaboración de cuentas ambientales, y debe generar información ambiental para la formulación, diseño, evaluación e implementación eficiente de políticas públicas e instrumentos de gestión, todas tareas contempladas en la LBGMA. El área cubre, también, la elaboración de indicadores ambientales e informes sobre el estado del medio ambiente, y trabaja en la incorporación del concepto de servicios ecosistémicos en la elaboración de las políticas públicas ambientales nacionales. Entre los instrumentos centrales del área se destacan el Sistema de Información Ambiental (SINIA), el Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC) y el portal de ventanilla única asociado; el Programa de Consumo y Producción Sustentable, el nodo del MMA del Sistema de Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE) y el Comité de Consumo y Producción Sustentables encargado de elaborar el Programa Nacional de Consumo y Producción Sustentables.

Evaluación ambiental estratégica: Corresponde a un instrumento regulado por la Ley 19.300, orientado a la evaluación de políticas, planes, instrumentos de planificación territorial, zonificaciones del borde costero, manejo integrado de

[9] La consulta pública fue realizada entre el 18 de junio y el 31 de julio de 2019. Véase http://consultasciudadanas.mma.gob.cl/mma-epac/app/home_ciudadano?execution=e1s2.

cuencas e instrumentos de ordenamiento territorial, entre otros. El área queda bajo la Oficina de Evaluación Ambiental del MMA y un instrumento asociado es el Sistema de Información Electrónico destinado a la consulta y seguimiento del procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica.

Educación ambiental: Inserto en la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana, cubre variadas actividades asociadas a los diversos instrumentos que se indican a continuación: Academia de Formación Ambiental Adriana Hoffman, Red de Centros de Educación Ambiental, Club de Forjadores Ambientales, Programa Escuelas Sustentables para la Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos (SNCAE), Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), Programa Forjadores Ambientales que procura fomentar la corresponsabilidad ciudadana en la solución de los problemas ambientales, Programa de Acreditación Estado Verde orientado a incorporar buenas prácticas ambientales en los órganos del Estado, Fondo de Protección Ambiental concursable (FPA) para apoyar iniciativas ciudadanas ambientales y Programa para la Recuperación Ambiental y Social (PRAS) que busca el diálogo entre actores del Estado, la ciudadanía y la industria en territorios que presentan problemas socio-ambientales. El área de educación ambiental cuenta con un portal con enlaces a todos los programas listados[10].

Economía circular: Área orientada a reducir el impacto ambiental producido por la generación de residuos. Su objetivo es provocar un cambio desde los sistemas lineales de producción, negocios y consumo hacia un sistema circular incorporando el eco diseño, la reutilización, reciclaje y valorización. Incorpora varios programas como Chile Recicla y Santiago Recicla y las iniciativas “Chao bolsas plásticas”, “Chao bombillas” y “Chao colillas”, y los programas Reciclo Orgánicos, en el marco de la cooperación Canadá-Chile, y Gestión de Residuos de la Construcción y la Demolición, en el marco de la iniciativa multisectorial Estrategia Sustentable RCD. Un instrumento destacado es la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que establece un marco para la gestión de residuos y el fomento del reciclaje a la que está asociado el Fondo para el Reciclaje (FPR) destinado a municipalidades y asociaciones de municipalidades.

Asuntos internacionales: Cubre todas las actividades internacionales del ministerio, entre ellas la participación del MMA en la OCDE, la negociación de

[10] Portal sobre educación ambiental del MMA: https://educacion.mma.gob.cl/.

nuevos acuerdos internacionales con componente ambiental, la coordinación general en convenciones ambientales de carácter internacional y la cooperación internacional en materia ambiental. Actividades destacadas son el seguimiento a los temas de acceso a la información, participación ciudadana y justicia ambiental abordados en el principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, y su participación en el Observatorio del Principio 10, la representación del MMA en el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en lo que se refiere a los ODS con componentes ambientales y representa al MMA en cuanto Punto Focal frente al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). Un instrumento asociado es la nueva Estrategia Nacional para la Gestión de residuos Marinos y Microplásticos.

Atención ciudadana: Bajo la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana, su propósito principal es asegurar el acceso a la información pública medioambiental a través de una vinculación eficaz con la ciudadanía, atendiendo sus requerimientos. Para ello, entre otras fuentes, descansa en el Centro de Documentación del Ministerio, las estadísticas medioambientales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y en la plataforma de la Ley de Lobby del MMA.

1.2.2. Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático

Corresponde a un órgano del Estado, presidido por el Ministro del Medio Ambiente e integrado por los Ministros de Agricultura, de Hacienda, de Salud, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, y de Desarrollo Social y Familia[11]. El Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático (CMSCC), antiguamente denominado Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, posee potestades para pronunciarse sobre proyectos de ley y actos administrativos que contengan normas de carácter ambiental para ser posteriormente propuestos al Presidente de la República (instrumentos de política pública), entre otros asuntos. Sus funciones son las siguientes:

a) Proponer al Presidente de la República las políticas para el manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos naturales renovables.
b) Proponer al Presidente de la República los criterios de sustentabilidad que deben ser incorporados en la elaboración de las políticas y procesos

[11] Artículo 71 de la Ley 19.300 modificada (2010). Los nombres de dos ministerios han sido modificados respecto al texto del artículo, a saber, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción es ahora el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo y el Ministerio de Planificación es ahora el Ministerio de Desarrollo Social y Familia.

de planificación de los ministerios, así como en la de sus servicios dependientes y relacionados.

c) Proponer al Presidente de la República la creación de áreas protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza y de las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos.
d) Proponer al Presidente de la República las políticas sectoriales que deben ser sometidas a evaluación ambiental estratégica.
e) Pronunciarse sobre los criterios y mecanismos en virtud de los cuales se deberá efectuar la participación ciudadana en las declaraciones de impacto ambiental a que se refiere el artículo 26 de la ley No 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
f) Pronunciarse sobre los proyectos de ley y actos administrativos que se propongan al Presidente de la República, cualquiera sea el ministerio de origen, que contenga normas de carácter ambiental señaladas en el artículo 70 relativo a las funciones del MMA.

Es importante destacar que, de acuerdo con el artículo 73 de la citada ley, "los acuerdos del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad serán obligatorios para los organismos de la Administración del Estado al cual estén dirigidos, incurriendo en responsabilidad administrativa los funcionarios que no den cumplimiento a los mismos".

Tras la publicación de la Ley Marco de Cambio Climático, y la falta de una institucionalidad que aborde asuntos relacionados al cambio climático a nivel nacional, es que este órgano cambia su nombre a Consejo de Ministros de Sustentabilidad y Cambio Climático, adoptando facultades referentes al asunto[12] (Ley N° 21.455, 2022).

Dentro de sus nuevas funciones, destaca su pronunciación sobre la política ambiental del Gobierno en materia de cambio climático, tanto en temas de adaptación como en mitigación[13].

1.2.3. Consejos Consultivos del Ministerio del Medio Ambiente

Los Consejos Consultivos del Medio Ambiente son mecanismos de participación ciudadana que se fundan en el derecho que el Estado reconoce a las personas a participar en las políticas, planes, programas y acciones gubernamentales. Por una parte, al Consejo Consultivo Nacional le corresponde responder a las consultas

[12] Dentro del Acuerdo de París (2015) y la definición de Contribuciones Nacionales Determinadas (CND), Chile establece un mayor compromiso en asuntos de cambio climático. Sin embargo, hasta entonces no existían instrumentos ni una institucionalidad que abordase el tema. Es por ello que se elabora la Ley Marco de Cambio Climático. Véase el capítulo de Cambio Climático de este mismo documento para más detalles.
[13] Artículo 18 de la Ley N° 21.455.

que le formule el Ministro del Medio Ambiente y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático, y pronunciar opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión que les sean sometidas a su conocimiento. El Consejo Consultivo puede pronunciarse de oficio sobre temas ambientales de interés general. Sus pronunciamientos no son vinculantes.

El Consejo Consultivo, cuyos miembros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años, el que podrá prorrogarse por una sola vez, está integrado como sigue:

a) Dos científicos, propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas.
b) Dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente.
c) Dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales.
d) Dos representantes del empresariado, propuestos en quina por la organización empresarial de mayor representatividad en el país.
e) Dos representantes de los trabajadores, propuestos en quina por la organización sindical de mayor representatividad en el país.
f) Un representante del Presidente de la República.

La LBGMA creó, además, 16 Consejos Consultivos Regionales, a los que corresponde atender las consultas que le pudiesen formular el Intendente (actualmente el Delegado Presidencial Regional), el Gobierno Regional y el Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente. Los Consejos Regionales se conforman de modo análogo que el Consejo Nacional cuyos miembros son elegidos por el Delegado Presidencial Regional a proposición del Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente, previa consulta a las respectivas organizaciones o sindicatos más representativos de la región. Los Consejos Consultivos Regionales también podrán pronunciarse de oficio sobre temas ambientales de interés general.

1.3. Reconceptualización Constitucional ambiental

Bajo un contexto de crisis política y social, el año 2019 se inició un proceso constituyente a partir de las movilizaciones sociales en octubre del mismo año, y

que derivaron al llamado "Acuerdo por la Paz Social y la Nueva Constitución"[14], firmado en noviembre del 2019. Este documento fue suscrito por representantes de todas las fuerzas políticas y leído por el Presidente del Senado. En él se propone un mecanismo para convocar un plebiscito[15] en abril de 2020 donde las y los ciudadanos podrán elegir la modalidad de redacción de una propuesta de nueva Carta Magna que remplace la Constitución del año 1980, ya sea mediante una Convención Mixta Constitucional o una Convención Constitucional. De acuerdo con el Servicio Electoral de Chile (2022a), en el plebiscito del 26 de abril, 5.892.832 personas, equivalentes al 78,28% de los votantes, aprobaron la idea de escribir una nueva constitución. Adicionalmente, 5.673.793 personas (79,18%) escogieron que la nueva constitución fuera escrita por una Convención Constitucional (Servicio Electoral de Chile [SERVEL], 2022b).

En consecuencia, se estableció el año 2021 una Convención Constitucional integrada de forma paritaria en términos de género y con escaños reservados para los pueblos originarios. Para su desarrollo, se conformó una comisión específica para abordar asuntos medioambientales, y se contempló un proceso participativo democrático, en donde la ciudadanía y organizaciones no-gubernamentales realizaron propuestas de asuntos a abordar en las discusiones constitucionales, denominadas Iniciativas populares de norma (INP). De un total de 2.496 iniciativas, 78 recibieron el mínimo de 15 mil firmas, siendo 14 de ellas (17%) correspondientes a materias de medio ambiente y el modelo económico[16]. Esto apostó una gran responsabilidad social en la redacción de una Constitución representativa que permitiera afrontar los desafíos de la crisis social y política vivenciada hasta entonces. Concretamente, no impone una solución inmediata a los problemas identificados, pero sí establecería herramientas bases necesarias para ello. Finalmente, el 4 de septiembre del 2022 se realizó un plebiscito de salida, con voto obligatorio, para aprobar o no tal propuesta de nueva constitución, instancia en la que la opción "rechazo" fue la más votada, con el 60,56% de los votos (SERVEL, 2022c).

[14] En línea, https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/76280/1/Acuerdo_por_la_Paz.pdf, julio 2022.

[15] La Ley Nº 21.200, de 24 de diciembre de 2019, incorporó a la Constitución vigente las normas que habilitan el llamado a plebiscito para el 26 de abril del 2020, con el objeto de iniciar el proceso de formación de una nueva Constitución, si así se aprueba, mediante una de las formas de Convención que se adopten. El órgano constituyente deberá aprobar normas y reglamentos con un quórum de dos tercios de sus miembros en ejercicio.

[16] El abordaje de las iniciativas populares de norma en las discusiones dentro de la Convención Constitucional, no implicó que finalmente se contemplen artículos referentes a esos asuntos en la versión final de la propuesta a nueva constitución.

En lo que recae en materia ambiental, hasta entonces la Constitución vigente posee un único artículo de connotación medioambiental. El artículo 19 consagra en cuatro incisos la relación de las personas con el medio ambiente. En su artículo 19, No 8, declara "el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar por que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza". El inciso No 20 complementa este anterior al determinar un recurso de protección "cuando el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto u omisión ilegal imputable a una autoridad o persona determinada". El inciso No 23 de la Constitución establece "la libertad para adquirir el dominio de toda clase de bienes, excepto aquellos que la naturaleza ha hecho comunes a todos los hombres o que deban pertenecer a la Nación toda y la ley lo declare así […]". Y en el inciso No 24 se regula el derecho de propiedad, entre ellas, se determina el poder de propiedad del Estado sobre las minas, "comprendiéndose en éstas las covaderas, las arenas metalíferas, los salares, los depósitos de carbón e hidrocarburos y las demás sustancias fósiles, con excepción de las arcillas superficiales, no obstante la propiedad de las personas naturales o jurídicas sobre los terrenos en cuyas entrañas estuvieren situadas", y la propiedad sobre las aguas, indicando que "los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos".

La Constitución es complementada por una serie de normas y leyes asociadas al medio ambiente, no obstante, independientemente de las disposiciones consagradas en ella y otros decretos de ley, es posible observar diversos conflictos socioambientales a lo largo del país detonados por la afectación a la salud de las personas y la degradación del medio natural. La propuesta elaborada de una nueva Constitución se caracterizó por poseer una connotación medioambiental, destacando temas discutidos en los cabildos sociales durante el denominado Estallido Social el año 2019, como el reconocimiento de la crisis climática y ecológica, la salud medioambiental para el bienestar de las personas[17], la urgencia de abordar asuntos relacionados a la gestión del agua, el derechos de los animales y el valor per se de la naturaleza, entre otros temas. Pese al rechazo del texto redactado, es de interés realizar un breve análisis de la connotación medioambiental que sostenía la propuesta, marcando un registro histórico sobre

[17] En Chile, hasta la fecha, cinco ciudades han sido declaradas como Zonas de Sacrificio dada la alta concentración de industrias contaminantes, principalmente carbón, provocando efectos adversos a la calidad ambiental (aire, agua, suelo) y al bienestar de los habitantes. Durante el Estallido Social surgieron discusiones relacionadas al desarrollo económico a cuestas de la calidad de vida de los habitantes de aquellas zonas mayormente industrializadas.

cómo ha aumentado el grado de interés en incluir la dimensión ambiental en las distintas discusiones políticas y jurídicas en la sociedad chilena.

1.3.1. Propuesta de modificaciones Constitucionales

En el desarrollo de la propuesta, se conformó una comisión de Medio Ambiente, Derechos de la Naturaleza, Bienes Naturales Comunes y Modelo Económico[18]. De los 19 convencionales que integraron la comisión, 13 pertenecen al grupo de "ecoconstituyentes", un grupo que tuvo como eje principal la creación de una Constitución ecológica, lo cual se refleja en los artículos con contenido ambiental[19] redactados que abordan asuntos de gran interés nacional que han sido propuestos en las discusiones para la protección del medio ambiente con anterioridad. Tras un análisis de contenido de la propuesta, se puede concluir que el texto establece a Chile como un Estado social y democrático de derecho, plurinacional, intercultural y ecológico, tal como se declara en el primer artículo de la propuesta constitucional.

Se destacó una serie de temas medio ambientales que forman un eje transversal en todo el documento, siendo clave el reconocimiento de la crisis climática y ecológica a la que se enfrenta el país[20], señalar al Estado como un Estado Ecológico[21], además de profundizar en asuntos como la reparación ambiental, los derechos de la naturaleza, principios como justicia ambiental, solidaridad intergeneracional, responsabilidad y acción climática justa, y asuntos de ordenación del territorio en concordancia con el bienestar social y ambiental. En la propuesta rechazada se destinó un 21,1% de los artículos a asuntos ambientales, se estableció un capítulo específico, nominado "Naturaleza y medioambiente", compuesto por 24 artículos, además de alrededor de 56 artículos con contenido ambiental encontrados en los otros capítulos de la propuesta. En la Constitución vigente, estos temas abarcan solo un 3% de los artículos, por lo que la propuesta representaba un gran progreso al considerar la naturaleza imprescindible para el desarrollo y la subsistencia de las personas. En

[18] Entre algunos de los temas tratados por esta Comisión estaban los siguientes: a) Medioambiente, biodiversidad, principios de la bioética y bienes naturales comunes; b) Derechos de la naturaleza y vida no humana; c) Estatuto constitucional sobre minerales; d) Derecho humano y de la naturaleza al agua y estatuto constitucional del agua; e) Estatuto constitucional del territorio marítimo; f) Desarrollo Sostenible, buen vivir y modelo económico; entre otros.

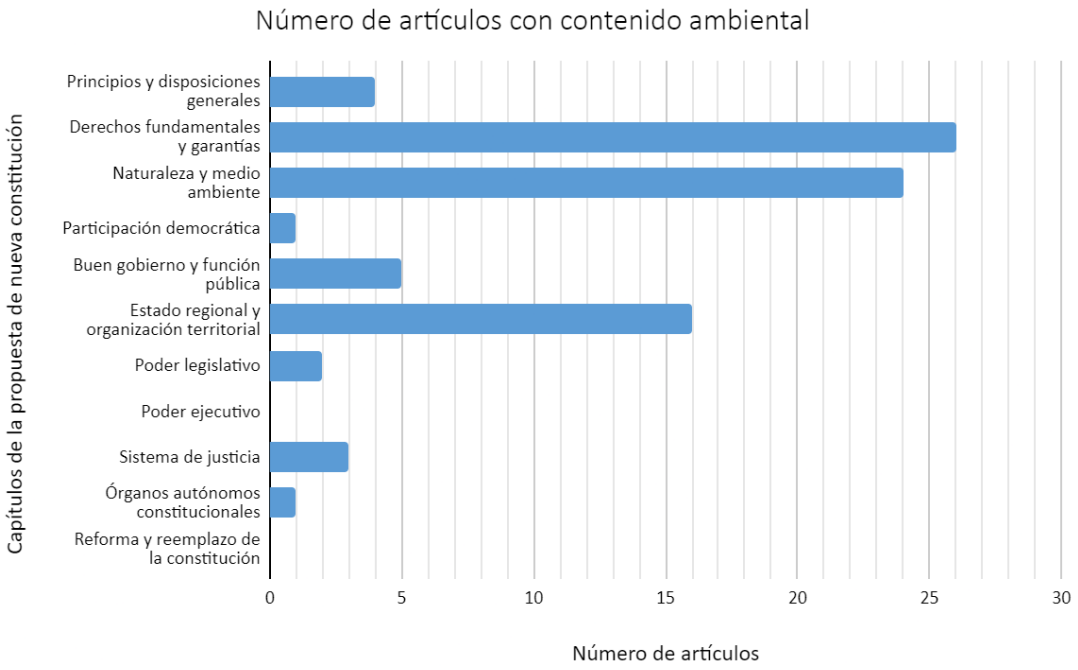
[19] Un artículo con contenido ambiental se refiere a aquel que hace mención al medio ambiente y/o a la naturaleza, a alguno(s) de sus componentes, funciones y/o procesos. También, se incluyen en esta categoría los artículos referidos a instituciones y/u organismos que poseen explícitamente facultades, atribuciones y/o competencias en la materia, así como, aquellos que señalen y/o detallen políticas, planes, programas e instrumentos de gestión referidos a temas medioambientales.

[20] Artículo 129 de la propuesta de nueva constitución.

[21] Artículo 1 y su contenido en el artículo 127, de la propuesta de nueva constitución.

la **Figura 1.2** se visualiza el número de artículos con contenido ambiental en cada uno de los capítulos elaborados para la propuesta constitucional.

Figura 1.2. Número de artículos con contenido ambiental para cada uno de los capítulos de la propuesta constitucional.



Fuente: Elaboración propia, agosto 2022.

El medio ambiente tomó un eje central en la mayoría de los capítulos de la propuesta constitucional, resultando primordial la protección, conservación y preservación de la naturaleza, velando también por el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Los capítulos Principios y disposiciones generales, y Derechos fundamentales y garantías, denotan la importancia del reconocimiento de la naturaleza por su valor per se, para el bienestar de las personas y el sistema socio-natural, marcando como un fundamento base la protección del medio ambiente para que las necesidades humanas y las actividades económicas puedan subsistir en un largo plazo. Los capítulos sobre Participación democrática, Buen gobierno y función pública, y Estado regional y organización territorial, establecen el acceso a información y las atribuciones del Estado y gobiernos regionales y comunales, instruyendo a ordenar el territorio bajo los criterios de equidad territorial, el desarrollo sostenible, armónico con la naturaleza, y el cuidado y protección del medio ambiente, dentro de lo que establezca la ley. A su vez, los asuntos abordados en el capítulo Naturaleza y medio ambiente se distribuyen en cuatro grandes temas: **1)** bienes comunes naturales, **2)** estatuto de las aguas, **3)** estatuto de los

minerales y, **4)** la Defensoría de la Naturaleza, normando aspectos ambientales como no se había hecho antes en el ordenamiento jurídico en Chile. El desarrollo de los capítulos demuestra la transversalidad e importancia que posee el asunto medioambiental en el funcionamiento del país, desde lo social a lo económico, siendo tan primordial como los otros aspectos a abordar en la Carta Magna.

En el apartado sobre los bienes comunes naturales se explicita cuáles son (agua, aire, glaciares, mar territorial, las playas, el subsuelo, la alta montaña, los bosques nativos, entre otros) y el deber del Estado en velar por su resguardo, además de asegurar la integridad de los ecosistemas, los derechos de la naturaleza y el interés de las generaciones presentes y futuras. Con respecto a la Constitución vigente, el Estado es enmarcado con un rol insuficiente para la conservación y protección de la naturaleza, es más, la descripción de los bienes comunes, referenciados como recursos naturales, son descritos para normar el usufructo de ellos; si en la Constitución vigente se establece que los recursos naturales están en pos del desarrollo económico del país, dentro de lo permitido en la ley[22], en la propuesta de nueva Constitución el concepto "recursos [naturales]" fue reemplazado por "bienes [naturales]"[23], otorgando un valor per se al medio ambiente y regulando el usufructo de los bienes en pos de resguardar la calidad y asegurar su permanencia en el medio. El Estatuto de las aguas se destaca por profundizar en el tema hídrico promoviendo el cuidado y buen uso del mismo, además de prevalecer el derecho humano al agua, el saneamiento y el equilibrio de los ecosistemas; especifica que el Estado debe proteger las aguas en todos sus estados, ya que "es esencial para la vida y el ejercicio de los derechos humanos y de la naturaleza" (Art. 140). Destaca también la consideración del agua entre los bienes inapropiables; es un asunto que ha dado diversas discusiones por el actual Código de Aguas, el cual ha permitido un sobreotorgamiento de derechos de agua para satisfacer un volumen de demanda mayor al volumen de recarga de los acuíferos, en un contexto de escasez hídrica. Ante esto, en la propuesta constitucional se estableció la creación de los Consejos de Cuenca, responsables de la administración de las aguas, y la Agencia Nacional del Agua, encargada de asegurar el uso sostenible del agua para las generaciones presentes y futuras, el acceso al derecho humano al agua y al saneamiento, y la conservación y preservación de sus ecosistemas asociados. A su vez, en el Estatuto de los minerales, la descripción regulatoria es menos clara que la Constitución vigente, el cual establece una serie de garantías a la minería y un régimen de concesiones

[22] Artículo 19 No 24, de la Constitución vigente.
[23] Artículo 134, de la propuesta constitucional.

detallado en su artículo No 19, inciso No 24. Pese a ello, la propuesta pone como eje principal la crisis ecológica, estableciendo garantías para la protección de la naturaleza ante la actividad minera, como la exclusión de esta actividad en glaciares y áreas protegidas, y el reconocimiento de los minerales con un carácter finito, no renovables, de interés público intergeneracional y la protección ambiental, siendo un reconocimiento novedoso. Aunque estos avances sean innovadores en lo que es la conservación, en los artículos propuestos se deja un gran espacio de incertidumbre jurídica sobre cómo se iría a desarrollar la minería en Chile. Por último, en lo que respecta a la Defensoría de la Naturaleza, se propuso la creación de este órgano autónomo cuya función sería promover y proteger los derechos de la naturaleza y los derechos ambientales asegurados en la propuesta constitucional, en los tratados internacionales ratificados y vigentes en Chile. En esa línea, la consagración de la Defensoría de la Naturaleza significó en su momento una opción certera para velar por la protección de los derechos de la naturaleza establecidos en la propuesta, y velar por el cumplimiento de las leyes que la protejan. La implicancia de esto es el fortalecimiento de la institucionalidad ambiental mientras aún no es creado el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

Para efectos de este informe, los artículos con contenido ambiental fueron categorizados en función de las temáticas abordadas, en el **Cuadro 1.2** y **Anexo 1** se expone su clasificación. A partir de lo aludido en los artículos, estos se pueden organizar en tres pilares fundamentales: **1)** la planificación territorial, vinculada a su vez con la institucionalidad ambiental, **2)** el nexo entre la sociedad y la naturaleza, y el deber del Estado de velar por el buen funcionamiento de estos y, **3)** los derechos de la naturaleza a ser resguardados por el Estado.

Cuadro 1.2. Categorización de artículos con contenido ambiental.

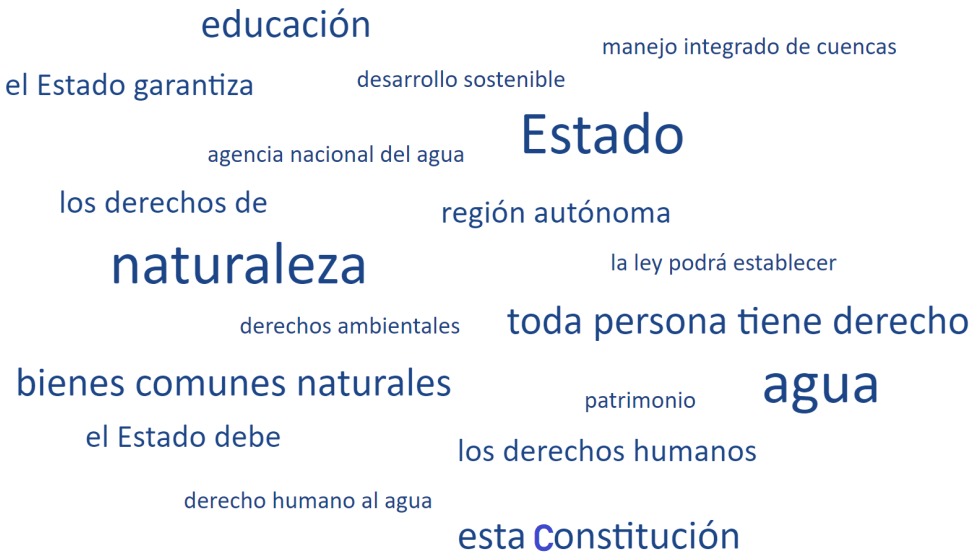
Temática	%	Categoría	N° artículos	%
Planificación territorial	38,5	Desarrollo sostenible	6	7,7
		Institucionalidad Regional	3	3,8
		Institucionalidad Comunal	1	1,3
		Gestión recursos hídricos	4	5,1
		Gestión recursos mineros	3	3,8
		Organización geopolítica	9	11,5
		Actividades económicas	4	5,1
Nexo naturaleza y sociedad	32,1	Derecho de las personas	7	9,0
		Educación ambiental	4	5,1
		Conocimiento e investigación	4	5,1
		Salud	3	3,8
		Seguridad alimentaria	2	2,6
		Principios	6	7,7
Derechos de la naturaleza	29,5	Derechos de la naturaleza	4	5,1
		La protección como un derecho legítimo	12	15,4
		Protección del recurso hídrico	3	3,8
		Actos legales	6	7,7

Cambio climático	1	1,3

Fuente: Elaboración propia, agosto de 2022.

A partir de un análisis de contenido se obtuvo que, entre los artículos con contenido ambiental, aquellos que exponen sobre los derechos de la naturaleza y de las personas (en relación al medio ambiente) son los artículos con mayor relevancia de contenido (29,5% aproximadamente)[24]. La palabra "derecho" es mencionada 67 veces, enfatizando la dependencia del bienestar de las personas en función de un medio ambiente sano. En la **Figura 1.3**, se visualiza una nube de palabras, siendo las palabras con mayor tamaño aquellas que poseían una mayor representatividad entre los artículos con contenido ambiental de la propuesta.

Figura 1.3. Nube de palabras de los contenidos ambientales de la propuesta constitucional.



Fuente: Elaboración propia, agosto 2022.

La propuesta de texto se destacó por abordar diversos asuntos sobre el cuidado del planeta y la relación armoniosa que debiese existir entre el ser humano y la naturaleza, se abordaron también asuntos de biodiversidad, principios de la bioética y bienes comunes naturales (art. 134), gestión de residuos (art. 133), derechos de los animales (art. 131), principios ambientales como la educación ambiental (art. 39), actos legales relacionados al medio ambiente[25], se abordan garantías y deberes de protección desde la responsabilidad ambiental Estatal, y

[24] Los artículos de mayor relevancia de contenido aluden a las categorías "derecho de las personas", "derechos de la naturaleza" y "la protección [de la naturaleza] como un derecho legítimo".

[25] En los artículos 119, 147, 128 y 333, se hace referencia a daños ambientales, como la amenaza, perturbación o privación de los derechos de la naturaleza y el deber de quienes dañen el medioambiente en repararlo, sin perjuicio de las sanciones administrativas. Además, en el art. 148 se aborda la conformación de la Defensoría de la Naturaleza, un organismo autónomo, con personalidad jurídica, que promueva y proteja los derechos de la naturaleza y de los derechos ambientales asegurados en la propuesta constitucional, en los tratados internacionales ambientales ratificados y vigentes en Chile.

asuntos relacionados con la democracia ecológica y plurinacional. En este sentido, se reconocen los siguientes derechos: a la participación vinculante e incidente en la toma de decisiones ambientales, a la consulta y consentimiento de los pueblos indígenas, al acceso a la información ambiental, y al acceso a la justicia ambiental.

Desde una arista más novedosa, se incorporan artículos sobre la ordenación del territorio, sumado al reconocimiento del borde costero, el territorio chileno antártico y los territorios especiales de Rapa Nui y el archipiélago de Juan Fernández. En cuanto a las actividades económicas, se incorporaron artículos sobre la economía circular y el desarrollo sostenible; la propuesta establecía en su artículo 80 que el ejercicio de tales actividades deben ser compatibles con los derechos consagrados en la Constitución propuesta y la protección de la naturaleza. La implicancia de esto está en asegurar los derechos de la naturaleza para su recarga ecológica y garantizar que a futuro continúen a haber bienes naturales en su estado de calidad. La Constitución actual, desde la definición de los recursos naturales, establece parámetros para el usufructo regulado mediante la privatización de bienes comunes naturales, no garantizando la conservación y la restauración de la naturaleza. Esto, no se corresponde con el enfoque de ordenamiento territorial, el cual, propende a seleccionar y poner en práctica los usos del suelo que mejor satisfagan las necesidades de las personas, salvaguardando los recursos para el futuro (FAO, 1993); lo que implica modificar las actividades económico-productivas en pos de compatibilizar el desarrollo con la calidad de vida para las personas y el resguardo del medio ambiente. El enfoque ecológico en la ordenación del territorio requiere de herramientas e instrumentos de planificación y otros de carácter normativo que orienten de forma clara en cuanto al uso de suelo y las actividades humanas relativas a la gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Además de este enfoque ecológico, la propuesta promovía la descentralización geopolítica a través de la instauración de los conceptos: comuna autónoma y región autónoma[26] (art. 187).

Entre los posibles instrumentos de planificación territorial se propuso a las cuencas hidrográficas como unidad de ordenación (art. 197). El agua es visto como un bien natural de gran relevancia, teniendo una representatividad de 9,5% (37 artículos) en la propuesta constitucional y un 45% en los artículos con contenido medioambiental. Por otro lado, en la Constitución vigente, el asunto *agua* tiene una representatividad de 7% (2 artículos). Siendo un elemento

[26] En el texto propuesto, artículo 187, se enfatiza que en ningún caso el ejercicio de la autonomía podrá atentar en contra del carácter único e indivisible del Estado de Chile ni permitirá la secesión territorial.

esencial para la vida humana y la protección de los ecosistemas, su baja representatividad en la Constitución y el fondo de los artículos referentes, deslumbra el interés político de trasfondo en las versiones de la Constitución y el Código de Aguas. Los contextos de sequía, cambio climático y bajo acceso a agua potable en algunos territorios, hacen que la regulación y los desafíos en torno a la gestión del agua sean asuntos centrales en los debates político-constitucionales.

Finalmente, en la propuesta Constitucional se planteaban artículos que promovían la modificación del modelo de desarrollo de los territorios, urbanos y rurales, a fin de fomentar la descentralización, potenciar la autonomía y participación de las comunidades respecto a los asuntos que les afectan o conciernen. A su vez, comprendiendo que existe una relación directa de las personas y comunidades con la tierra, el agua y el mar (artículo 241).

1.3.2. Elementos de relevancia

En materia ambiental, la Constitución chilena contiene deberes de protección y preservación de la naturaleza, sin embargo, en la práctica han resultado debilitados. Junto con la promulgación de la Constitución de la República, se comienza a desarrollar en los años siguientes una institucionalidad ambiental (creación de la CONAMA, luego sustituida por el MMA, SEA, SMA y la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente), y el desarrollo de algunos instrumentos. Pese a ello, como se denota en el Informe País 2018 y en el Quinto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (AR5)[27], los esfuerzos realizados han sido insuficientes en vista de que hoy el país, y el planeta, se encuentra en una crisis ecológica y de emergencia climática. Ello se ve reflejado en la presencia de zonas de sacrificio[28], el aumento de enfermedades crónicas de la población por la constante exposición a un ambiente contaminado, y la pérdida de biodiversidad, presentando un incremento en la lista de especies en estado de vulnerabilidad y peligro de extinción [BCN, 2022; MMA, 2019].

[27] El Quinto Informe del IPCC (AR5) es una actualización del conocimiento sobre aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos del cambio climático. En comparación con las versiones anteriores, hay una mayor evaluación de las implicaciones socioeconómicas para el desarrollo y la gestión de los riesgos, como también para las respuestas de adaptación y mitigación.

[28] La Unión de Comunas de Zonas de Sacrificio define estas áreas como “aquellos territorios de asentamiento humano devastados ambientalmente por causa del desarrollo industrial. Esta devastación tiene implicancias directas en el ejercicio pleno de los derechos fundamentales de las personas, como el derecho a la vida, a la salud, a la educación, al trabajo, a la alimentación, a la vivienda, entre otros. En estos territorios el daño ambiental ha significado la situación de vulnerabilidad y empobrecimiento de las comunidades”. Hasta la fecha se denotan cinco zonas de sacrificio en Chile. En el norte está Mejillones, con industrias, pesca y puerto; Tocopilla con termoeléctrica y minería, y Huasco, con una planta de pellets y termoeléctricas. En la zona centro, el parque industrial de Quintero-Puchuncaví-Ventanas; y al sur, Coronel, que fue productor de carbón y hoy se desarrollan industrias y termoeléctricas.

La propuesta de nueva Constitución fue un intento de establecer nuevos lineamientos para regular el poder estatal y las libertades fundamentales reconocidas a las personas para que estuviesen en concordancia con esta crisis ecológica y climática, además del reconocimiento de otros deberes y derechos fundamentales más allá de la discusión socioambiental. El rechazo de la propuesta trae el desafío de continuar buscando instancias para avanzar en materia ambiental en el país, sea mediante un nuevo proceso constituyente y/u otros instrumentos ambientales y legislativos.

El 12 de diciembre del año 2022, las fuerzas políticas del país han firmado el denominado "Acuerdo por Chile", el cuál pretende habilitar un nuevo proceso constituyente, y en consecuencia someter a votación una nueva propuesta de Constitución para el país, la que será elaborada por un Consejo Constitucional (Congreso Nacional, 2022). El Acuerdo, que comenzó su tramitación en el congreso, el 26 de diciembre, define un total de 12 bases institucionales y fundamentales, destacando para fines de este capítulo la N° 12: "Chile se compromete constitucionalmente al cuidado y la conservación de la naturaleza y su biodiversidad". Es de suma relevancia que en este nuevo proceso constituyente, y para darle una bajada a la base fundamental N° 12, se retome la discusión sobre los artículos ambientales que formaban parte de la propuesta del 04 de julio de 2022, aquello, considerando que el medioambiente se posiciona como el segundo contenido (81%)[29] más importante a formar parte de una eventual nueva constitución (Ipsos, 2022), y que el capítulo de "Naturaleza y Medioambiente" fue uno de los elementos más valorados de la propuesta por parte de la ciudadanía.

Entre los contenidos medioambientales del texto de la Convención Constitucional es posible rescatar diversos artículos que significan un gran avance para la protección de la naturaleza y el bienestar de las personas, siendo posibles identificarlos como elementos claves que debieran considerarse en este segundo proceso constituyente, dotando derechos a la naturaleza para que su protección sea transversal a los ámbitos de desarrollo en Chile. En el **Cuadro 1.3** se presenta un listado de aspectos destacados de la propuesta Constitucional que significan un avance en temas medioambientales y de calidad de vida.

[29] La encuesta realizada por Claves Ipsos (2022), la cuál tuvo un universo de 801 encuestados, concluyó que el 74% de los chilenos y chilenas se expresa favorable en que exista una nueva Constitución para el país. En la misma encuesta, se obtuvo que el medioambiente se posiciona como el segundo contenido (81%) más importante a formar parte de una eventual nueva constitución.

Cuadro 1.3. Elementos a considerar en el nuevo proceso constituyente.

Crisis climática	Tribunales ambientales regionales	Desarrollo sostenible
Derecho a aire limpio	Fomento a la economía circular	Competencias medioambientales regionales y comunales
Cuenca hidrográfica como unidad de ordenación	Animales como sujetos de protección y no como bienes de consumo	Fomento a la educación ambiental y a la investigación

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022.

Además de estos, se destacan los principios de la propuesta, los cuales contemplan a la naturaleza como eje central para la vida. Pese a la relevancia de gran parte de los artículos con connotación ambiental, es de interés que se establezcan prioridades considerando el contexto político y las competencias actuales de las instituciones, para que las futuras propuestas puedan ser incorporadas de mejor manera.

Por otra parte, adquiere relevancia la base N° 9 del Acuerdo por Chile que señala la protección al "derecho de propiedad en sus diversas manifestaciones (...)", ya que dependiendo de cómo se trate, podría significar una mantención del "modelo de privatización del agua" que actualmente existe en el país, aspecto que dificultará enfrentar y generar una solución a los problemas y conflictos socioambientales asociados a este componente natural.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH, 2022), de los 130 conflictos socioambientales identificados en el país, el 44% tiene por causa una vulneración al derecho humano al agua y al saneamiento, en consecuencia, la forma en que se trate el componente "agua" en la propuesta constitucional es de suma relevancia para garantizar una mejor calidad de vida a los y las habitantes del país, asegurando el acceso a la salud y al agua.

La naturaleza, y los servicios ecosistémicos brindados por ella, constituyen la base fundamental para la vida de las actuales y futuras generaciones, por ende, resulta crucial que, en la próxima Carta Magna del país, se incorporen disposiciones que permitan un accionar estatal de vanguardia respecto a esta materia.

2. EVALUACIÓN AMBIENTAL

2.1. Servicio de Evaluación Ambiental

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), creado en virtud de la Ley N° 20.417 (2010) que modificó a la Ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente (LBGMA), es el organismo responsable de la evaluación ambiental ex-ante de los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental en el país[30]. La LBGMA establece que corresponderá al SEA, la administración del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), así como la coordinación de los organismos del Estado involucrados en el mismo, para los efectos de obtener los permisos o pronunciamientos de carácter ambiental que, de acuerdo con la legislación vigente, deban o puedan emitir los organismos del Estado, respecto de proyectos o actividades sometidos al sistema[31].

El SEA es un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervisión del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente y afecto al Sistema de Alta Dirección Pública. La jefatura nacional está representada por el Director Ejecutivo del Servicio. El SEA se proyecta en el territorio a través de las Direcciones Regionales de Evaluación Ambiental; en cada región del país hay un Director Regional que representa al Servicio que también debe ser nombrado mediante el Sistema de Alta Dirección Pública.

La Ley N° 20.417 (2010), le otorga un total de ocho diferentes funciones al SEA, las que corresponden a las siguientes:

- La administración del SEIA.
- Administrar un sistema de información sobre permisos y autorizaciones de contenido ambiental, el que deberá estar abierto al público en el sitio web del Servicio.
- Administrar un sistema de información de líneas de bases de los proyectos sometidos al SEIA, de acceso público y georeferenciado.
- Uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento, entre otros, de guías trámite.

[30] Las fuentes para este apartado están representadas, básicamente, por el portal internet del SEA, https://www.sea.gob.cl, en línea, agosto 2022, y por la Ley N° 19.300 (1994).
[31] Artículo 8º de la Ley 19.300 modificada (2010).

- Proponer la simplificación de trámites para los procesos de evaluación o autorizaciones ambientales.
- Administrar un registro público de consultores certificados para la realización de Declaraciones o Estudios de Impacto Ambiental.
- Fomentar y facilitar la participación ciudadana en la evaluación de proyectos.
- Interpretar administrativamente las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), previo informe del o los organismos con competencia en la materia específica que participaron de la evaluación, del Ministerio y la Superintendencia del Medio Ambiente, según corresponda.

Respecto al último punto del listado se debe destacar que la Ley establece que si la resolución de calificación ambiental "contuviese aspectos normados sometidos a las facultades de interpretación administrativa del organismo sectorial respectivo, el informe solicitado tendrá el carácter de vinculante para el Ministerio en relación a esa materia.

La misión institucional, la visión y los objetivos estratégicos del SEA se presentan en el **Cuadro 2.1**.

Cuadro 2.1. Misión, visión y objetivos estratégicos del SEA.

Misión	Contribuir al desarrollo sustentable, la preservación y conservación de los recursos naturales y la calidad de vida de los habitantes del país, por medio de la gestión del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, asegurando una calificación ambiental transparente, técnica y eficiente en coordinación con los organismos del Estado, fomentando y facilitando la participación ciudadana en los procesos de evaluación, con el propósito de mitigar, compensar y/o reparar los impactos ambientales significativos.
Visión	Ser reconocido a nivel internacional como un Servicio líder en evaluación de impacto ambiental, que define criterios técnicos, oportunos y efectivos para la protección del medio ambiente, con innovación y avanzadas tecnologías; modelo de gestión de la Administración Pública y pilar esencial para el desarrollo sustentable del país, consciente de las futuras generaciones de Chile.
Objetivos estratégicos (OE)	• Asegurar la correcta incorporación del componente ambiental y el cumplimiento de la normativa vigente sobre los procesos de evaluación ambiental, a través de la estandarización de criterios de evaluación. • Fomentar y facilitar los procesos de participación ciudadana con un enfoque multicultural, considerando las características socioculturales de la población, a través de la realización de actividades y generación de información vinculada a la evaluación de impacto ambiental. • Consolidar un sistema de evaluación ambiental simplificado y eficiente, a través de la implementación de herramientas tanto tecnológicas como administrativas. • Fomentar la generación de competencias técnicas ambientales en los servicios públicos con competencia ambiental, a través de la generación de conocimiento y capacitaciones.

Fuente: SEA, 2022.

Respecto a sus objetivos estratégicos, es importante señalar que pareciera que no aportaran mucho considerando que las funciones que establece la ley son

suficientemente claras como para constituirse en los objetivos de mediano-largo plazo y base de una matriz de estructura lógica para su consecución.

2.2. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

2.2.1. Descripción básica del SEIA

El SEIA es un Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) de carácter preventivo que permite a la autoridad determinar antes de la ejecución de uno de los proyectos o actividades señalados en la LBGMA (artículo 10), si estos: 1) cumplen con la legislación ambiental vigente; 2) y si se hacen cargo de los potenciales impactos ambientales significativos. A este instrumento pueden someterse iniciativas, ya sea de origen público o privado, las que sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental, de acuerdo a lo establecido en la LBGMA y su reglamento.

Este IGA entró en vigencia el 03 de abril de 1997. Luego, de más de 25 años de vigencia, el SEIA se ha constituido probablemente en el instrumento de prevención del deterioro ambiental más importante del país[32], aquello sin perjuicio de las críticas que ha recibido y que han dado lugar a diversas mejoras. En este aspecto, la promulgación de la Ley Nº 20.417 (2010), ya abordada antes en este informe, fue un hito importante en la evolución del SEIA, debido a que creo y definió al SEA como el organismo administrador de este sistema, a la par que creó a la SMA como una entidad con responsabilidades en el seguimiento y la fiscalización ambiental de diversos instrumentos de carácter ambiental, entre ellos, las RCA. Adicionalmente, las modificaciones introducidas por la Ley N° 20.417 derivaron en la necesidad de actualizar el reglamento del SEIA, lo cual se concretó con la publicación en el Diario Oficial del Decreto Supremo N° 40 (2013).

Estudios y declaraciones de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental de un proyecto o actividad requiere la realización, según el caso, de un Estudio o de una Declaración de Impacto Ambiental. Un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es exigible si el proyecto genera o presenta “a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias” que se resumen a continuación (artículo 11 de la LBGMA):

[32] En general, salvo indicación en contrario, las fuentes utilizadas en esta síntesis son la LGBMA, citada antes, y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto N° 40 del Ministerio de Medio Ambiente vigente desde octubre de 2014).

- Riesgo para la salud de la población.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales
- protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud Y duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Los proyectos o actividades no podrán ser fraccionados con el objeto de eludir el ingreso al SEIA o evitar el requerimiento de un EIA.

Esta prohibición no se aplica si se acredita que "el proyecto o actividad corresponde a uno cuya ejecución se realizará por etapas". Sin embargo, según el caso, la implementación en etapas también podría considerarse un fraccionamiento del proyecto si, en ausencia de las etapas sucesivas, el proyecto deja de ser rentable.

En el caso de los proyectos o actividades que deban someterse al SEIA pero que no requieran elaborar un EIA se debe presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), instrumento equivalente a una declaración jurada, asegurando que el proyecto o actividad cumple con la legislación ambiental vigente. La DIA puede incluir compromisos ambientales voluntarios que se harán exigibles para el proyecto o actividad en cuestión, no obstante, no estén exigidos por ley.

Comisiones de evaluación y comités técnicos

Tanto las DIA como los EIA de los proyectos que ingresan al SEIA para obtener las autorizaciones correspondientes, se deben someter a la Comisión de Evaluación de la región en la que se realizarán las obras materiales que contemple el proyecto o actividad, con anterioridad a su implementación, de acuerdo como lo establece el artículo 86 de la LBGMA. En los casos en que la actividad o proyecto pueda causar impactos ambientales en zonas situadas en distintas regiones, las DIA o los EIA deben presentarse ante el Director Ejecutivo del Servicio de Evaluación Ambiental.

Las comisiones de evaluación son presididas actualmente por el Delegado Presidencial Regional[33] e integradas por los SEREMI de Medio Ambiente, de Salud, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Obras Públicas, de Agricultura, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, y de Desarrollo Social y Familia, y el Director Regional del SEA, quien actúa como secretario. Además, en cada región se crearon comités técnicos integrados por el SEREMI de Medio Ambiente, que lo preside, el Director Regional del SEA, los directores regionales de los servicios públicos que tengan competencia en materia ambiental, el Gobernador Marítimo correspondiente y el representante del Consejo de Monumentos Nacionales. A este comité le corresponde elaborar un acta de evaluación de cada proyecto, acta de libre acceso a los interesados.

La Comisión de Evaluación, o el Director Ejecutivo en su caso, debe aprobar o rechazar un proyecto o actividad sometido al SEIA sólo en virtud del Informe Consolidado de Evaluación en lo que dice relación con los aspectos normados en la legislación ambiental vigente, informe que debe incorporar los pronunciamientos ambientales fundados de los organismos con competencia que participaron en la evaluación así como la evaluación técnica de las observaciones planteadas por la comunidad y los interesados, cuando corresponda.

Resoluciones de calificación ambiental

El proceso de evaluación de impacto ambiental culmina en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA), el acto administrativo final del procedimiento de evaluación ambiental mediante el cual se califica ambientalmente el proyecto o actividad sometido al SEIA. Una RCA favorable establece las condiciones, exigencias o medidas que deberán cumplirse para ejecutar un proyecto o actividad y aquéllas bajo las cuales se otorgarán los permisos que de acuerdo con la legislación deben emitir los organismos del Estado. Si la resolución es desfavorable, el proyecto o iniciativa no puede ser ejecutado salvo que haya sido reingresado al sistema y su calificación de lugar a una RCA favorable.

Mediante el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), creado en virtud de la Ley N° 20.417 (2010), es posible acceder a la información relativa a las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) calificadas

[33] Según el dictamen N° E118757N21 de la Contraloría General de la República, el Delegado Presidencial Regional es la autoridad que debe asumir la presidencia de la Comisión de Evaluación que regula el artículo 86 de la ley N° 19.300, esto en atención a la reforma constitucional aprobada por la ley N° 20.990, que Dispone la Elección Popular del Órgano Ejecutivo del Gobierno Regional, en virtud de la cual se eliminó el cargo de intendente.

favorablemente, las que se encuentran agrupadas según vía de ingreso, tipología, fase del proyecto, región de la autoridad que emitió el documento, entre otros.

Permisos ambientales sectoriales

Todos los permisos de carácter ambiental, que de acuerdo con la legislación vigente deban o puedan emitir los órganos de la Administración del Estado, respecto de proyectos o actividades sometidos al SEIA, deben ser otorgados a través de dicho sistema, de acuerdo a las normas de la LGBMA (artículo 8) y del Reglamento del SEIA[34].

En los informes requeridos en el marco del proceso de evaluación ambiental, los organismos del estado con competencia ambiental se deben pronunciarse exclusivamente en el ámbito de sus competencias, acerca de los permisos ambientales sectoriales aplicables, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales para acreditar su cumplimiento. Deben indicar si el proyecto o actividad cumple con la normativa de carácter ambiental, incluidos los permisos ambientales sectoriales, así como si las medidas propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental se hacen cargo adecuadamente de los impactos ambientales de la iniciativa.

Se distingue entre permisos ambientales sectoriales de contenidos únicamente ambientales y permisos ambientales sectoriales mixtos que incluyen contenidos ambientales y no ambientales. En el primer caso, bastará que el titular del proyecto o actividad exhiba la RCA para que el organismo competente otorgue el permiso sin más trámite. Si la RCA es desfavorable, dichos órganos quedarán obligados a denegar tales permisos.

En el caso de permisos ambientales sectoriales mixtos, la RCA favorable certificará que se da cumplimiento a los requisitos ambientales de dichos permisos; los órganos del Estado con competencia ambiental no podrán denegar los correspondientes permisos ni imponer nuevas condiciones o exigencias de carácter ambiental que no sean las establecidas en la RCA. Si la RCA fuese desfavorable, los órganos competentes quedarán obligados a denegar los correspondientes permisos, en razón de los requisitos ambientales, aunque se satisfagan los demás requisitos.

[34] Decreto N°40 que aprueba el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2016/01/12/dto-40_12-ago-2013.pdf

El SEA ha desarrollado "guías trámite" que uniforman los criterios o exigencias técnicas de los contenidos y procedimientos establecidos para cada uno de los permisos ambientales sectoriales, las que deberán ser observadas por los titulares de las iniciativas sometidas al SEIA.

El Reglamento del SEIA incorpora un listado completo, tanto de los permisos ambientales sectoriales de contenidos únicamente ambientales como de los permisos ambientales mixtos (párrafos segundo y tercero del reglamento)[35].

Consultas de pertinencia

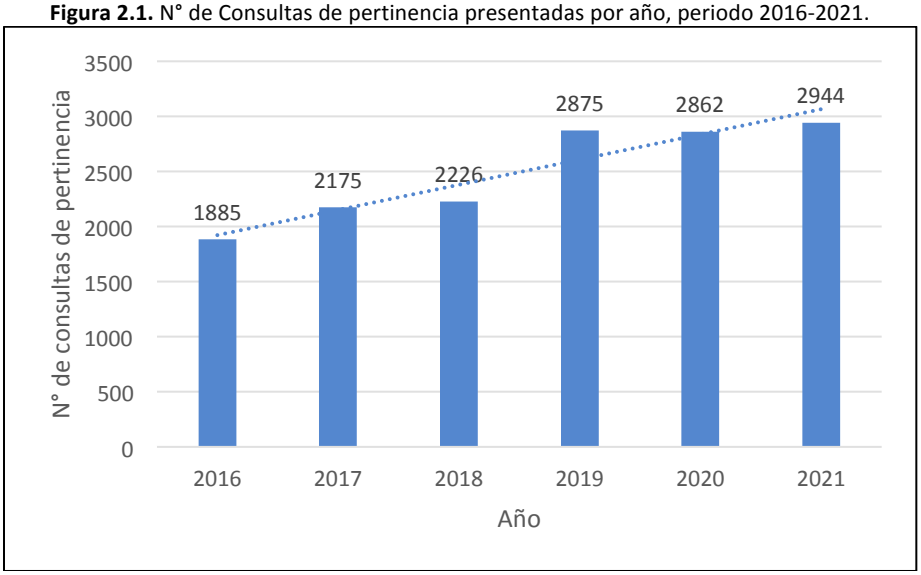
La consulta de pertinencia es la petición del proponente de un proyecto o actividad, o de la modificación de un proyecto o actividad, dirigida al Director Regional o al Director Ejecutivo del SEA, según el caso, solicitando un pronunciamiento sobre si ese proyecto o actividad o modificación debe o no someterse al SEIA.

La respuesta a una consulta de pertinencia es un pronunciamiento del SEA que se enmarca dentro de las declaraciones de juicio que realizan los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA) en el ejercicio de sus competencias (SEA, 2022a).

Pese a que no se había anticipado que se recurriese a este tipo de consulta más allá de situaciones excepcionales, los titulares de proyectos han estado recurriendo a ella de modo creciente. Entre el año 2016 y 2021 (**Ver Figura 2.1**), se han presentado un total de 14.967 consultas de pertinencia, siendo el año 2021 aquel en el que más se han presentado peticiones de esta índole (2944).

[35] Los permisos ambientales sectoriales que establece el Reglamento del SEIA son 20 y están definidos en los artículos 111 al 130 del párrafo 2º, título VII; los permisos ambientales mixtos son 30 y se definen en los artículos 131 al 160 del párrafo 3º del mismo título; hay un solo pronunciamiento ambiental definido por el artículo 161 del párrafo 4º del mismo título.

Figura 2.1. N° de Consultas de pertinencia presentadas por año, periodo 2016-2021.



Fuente: SEA, 2022.

La consulta de pertinencia es percibida como un mecanismo clarificador, que otorga certeza jurídica a los titulares y a otros servicios, respecto de un proceso tan complejo y relevante como la evaluación ambiental. Esto ha generado un enorme crecimiento de consultas, de las cuales el 90% no tiene efecto al corresponder a proyectos o modificaciones de proyectos que carecen de impacto (no debió consultarse).[36]

La posibilidad, en todo caso, está explícitamente reconocida en el Reglamento del SEIA que establece que:

> Sin perjuicio de las facultades de la Superintendencia para requerir el ingreso de un proyecto o actividad, los proponentes podrán dirigirse al Director Regional o al Director Ejecutivo del Servicio, según corresponda, a fin de solicitar un pronunciamiento sobre si, en base a los antecedentes proporcionados al efecto, un proyecto o actividad, o su modificación, debe someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. La respuesta que emita el SEA deberá ser comunicada a la Superintendencia. (Ministerio del Medio Ambiente, 2013).

Por lo demás, una consulta como esta constituye una manifestación del derecho de petición consagrado en el artículo 19° N°14 de la Constitución Política de la República. De este modo, al SEA, como administrador del SEIA, le compete pronunciarse, a requerimiento del interesado, respecto de si un determinado proyecto o actividad, o si su modificación, debe someterse al SEIA en forma previa a su ejecución en base a las definiciones de la LBGMA (modificada) y del Reglamento del SEIA sobre las tipologías de proyectos y a lo dispuesto, con

[36] Comisión Nacional de Productividad, Calidad Regulatoria en Chile, septiembre 2019.

relación a cambios o modificaciones de los proyectos o actividades, por dicho Reglamento[37].

2.2.2. Estadísticas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

2.2.2.1 Aprobaciones y rechazos de declaraciones y estudios de impacto ambiental

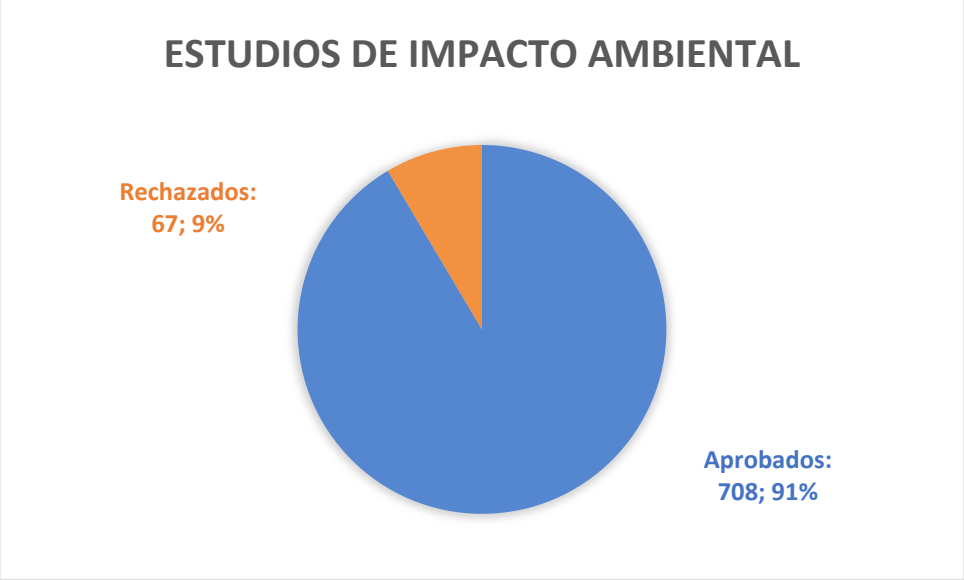
En el **Cuadro 2.2** y la **Figura 2.2** se presenta la cantidad de proyectos aprobados y rechazados desde que entró en vigencia el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el año 1997 [38] a la fecha, además de la inversión asociada.

Cuadro 2.2. Proyectos aprobados y rechazados en el marco del SEIA, periodo 1997-2022[a].

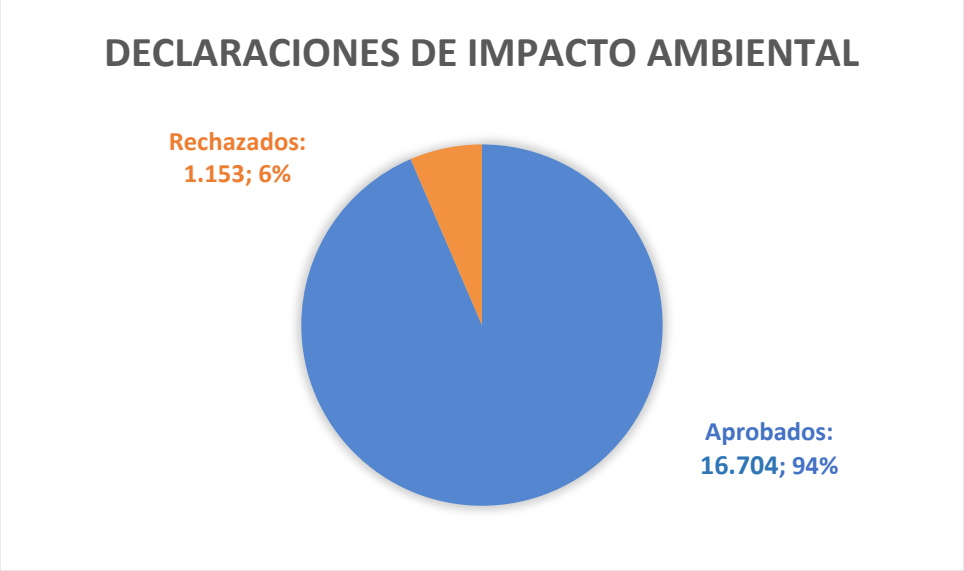
Estado	Proyectos (número)	Inversión (MMUSD)
Aprobado	17.412	402.722,001
DIA	16.704	246.868,662
EIA	708	155.853,339
Rechazado	1.220	30.974,122
DIA	1.153	19.953,486
EIA	67	11.020,636
Total	18.632	433.696,123

[a]03 de abril 1997-01 de julio 2022.
Fuente: Construido a partir de datos en línea del SEA.

Figura 2.2. Proyectos con DIA y EIA aprobados y rechazados, periodo 1997-2022.



[37] Artículo 10 de la Ley Nº 19.300, modificada por la Ley 20.417, y artículo 3º del Reglamento del SEIA, D.S. N° 40/12 del MMA relativo a tipologías, y artículo 2° literal g) del mismo relativo a cambio o modificaciones.
[38] D.S. N° 30, de 27 de marzo de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que entra en vigencia el 3 de abril de ese año. En esta fecha exacta se inicia el conteo de proyectos para los fines del SEIA.



Periodo 1997-2022 (en número y porcentaje del total).
Fuente: Cuadro Anexo 1.1. Construido a partir datos en línea del SEIA.

Considerando el quinquenio 2018-2022, como se ilustra en el **Cuadro 2.3**, fueron presentados al SEIA 3.706 proyectos, 191 como EIA y 3.515 como DIA, pero sólo concluyeron el proceso de evaluación, con resultado favorable o desfavorable, 2.109 proyectos, 95 como EIA y 2.014 como DIA.

En el ámbito de los EIA, fueron aprobados 42,93% y rechazados 6,81%; el resto, 50,26%, cubre los proyectos no admitidos, no calificados y los desistimientos. Por el lado de las DIA, fue aprobado 54,62% de los proyectos calificados y 2,67% rechazado mientras, los proyectos no admitidos, no calificados y los desistimientos representaron 42,70%. En el Anexo 1.1 y 1.2, se puede observar la inversión asociada según el estado de los EIA y DIA calificados en este quinquenio.

Cuadro 2.3. Estado de proyectos presentados al SEIA. Periodo 2018-2022.

Estado	EIA		DIA		Total	
	Número	%	Número	%	Número	%
Aprobado	82	42,93	1.920	54,62	2.002	54,02
Desistido	55	28,80	800	22,76	855	23,07
No admitido a trámite	19	9,95	523	14,88	542	14,62
No calificado	22	11,52	178	5,06	200	5,40
Rechazado	13	6,81	94	2,67	107	2,89
Total general	191	100	3.515	100	3.706	100

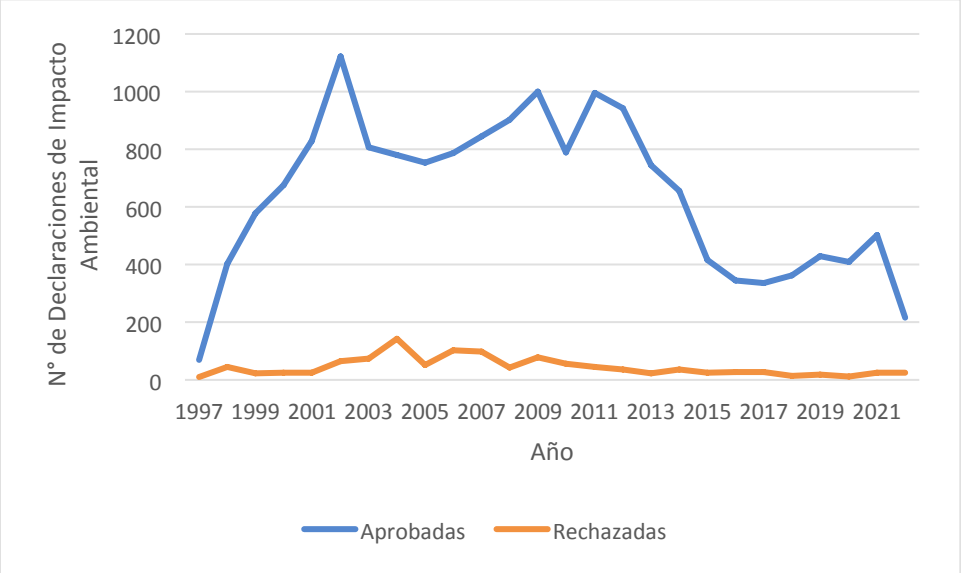
Por otra parte, como se observa en el **Anexo 2.1**, el número de DIA que concluyeron el proceso de evaluación, sea con resultado favorable (aprobadas) o desfavorable (rechazadas), alcanza su máximo en 2002 con 1.189 declaraciones.

Excluyendo el año que comenzó a operar el SEIA (1997), el año 2017 es aquel en el que menos DIA culminaron este proceso (365).

Respecto a las DIA aprobadas (**Ver Figura 2.3**), entre el año 1997 y 2002, se produjo un aumento sostenido, siendo el año 2002, aquel en el que más declaraciones se han aprobado desde que existe el SEIA (1.123). Entre el año 2003 y 2013 el número de DIA aprobadas osciló entre las 750 y 1000, aproximadamente. También, resulta relevante destacar que entre el año 2012 y 2017 se produjo una reducción continua en el número de DIA aprobadas, hasta alcanzar un mínimo de 337. El año 2021, nuevamente se superaron las 500 DIA aprobadas, situación que no ocurría desde el año 2014.

A diferencia de las DIA aprobadas, aquellas rechazadas han tenido una variación menor para el periodo 1997-2022. Aunque de este último grupo, es posible resaltar que 2020 corresponde al año con una menor cantidad de DIA rechazadas (11)[39].

Figura 2.3. Declaraciones de Impacto Ambiental aprobadas y rechazadas, periodo 1997-2022.



aDatos abril 1997-julio 2022.
Fuente: Construido a partir de datos en línea del SEA.

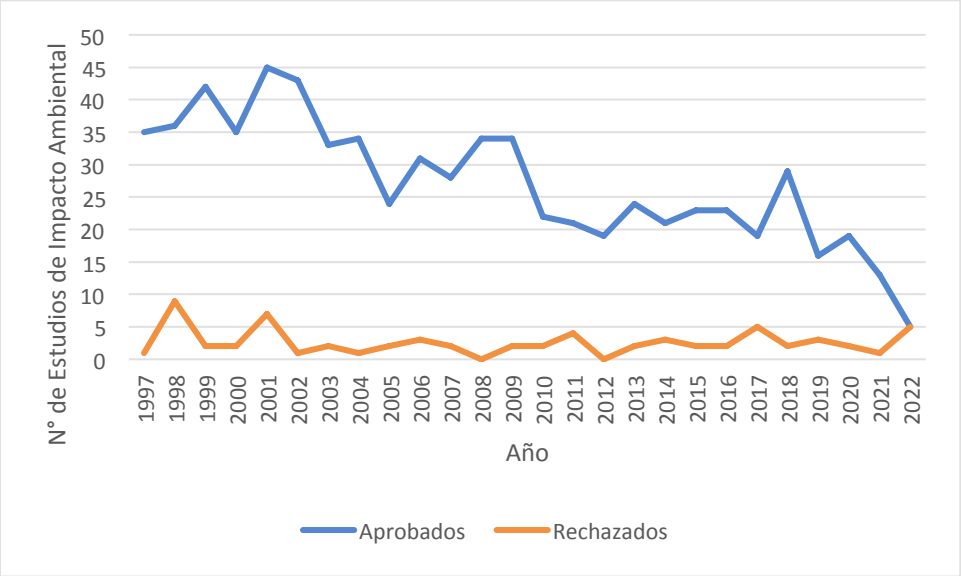
En la **Figura 2.4**, se presentan los EIA aprobados y rechazados durante el periodo 2017-2022. A modo general, se puede destacar que el número de EIA aprobados presenta una tendencia a la baja para el periodo en estudio. El año 2009 fue el último en el que se aprobaron más de 30 EIA. Además, el año 2001 resalta, como aquel en el que se han aprobado una mayor cantidad de EIA (52) (**Ver Anexo 2.1**).

[39] Si se excluye el año que comenzó a operar el SEIA, el año 2020 posee la menor cantidad de DIA rechazadas.

Contrariamente, el año 2021 se aprobaron la menor cantidad de EIA a la fecha (13).

Por otra parte, el número de EIA rechazados anualmente fluctúa entre 0 y 3 a lo largo de todo el periodo 1997-2022, excepto los años 1998 (9 EIA rechazados), 2001 (7 EIA rechazados), 2011 (4 EIA rechazados, 2017 (6 EIA rechazados) y 2022 (5 EIA rechazados).

Figura 2.4. Estudios de Impacto Ambiental aprobados y rechazados, periodo 1997-2022.



aDatos abril 1997-julio 2022.
Fuente: Construido a partir de datos en línea del SEA.

2.2.2.2 Inversión declarada en proyectos aprobados en el marco del SEIA

En el **Cuadro 2.4** y en la **Figura 2.5** se muestran los montos de inversión asociados a proyectos con EIA aprobados en el marco del SEIA entre 2010 y julio de 2022. Se observa que los mayores montos corresponden (de mayor a menor) a los proyectos aprobados en 2016, 2018 y 2013 con el equivalente, respectivamente, de 15.348, 14.218 y 13.631 millones de dólares. El año con proyectos con el menor monto[40] declarado es 2012 con el equivalente a 2.618 millones de dólares americanos.

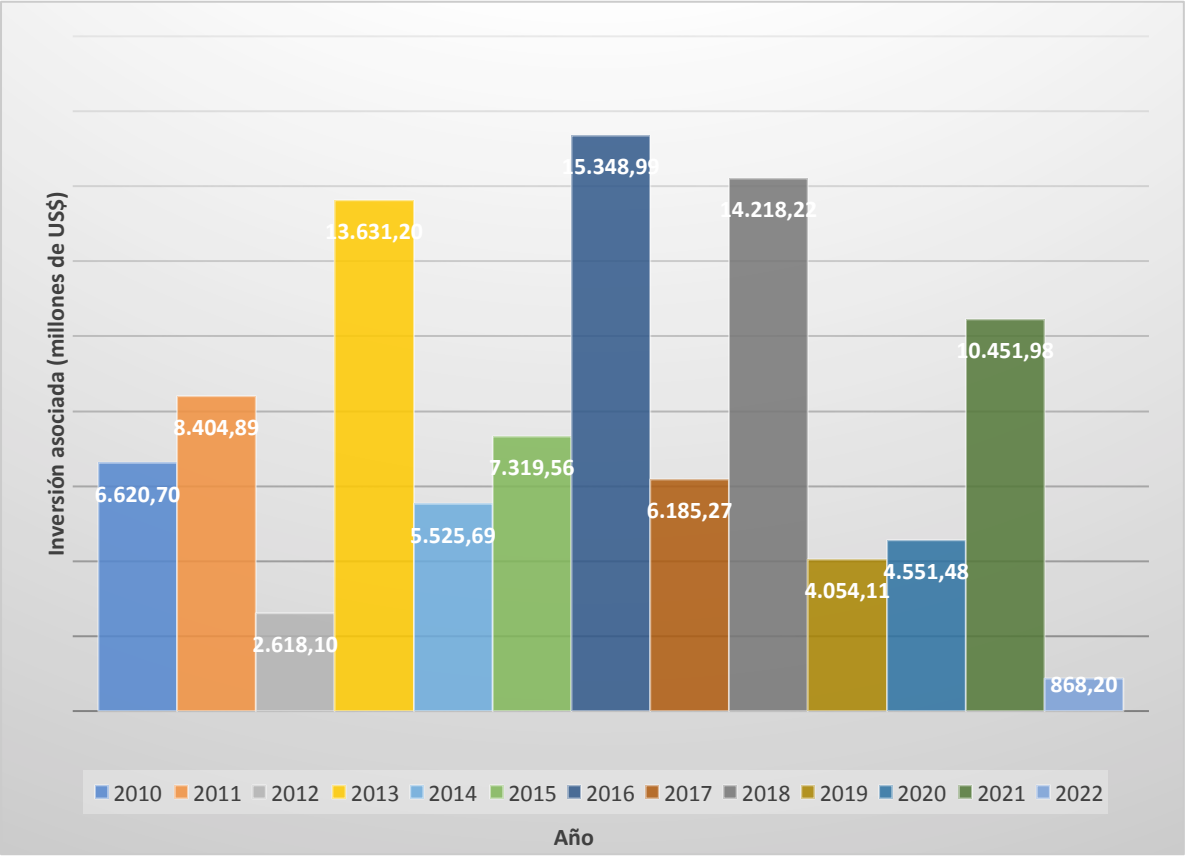
[40] Se excluye 2022, debido a que solo se poseen datos hasta julio de ese año.

Cuadro 2.4. Evolución de proyectos con EIA aprobado y montos de inversión asociados. Periodo 2010-2022.

Año	Proyectos con EIA aprobado (número)	Inversión asociada (millones de US$)	
		Total	Promedio por proyecto
2010	22	6.620,700	300,94
2011	21	8.404,891	400,23
2012	19	2.618,098	137,79
2013	24	13.631,198	567,97
2014	21	5.525,685	263,13
2015	23	7.319,560	318,24
2016	23	15.348,990	667,35
2017	19	6.185,266	325,54
2018	29	14.218,222	490,28
2019	16	4.054,110	253,38
2020	19	4.551,484	239,55
2021	13	10.451,980	804,00
2022	5	868,200	173,64

Fuente: Elaborado a partir datos en línea del SEA, 2022.

Figura 2.5. Inversión declarada en EIA de proyectos aprobados. Periodo 2010-2022 (en millones de US$).



Datos considerados hasta 01 de julio de 2022.
Fuente: Construido a partir datos del SEA en línea, julio de 2022.

No hay una tendencia obvia con relación a las inversiones que estarían fundamentalmente determinadas por grandes proyectos. Como se puede ver en el **Cuadro 2.4** citado, la variación en los montos de inversión en referencia no estaría determinada por el número de proyectos sino porque, en los años con mayores montos, hay proyectos de gran tamaño que se traducen en promedios de inversión superiores por proyecto aprobado. En los años de mayor inversión declarada (2013, 2016 y 2018) el promedio de inversión por proyecto va de 490 a 667 millones de dólares mientras, en 2012, el año con el menor monto declarado, el promedio de inversión declarada es de 133,4 millones de dólares, siendo, además, el año con el menor número de proyectos con EIA reprobados.

En el caso de los montos de inversión asociados a proyectos con DIA aprobadas entre 2010 y julio de 2022 (véase **Figura 2.6**) se observan fluctuaciones menores que en el caso de las EIA. Los montos asociados a los proyectos con DIA aprobada, expresados en millones de dólares (MMUSD), se van incrementando desde 2010 para alcanzar un máximo en 2012 ascendiente a 26.483 MMUSD para luego situarse en torno a los 20.000 MMUSD en los años 2013 y 2014 y continuar disminuyendo hasta 11.341 MMUSD en 2018 para luego volver aumentar hasta alcanzar los 14.895 MMUSD el 2021.

En el **Cuadro 2.5**, se presenta el número de proyectos con DIA aprobados, la inversión declarada asociada a esos proyectos y la inversión promedio declarada por proyecto para el periodo 2010-2022. Entre 2010 y 2017, se observa una disminución sostenida del número de proyectos que, de 790 y 997 en 2010 y 2011, respectivamente, se reducen a 337 en 2017. En 2018 comienza a aumentar el número de proyectos alcanzando un máximo de 503 en 2021.

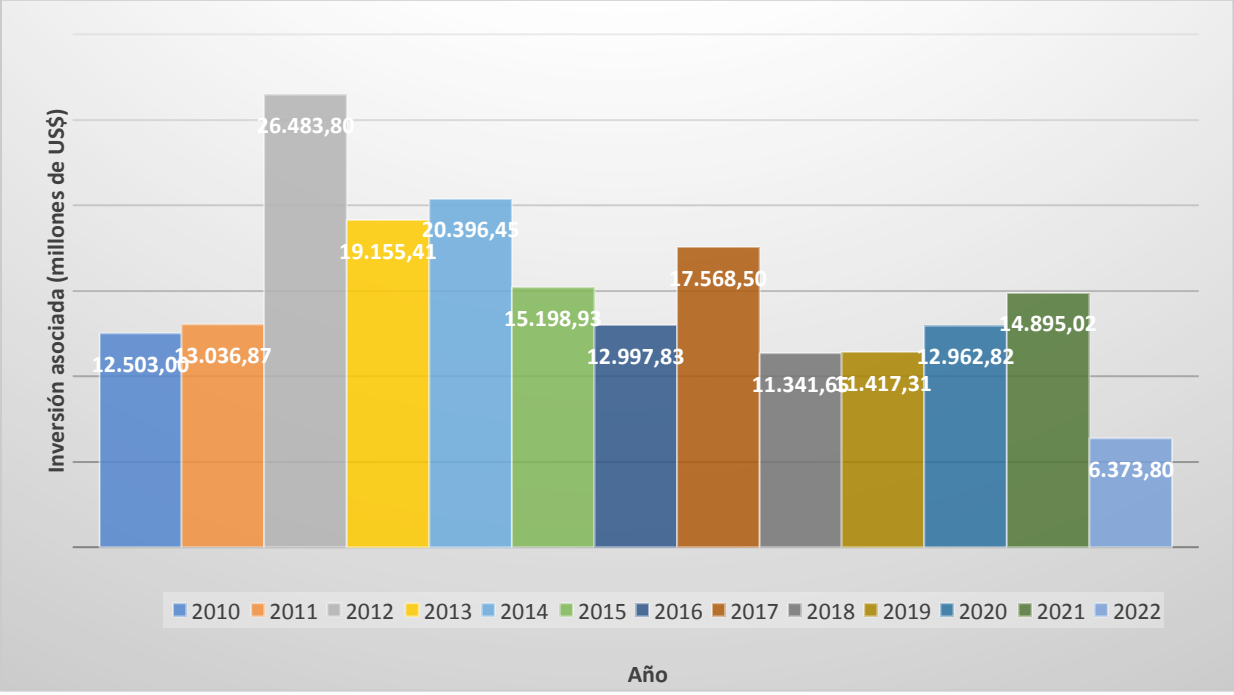
La inversión promedio por proyecto se incrementa hasta alcanzar 52,13 MMUSD en 2017, cayendo hasta los 26,55 MMUSD en 2019, para luego aumentar hasta los 31,69 MMUSD en 2020 y finalmente disminuir hasta los 29,61 MMUSD en 2021. El menor monto de inversión por proyecto ocurre en 2011 donde alcanza a 13,08 MMUSD cuando el número de proyectos aprobados alcanza el máximo (997).

Cuadro 2.5. Evolución de proyectos con DIA aprobada y montos de inversión asociados. Periodo 2010-2022.

Año	Proyectos con DIA aprobada (número)	Inversión asociada (millones de US$)	
		Total	Promedio por proyecto
2010	790	12.503,001	15,83
2011	997	13.036,873	13,08
2012	943	26.483,796	28,08
2013	745	19.155,411	25,71
2014	657	20.396,449	31,04
2015	415	15.198,925	36,62
2016	346	12.997,825	37,57
2017	337	17.568,503	52,13
2018	363	11.341,646	31,24
2019	430	11.417,310	26,55
2020	409	12.962,819	31,69
2021	503	14.895,024	29,61
2022	216	6.373,804	29,51

Fuentes: Construido a partir datos en línea del SEA, 2022.

Figura 2.6. Inversión declarada en DIA de proyectos aprobados. Periodo 2010-2022 (en millones de US$).



aDatos considerados hasta 01 de julio de 2022.
Fuente: Construido a partir datos del SEA en línea, julio de 2022.

En síntesis, se puede concluir que, en cuanto a los proyectos con EIA aprobada en el período 2018-2021, habría una cierta tendencia a la disminución en el número de proyectos aprobados, así como de la inversión asociada. En el caso de los proyectos con DIA aprobada, la tendencia determinada del mismo modo es

inversa, al aumento respecto al número de proyectos y a la inversión asociada para el periodo 2018-2021.

2.2.2.3 Proyectos con estudios y declaraciones de impacto ambiental aprobadas según sectores

La estadística del SEA reconoce trece sectores principales más una categoría "otros" englobando los sectores de más baja representación. En el caso de los EIA aprobados, el mayor número corresponde a los sectores Energía y Minería, tanto para el periodo 2018-2022, como en el periodo 1997-2022 (**Ver Cuadro 2.6**).

Para los proyectos aprobados con DIA, en el período 1997-2022, los sectores principales fueron Pesca y Acuicultura, Saneamiento Ambiental y Energía, mientras que, en el período 2018-2022, lo fueron Energía, Inmobiliario y Minería.

La evolución del número de proyectos según sectores en el período 2018-2022 se presenta, respectivamente con EIA y DIA, en los cuadros **anexos 2.4 y 2.5** y en las figuras **anexas 2.8 y 2.9**.

Cuadro 2.6. Proyectos aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental por sector productivo. Periodo 2018-2022 y 1997-2022.

Sector	Periodo 2018-2022			Periodo 1997-2022		
	DIA	EIA	Total	DIA	EIA	TOTAL
Agropecuario	47	0	47	311	3	314
Energía	710	30	740	1.820	205	2025
Equipamiento	3	1	4	594	7	601
Forestal	13	0	13	96	12	108
Infraestructura de transporte	15	5	20	216	32	248
Infraestructura hidráulica	42	7	49	359	30	389
Infraestructura portuaria	11	4	15	141	30	171
Inmobiliario	399	6	405	1.729	28	1757
Instalaciones fabriles varias	41	1	42	544	20	564
Minería	239	18	257	1.754	136	1890
Otros	137	4	141	1.501	72	1573
Pesca y acuicultura	98	0	98	3.694	13	3707
Planificación territorial/inmobiliarios zonas	0	0	0	683	10	693
Saneamiento ambiental	165	6	171	3.262	110	3372
Totales	1920	82	2002	16704	708	17412

aDestacados los tres sectores con mayor inversión en cada columna.

bHasta julio 2022. **Fuente**: SEA en línea.

Con relación a los montos de inversión asociados a los proyectos con EIA y DIA (**Ver Cuadro 2.7**), se observa que los tres sectores que dominaron en los agregados de inversión declarada acumulada a julio 2022 desde el inicio del SEIA en 1997 fueron, respectivamente energía con una inversión declarada acumulada de 139.509 MMUSD (2.025 proyectos), minería con 121.454 MMUSD (1.890 proyectos) e inmobiliario con 45.824 MMUSD (1.757). Los tres sectores señalados son también los que registran la mayor inversión declarada acumulada en los últimos cinco años, el período 2018-2022: energía 29.826 MMUSD (con 740 proyectos), minería 28.595 MMUSD (con 257 proyectos) e inmobiliario 16.708 MMUSD (con 405 proyectos). La inversión total ascendió a 402.722 y 90.934 MMUSD, respectivamente, en los períodos 1997-2022 (17.412) y 2018-2022 (2.002 proyectos).

Cuadro 2.7. Inversiones asociadas a proyectos aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental por sector productivo. Periodo 2018-2022 y 1997-2022 (millones de US$).

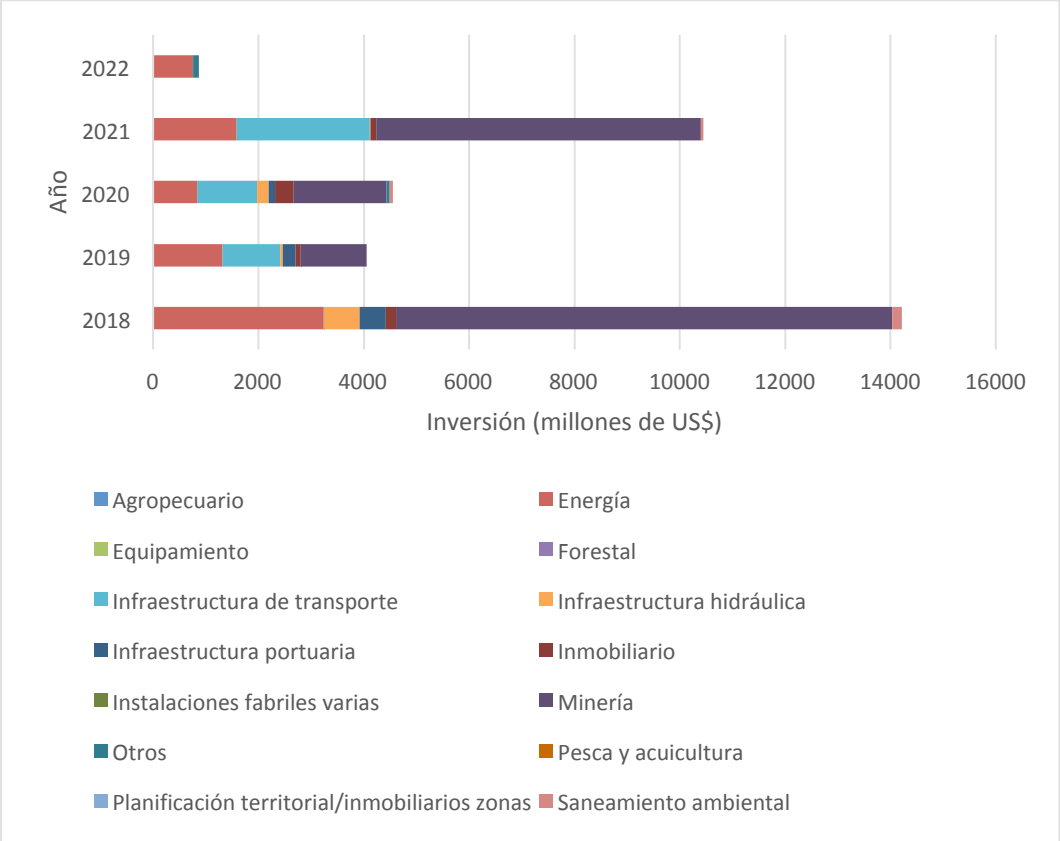
Sector	Periodo 2018-2022			Periodo 1997-2022		
	DIA	EIA	Total	DIA	EIA	TOTAL
Agropecuario	680,536	0	680,536	2.248,78	523,5	2.772,28
Energía	22096,983	7729,915	29826,898	99.246,48	40.263,00	139.509,48
Equipamiento	29,8	10	39,8	1.398,50	36,561	1.435,06
Forestal	91,709	0	91,709	1.918,68	5.475,60	7.394,28
Infraestructura de transporte	1378,862	4762,465	6141,327	8.382,98	8.719,83	17.102,81
Infraestructura hidráulica	188,485	952,21	1140,695	1.593,19	6.589,54	8.182,73
Infraestructura portuaria	288,784	860	1148,784	2.360,83	4.117,21	6.478,04
Inmobiliario	15939,308	769	16708,308	43.558,62	2.265,86	45.824,47
Instalaciones fabriles varias	727,152	1,5	728,652	10.866,25	2.585,02	13.451,27
Minería	10006,023	18589,7	28595,723	45.152,28	76.301,97	121.454,24
Otros	3283,421	175,046	3458,467	12.906,47	4.935,86	17.842,34
Pesca y acuicultura	645,169	0	645,169	6.181,17	86,13	6.267,30
Planificación territorial/inmobiliarios zonas	0	0	0	79,398	0	79,40
Saneamiento ambiental	1434,373	294,16	1728,533	10.975,04	3.953,27	14.928,31
Totales	56790,605	34143,996	90934,601	246868,663	155.853,34	402.722,00

aDestacados los tres sectores con mayor inversión en cada columna.

bHasta julio 2022. **Fuente**: SEA en línea.

Las **Figuras 2.7** y **2.8** representan gráficamente las cifras de inversión declarada por los titulares de los proyectos aprobados, en el marco de los EIA y DIA, respectivamente, por año y por sector productivo en el período 2018-2022.

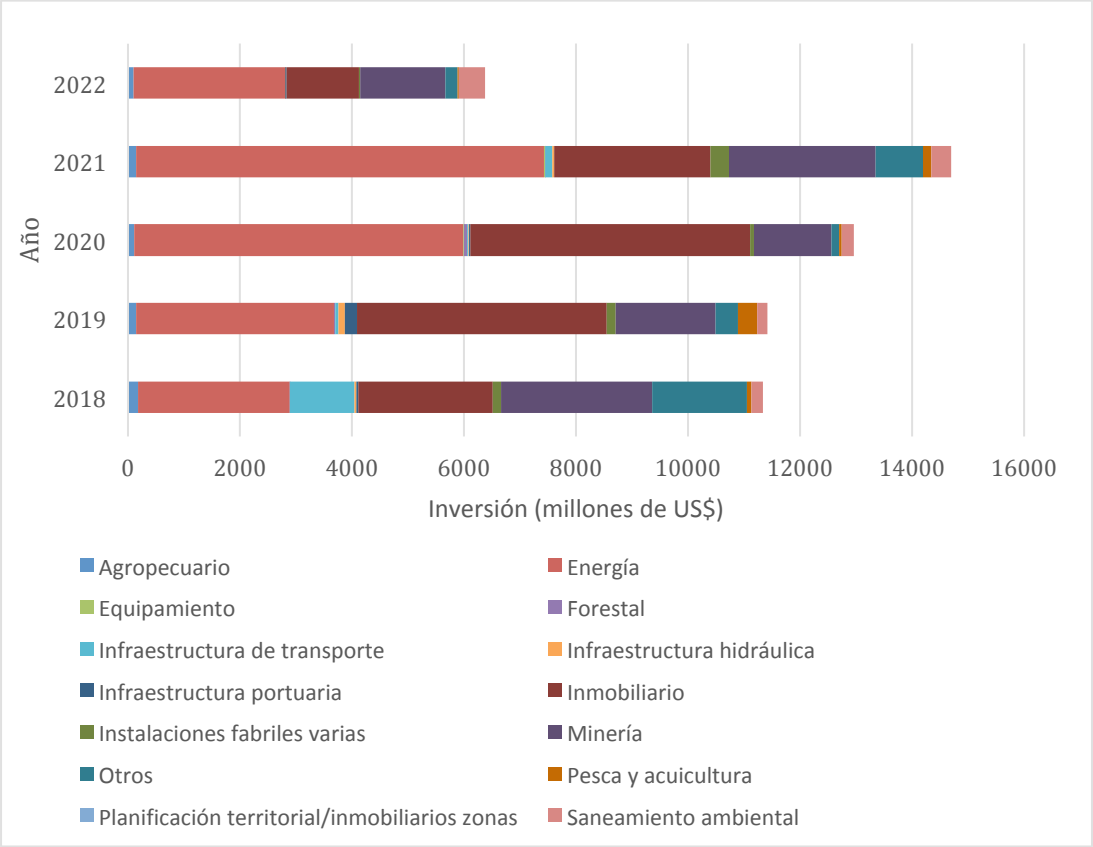
Figura 2.7. Montos de inversión declarada en los EIA de proyectos aprobados. Periodo 2018-2022 (millones de US$).



aDatos considerados hasta 01 de julio de 2022.

Fuente: Construido a partir datos del SEA en línea, julio de 2022.

Figura 2.7. Montos de inversión declarada en las DIA de proyectos aprobados. Periodo 2018-2022 (millones de US$).



aDatos considerados hasta 01 de julio de 2022.

Fuente: Construido a partir datos del SEA en línea, julio de 2022.

3. FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

3.1. Superintendencia del Medio Ambiente

3.1.1. Antecedentes

La Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) fue creada por la Ley N° 20.417/2010 como un servicio público funcionalmente descentralizado, dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente y afecta al Sistema de Alta Dirección Pública. Tiene como objetivos "ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las resoluciones de calificación ambiental, de las medidas de los planes de prevención y de descontaminación ambiental, del contenido de las normas de calidad ambiental y normas de emisión, y de los planes de manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley". La SMA tiene un rol tanto fiscalizador como de sanción.

Los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental, que no sean de competencia de la Superintendencia, deberán adoptar y respetar todos los criterios que la Superintendencia establezca en relación con la forma de ejecutar las actuaciones de fiscalización, pudiendo solicitar a esta que se pronuncie al respecto. Además, tiene la facultad exclusiva de aplicar sanciones frente a un incumplimiento de dichos instrumentos.

En síntesis, los organismos sectoriales son incompetentes para fiscalizar los instrumentos de gestión ambiental fiscalizables por la SMA, no obstante, sectorialmente se mantiene dicha acción bajo un sistema de programación y subprogramación.

Para cumplir con las responsabilidades que se le asignan, la Ley 20.417 entrega un gran número de atribuciones a la SMA – 24 exactamente (**Ver Anexo 3**), más "las demás funciones y atribuciones que le asigne la ley" – las cuales cubren los ámbitos de la fiscalización, de la sanción, de la información y de la promoción del cumplimiento.

Para llevar a cabo las funciones que se le asignan, la Superintendencia puede adoptar tres modalidades de fiscalización. En primer lugar, a través de sus propios

funcionarios; en segundo lugar, a través de los organismos sectoriales, pudiendo encomendarles determinadas labores de fiscalización sobre la base de los programas y subprogramas que se definirán en conjunto para tal efecto y, finalmente, mediante terceros debidamente acreditados y autorizados por la Superintendencia.

Con relación a la gestión, en Bergamini *et al*. (2017), plantean que el modelo centralizador trasladó a la SMA una enorme carga laboral con una dotación funcionaria reducida que, aunque se expandió, sigue siendo reducida. No obstante, el hecho de que la subprogramación de los servicios sectoriales, en el caso de la fiscalización, permita un despliegue territorial de la SMA, incluyendo sus oficinas regionales y el equipamiento y otros apoyos externos, esta mayor capacidad no ha sido acompañada con el mismo potencial de procesamiento de infractores.

La SMA declara que su misión es "Proteger el medio ambiente y la salud de las personas, asegurando el cumplimiento de la normativa ambiental" y su visión la de "un país responsable con su medio ambiente". Se ha propuesto alcanzar los siguientes objetivos estratégicos en el periodo 2019-2022:

- Fortalecer la fiscalización de instrumentos de gestión ambiental con base en la evaluación del riesgo ambiental, la mirada territorial en función del despliegue institucional y la coordinación de las competencias ambientales del Estado.
- Mejorar la gestión en cuanto al fundamento técnico y legal de la respuesta sancionatoria, así como en la oportunidad para emitir la resolución sancionatoria y la que se pronuncia sobre el programa de cumplimiento, logrando un efecto en el elemento disuasivo que debe generar la actividad de la SMA, sobre los sujetos regulados.
- Facilitar el acceso a la información relacionada con la fiscalización ambiental, a través del Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA), y la implementación de tecnologías que apoyen los objetivos y procesos de la SMA.

Los productos asociados a los objetivos estratégicos enunciados son, respectivamente, los programas y subprogramas de fiscalización, las bases metodológicas para la determinación de sanciones y el Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA).

La superintendencia se estructura en seis divisiones para cumplir sus objetivos: Recursos Naturales y Biodiversidad, Información y Economía ambiental, Calidad

del Aire y Cambio Climático, Educación Ambiental y Participación Ciudadana, Administración y Finanzas y Jurídica.

3.1.2. Programas y subprogramas de fiscalización

Para llevar a cabo su función fiscalizadora, la SMA elabora anualmente programas y subprogramas enfocados en los instrumentos de carácter ambiental. Al efecto, se ha desarrollado la Red Nacional de Fiscalización Ambiental (RENFA) con la finalidad de fortalecer el modelo de fiscalización ambiental creado por la Ley 20.417 mediante un uso eficiente, eficaz y coordinado de las capacidades de fiscalización de los organismos con competencias ambientales a nivel nacional[41].

Los programas establecen el número de actividades de fiscalización ambiental que se ejecutan en un año calendario mientras que, los subprogramas definen las actividades de fiscalización para cada organismo sectorial competente.

Para el desarrollo de las actividades de fiscalización, la Superintendencia debe establecer, anualmente, los siguientes programas y subprogramas:

a) Los programas de fiscalización de resoluciones de calificación ambiental para cada región, incluida la Metropolitana.

b) Los subprogramas sectoriales de fiscalización de resoluciones de calificación ambiental, donde se identificarán las actividades de fiscalización para cada servicio u organismo sectorial competente.

c) Los programas de fiscalización de los planes de prevención y de descontaminación para las diversas regiones donde se hayan definido.

d) Los subprogramas de fiscalización de los planes de prevención y de descontaminación, donde se identifiquen las actividades de fiscalización de cada servicio u organismo sectorial competente.

e) Los programas de fiscalización de las normas de calidad y normas de emisión en cada región, incluida la Metropolitana.

f) Los subprogramas sectoriales de fiscalización de las normas de emisión, en los que se identificarán las actividades de fiscalización de cada servicio u organismo sectorial competente.

g) Otros programas y subprogramas que, de conformidad a las instrucciones impartidas por la Superintendencia o lo dispuesto en la ley N°19.300 u otros cuerpos legales, den origen a actividades de fiscalización en materia medio ambiental, de competencia de la Superintendencia.

[41] Estrategia de fiscalización ambiental 2018-2023 de la SMA publicada en julio 2018.

3.2. Complejidad y alcances de la fiscalización ambiental

En el 2018 la SMA publicó la Estrategia de Fiscalización 2018-2023 que incorpora un diagnóstico a la fecha, donde comenta algunos puntos críticos de las Resoluciones de calificación ambiental (RCA), aborda aspectos sobre la escasa incorporación de tecnologías para la fiscalización y finaliza con algunos desafíos tanto para el ciclo de programación para la formulación de los programas y subprogramas de fiscalización, como para la Red Nacional de Fiscalización Ambiental (RENFA). En base a los desafíos planteados, se constata que el proceso de fiscalización reviste una gran complejidad operativa derivada no solamente de la variedad de instrumentos cuya implementación y cumplimiento debe ser fiscalizada, sino, además, en la densidad y diversidad de empresas y rubros a fiscalizar que deben cumplir con dichos instrumentos. Tal como lo destaca la Estrategia 2018-2023 de la SMA, no sólo existe un complejo gran universo de regulados, sino que también cada instrumento a fiscalizar tiene sus propias complejidades y debilidades.

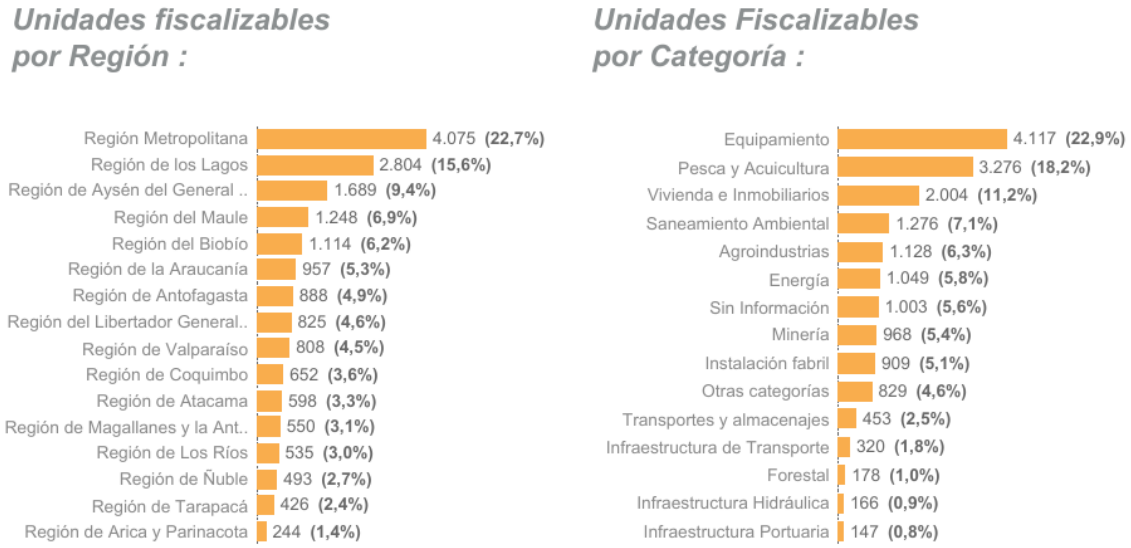
3.2.1. Unidades fiscalizables y expedientes de fiscalización

Para dar cuenta de la complejidad de la tarea fiscalizadora, la SMA creó el concepto de Unidad Fiscalizable (UF) para representar el sujeto de fiscalización y el conjunto de instrumentos que le aplican. Este concepto se define como aquellas unidades físicas donde existe un desarrollo de obras, acciones y/o procesos que se relacionan entre sí y que en la actualidad se encuentran regulados por uno o más instrumentos de carácter ambiental con injerencia de la Superintendencia del Medio Ambiente, siendo la UF la unidad mínima sobre la cual se dirigen los esfuerzos de sus funciones y fiscalizaciones que realiza.

Este concepto permite realizar constantemente un análisis de distribución territorial y sectorial de los proyectos, identificando a la fecha[42] 17.968 UF distribuidas a nivel nacional, siendo las regiones Metropolitana, de Los Lagos y de Aysén aquellas que concentran la mayoría de las UF en base a su totalidad, con un 22,7%, 15,6% y 9,4% respectivamente, mientras que las regiones de Ñuble (2,7%), Tarapacá (2,4%) y Arica y Parinacota (1,4%), concentran el menor porcentaje de UF. En cuanto a los rubros, el 22,9% del universo de UF corresponden a proyectos de Equipamiento, seguido de proyectos de los sectores Pesca y Acuicultura (18,2%) y Vivienda e Inmobiliarios (11,2%) (Véase **Figura 3.1**).

[42] Actualizado al 01 de diciembre de 2022.

Figura 3.1. Unidades fiscalizables por región y por sector productivo Periodo 2013-2022 (en número y porcentaje).

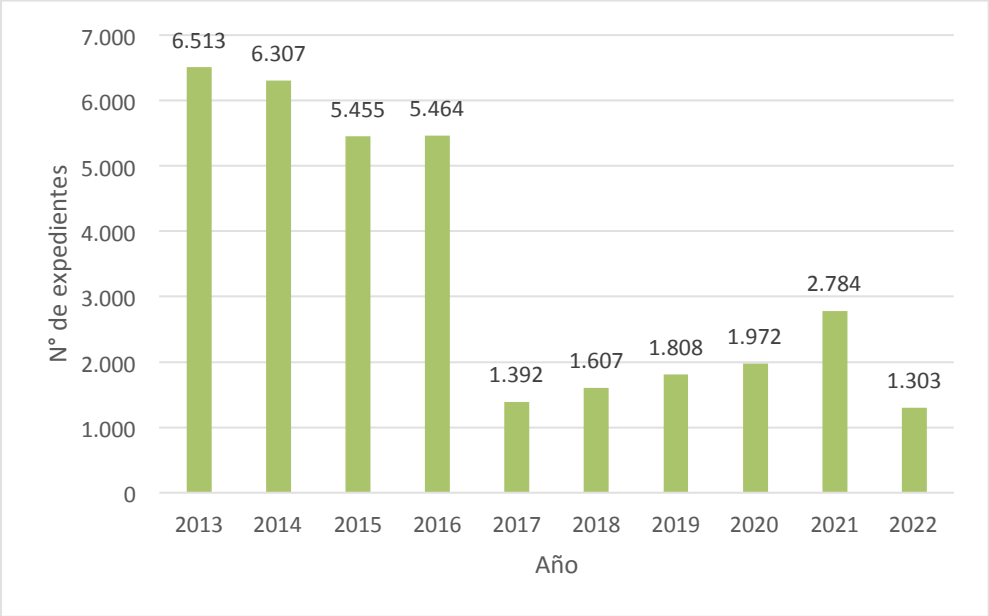


Incluye 15.977 RCA (aprobadas y asociadas a unidades fiscalizables vigentes)

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), en línea https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/5

En el periodo 2013-2022 (hasta 01 diciembre) la SMA había finalizado 34.605 expedientes de fiscalización correspondientes a actividades de fiscalización, con y sin hallazgos, realizadas sobre 6.535 unidades fiscalizables. Dentro de estos, se pueden encontrar expedientes con procesos de fiscalización que terminaron sin hallazgos y aquellos con hallazgos que ameritaron la formulación de cargos a la UF correspondiente, lo que se traduce en el inicio de un procedimiento sancionatorio. Cabe destacar que, a partir del año 2017 hay una disminución significativa de expedientes, atribuible al hecho que, a partir de ese año, los expedientes pueden incluir más de una actividad de fiscalización (**Ver Figura 3.2**).

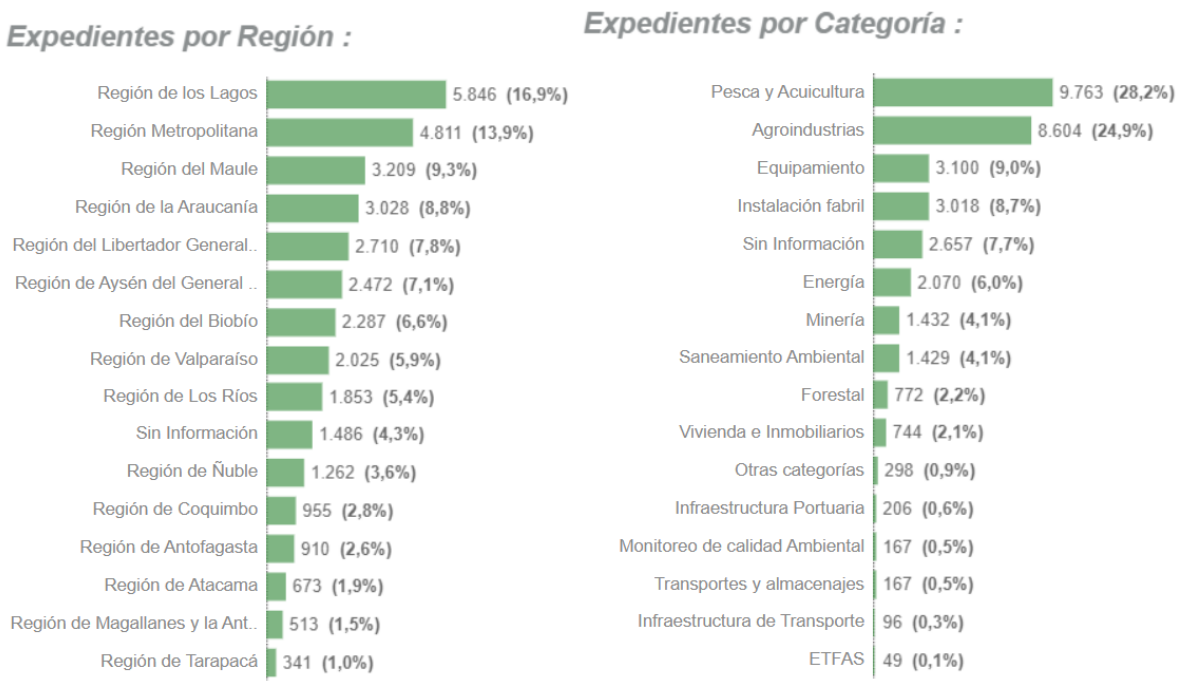
Figura 3.2. Expedientes de fiscalización por año, periodo 2013-2022.



Incluye 34.605 Expedientes de fiscalización publicados y aplicados sobre 6.535 UF.
Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), en línea https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/1

Por otra parte, la **Figura 3.3** muestra el número de expedientes de fiscalización por región administrativa y sector productivo. Al respecto, la región con mayor número de fiscalizaciones es la región de Los Lagos (16,9%) seguida por la región Metropolitana (13,9%) y por la región del Maule (9,3%). Por otra parte, las regiones con menos expedientes de fiscalización son las regiones Atacama (1,9%), Magallanes y la Antártica Chilena (1,5%), y Tarapacá (1%). Respecto a las categorías, el 28,2% del total de expedientes corresponden a proyectos de Pesca y Acuicultura, seguido de las Agroindustrias (24,9%) y de los proyectos de Equipamiento (9,0%).

Figura 3.3. Expedientes de fiscalización por región y por sector productivo, periodo 2013-2022 (en número y porcentaje).



Incluye 33.237 Expedientes de fiscalización publicados y aplicados sobre 6.057 UF.

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), en línea https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/1

3.2.2. Instrumentos de carácter ambiental fiscalizables

Tal como se mencionó en la sección 3.1.1, el artículo 2° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente establece los instrumentos de carácter ambiental (ICA) que figuran en el alcance de la fiscalización de la SMA, entre los cuales se mencionan a las resoluciones de calificación ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de descontaminación ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, además de todos aquellos otros instrumentos que establezca la ley, tales como los Programas de Cumplimiento, los impuestos verdes a las emisiones atmosféricas y a las Entidades técnicas de fiscalización ambiental (ETFAS). En este sentido, a continuación se abordan aspectos y un análisis de los ICA en base a la información publicada en SNIFA.

3.2.2.1. Resoluciones de Calificación Ambiental

La resolución de calificación ambiental (RCA) es un documento donde se establece la conclusión del proceso de evaluación ambiental de un proyecto o actividad, pudiendo ser favorable o desfavorable según los criterios adoptados y aplicados por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). A la fecha, existen 17.391

RCA aprobadas, de las cuales, hasta el año 2018, el 83% de los proyectos a esa fecha cuentan con una única RCA, mientras que el 15% está regulado por entre 2 a 5 RCA y el 2% restante cuenta con más de 6 RCA, siendo estos mayoritariamente del sector minero. Si se analiza la distribución regional de las RCA sobre el territorio nacional, se contabiliza que la mayoría de estas se encuentran en la región de Los Lagos, con un 17,34% (3.016 RCA), seguido por la región Metropolitana con un 16,81% (2.923 RCA) y por la región de Aysén con un 9,14% (1.589 RCA), mientras que las regiones con un menor número de resoluciones son la región de Tarapaca con un 2,74% (476), seguido de Ñuble con un 1,93% (336 RCA), y Arica y Parinacota con un 1,27% (220 RCA). Desde la perspectiva del sector productivo, los rubros que mayor cantidad de RCA poseen son los proyectos asociados a Pesca y Acuicultura con un 26,19% (4.555 RCA), sector Minería con 12,90% (2.243 RCA) y el Saneamiento Ambiental con un 8,72% (1.516 RCA), mientras que los rubros con menor cantidad de RCA son Infraestructura portuaria (1,62%, 281 RCA), Infraestructura hidráulica (1,04, 181 RCA) y el sector Forestal (0,73%, 127 RCA).

En el periodo 2013-2022, se concluyeron un total de 5.132 expedientes de fiscalización de RCA (13,9% del total nacional) y los que se vinculan a 2440 unidades fiscalizables. Como resultado, el 17,1% de las fiscalizaciones terminaron en un proceso sancionatorio, mientras que el 82,9% culminaron sin sanción.

En el marco del diagnóstico que sustenta la Estrategia de Fiscalización 2018-2023 desarrollada por la SMA, se informa de la existencia de un número relevante de RCA que calificarían para requerir la caducidad de su permiso ambiental y otras que podría aplicarse el proceso de revisión en base a un cambio significativo en el comportamiento de alguna variable ambiental que esté dentro del seguimiento del proyecto, trámite del cual se aborda en el artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300. Si estas acciones estratégicas son llevadas a cabo por la autoridad ambiental, sería posible disminuir el número total de RCA vigentes y, posiblemente, el de las unidades fiscalizables, perfeccionando de esta manera el modelo de priorización para la generación de los programas y subprogramas de fiscalización ambiental.

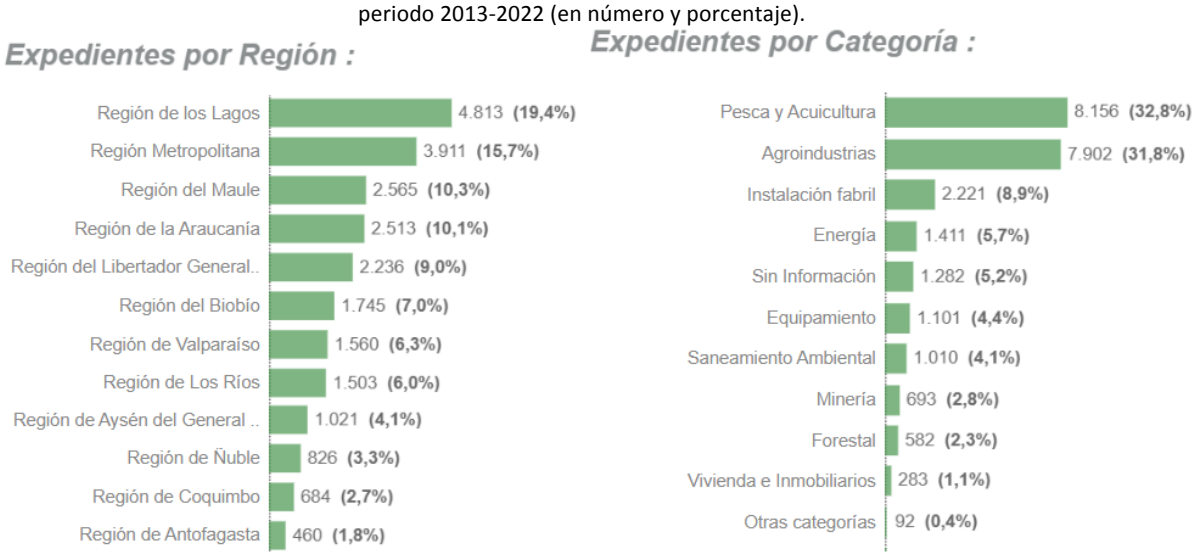
En el universo de las más de 16.000 RCA vigentes a la fecha, la estrategia identifica varios puntos críticos respecto de los contenidos mínimos que se requerirían para poder fiscalizarlas adecuadamente, y que, a su vez, afectan a la eficacia de la SMA. En el diagnóstico en referencia se destaca que:

- 62% de los compromisos de seguimiento ambiental provienen de Declaraciones de Impacto Ambiental, siendo que por definición éstas no debieran contener medidas de seguimiento;
- 35,2% no presentan límites con los cuales evaluar la variable ambiental;
- 35,7% no definen medidas en el caso de superar los límites establecidos;
- 14,6% no establecen una frecuencia del muestreo;
- 8,3% no indican los puntos de muestreos; y
- 3% no establecen los parámetros a muestrear.

3.2.2.2. Normas de Emisión

Las Normas de Emisión consideradas como parte de los instrumentos de carácter ambiental que fiscaliza la SMA, constituyen el instrumento que mayor número de expedientes de fiscalización ha desarrollado dicha institución durante el periodo 2013-2022, llegando a los 24.873 expedientes (71,9%), sobre un universo de 34.605 expedientes a diciembre del 2022. Las actividades de fiscalización plasmados en estos expedientes recaen principalmente en las regiones de Los Lagos (19,3%), Metropolitana (15,7%) y Maule (10,3%), mientras que los rubros donde se registra la mayor concentración de fiscalizaciones son en los sectores de Pesca y Acuicultura (32,8%), Agroindustrias (31,8%) e Instalaciones fabriles (8,9%) (**Ver Figura 3.4**).

Figura 3.4. Expedientes de fiscalización de normas de emisión, por región y por sector productivo, periodo 2013-2022 (en número y porcentaje).



Incluye 24.873 Expedientes de fiscalización publicados y aplicados sobre 2.196 UF.

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), en línea https://snifa.sma.gob.cl/Estadisticas/Resultado/1

Es importante destacar que el 22,6% de las fiscalizaciones de normas de emisión culminaron en un proceso sancionatorio, mientras que el 77,4% restante careció de sanción.

3.2.2.3. Normas de Calidad y Planes de Prevención y descontaminación atmosférica

En el caso de los Planes de prevención y descontaminación atmosférica (PPDA), la complejidad radica en la aprobación de planes con medidas difíciles de verificar o fiscalizar, y con plazos no acordes con el incremento en la disponibilidad de recursos que implican dichos plazos. También habría sido recurrente el hecho de que los nuevos planes no incluyen el catastro de fuentes que deben estar disponibles o estar identificadas para dar cumplimiento a las obligaciones que, para la SMA, emanan de los PPDA. Estas situaciones han afectado negativamente el trabajo de la SMA.

4. JUSTICIA AMBIENTAL

4.1. Localización, conformación y operación

El 18 de junio de 2012, se promulgó la Ley N° 20.600 que crea los Tribunales Ambientales, publicada en el Diario Oficial el 28 de junio de 2012, definiéndolos como "órganos jurisdiccionales especiales, sujetos a la superintendencia directiva, correccional y económica de la Corte Suprema, cuya función es resolver las controversias medioambientales de su competencia y ocuparse de los demás asuntos que la ley somete a su conocimiento".

Se crearon tres tribunales ambientales, autónomos e independientes unos de otros, con jurisdicciones geográficas definidas: Primer Tribunal Ambiental, con asiento en la comuna de Antofagasta y jurisdicción en la macrozona norte del país (regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo); Segundo Tribunal Ambiental, con asiento en Santiago y jurisdicción en la macrozona centro (regiones de Valparaíso, Metropolitana, Libertador General Bernardo O'Higgins y Maule), y Tercer Tribunal Ambiental, con asiento en Valdivia y jurisdicción en la macrozona sur (regiones de Biobío, La Araucanía, los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Magallanes y La Antártica Chilena).

Es importante destacar este criterio descentralizador que prevaleció en la Ley N° 20.600 al crear tribunales autónomos distribuidos geográficamente con el fin de dar mayor acceso a la justicia ambiental permitiendo, además, que las demandas y reclamaciones puedan ser interpuestas ante los tribunales ordinarios de todo el territorio jurisdiccional, sin necesidad de que los intervinientes se trasladen a la ciudad sede de cada tribunal.

El 4 de marzo de 2013 se pone en marcha el Tribunal Ambiental de Santiago, el 7 de octubre del mismo año el Tribunal Ambiental de Valdivia y, recién el 10 de octubre de 2017, el Tribunal Ambiental de Antofagasta. El Tribunal Ambiental de Santiago tuvo jurisdicción en todo el territorio nacional mientras se constituían y ponían en marcha los tribunales de Valdivia y Antofagasta, respectivamente.

Cada tribunal está integrado por tres ministros, dos de ellos abogados y el tercero licenciado en ciencias con especialización en materias medioambientales. Cada

tribunal debe contar, además, con dos ministros suplentes, uno abogado y el otro licenciado en ciencias. Los ministros del Tribunal Ambiental son nombrados por el Presidente de la República, con acuerdo de una mayoría de tres quintos del Senado, a partir de una quina que le es enviada por la Corte Suprema.

La Ley N° 20.600, que crea los tribunales ambientales, asigna la calidad de jueces a los profesionales del área de las ciencias que integran los tribunales ambientales. Esta integración mixta de los tribunales ambientes ha sido un aporte relevante a la justicia ambiental permitiendo que las decisiones tengan un cierto carácter transdisciplinario al incorporar aportes de las ciencias ambientales, económicas y jurídicas; la argumentación detrás de cada sentencia requiere que, junto con el análisis jurídico, se incluya el análisis técnico-ambiental correspondiente.

Toda reclamación o demanda se debe interponer por medio del patrocinio de un abogado habilitado para el ejercicio de la profesión, actuando en representación de todas aquellas personas naturales o jurídicas que se sientan afectadas por alguna resolución dictada por el Ministerio de Medio Ambiente, por la Superintendencia del Medio Ambiente y por el Servicio de Evaluación Ambiental, así como todos aquellos que quieran obtener reparación por daño ambiental, sean personas naturales o jurídicas.

La Ley dispone que los tribunales funcionen a través de sesiones ordinarias y en audiencias públicas durante la vista de la causa. Las sesiones ordinarias deben efectuarse a lo menos tres veces por semana. Las audiencias públicas para la vista de la causa se llevan a efecto tanto en el procedimiento de reclamación como en el de demanda por daño ambiental. Para el caso de reclamaciones, la audiencia pública es para la presentación de los alegatos de las partes; en el caso del procedimiento por daño ambiental, puede haber audiencias de conciliación, de prueba y de alegatos.

4.1.1. Competencias de los tribunales ambientales

La Ley N° 20.600 establece, en su artículo 17, que los tribunales ambientales tendrán, resumiendo, las siguientes competencias:

1) Conocer de las reclamaciones que se interpongan en contra de los decretos supremos que establezcan las normas primarias o secundarias de calidad ambiental y las normas de emisión; los que declaren zonas del territorio como latentes o saturadas y los que establezcan planes de

prevención o de descontaminación, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 50 de la ley Nº 19.300.

2) Conocer de las demandas para obtener la reparación del medio ambiente dañado, en conformidad con lo dispuesto en el Título III de la ley Nº 19.300.
3) Conocer de las reclamaciones en contra de las resoluciones de la Superintendencia del Medio Ambiente, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 56 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.
4) Autorizar las medidas provisionales señaladas en las letras c), d) y e) del artículo 48 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, así como las suspensiones señaladas en las letras g) y h) del artículo 3° de esa ley, y las resoluciones de la Superintendencia que apliquen las sanciones establecidas en las letras c) y d) del artículo 38 de la misma ley, elevadas en consulta.
5) Conocer de la reclamación que se interponga en contra de la resolución del Comité de Ministros o del Director Ejecutivo, en conformidad con lo dispuesto en los artículos 20 y 25 quinquies de la ley Nº 19.300.
6) Conocer de las reclamaciones que interponga cualquier persona natural o jurídica en contra de la determinación del Comité de Ministros o Director Ejecutivo que resuelva el recurso administrativo cuando sus observaciones no hubieren sido consideradas en el procedimiento de evaluación ambiental.
7) Conocer de las reclamaciones que se interpongan en contra de los actos administrativos que dicten los Ministerios o servicios públicos para la ejecución o implementación de las normas de calidad, de emisión y los planes de prevención o descontaminación, cuando estos infrinjan la ley, las normas o los objetivos de los instrumentos señalados.
8) Conocer de las reclamaciones en contra de la resolución que resuelva un procedimiento administrativo de invalidación de un acto administrativo de carácter ambiental. Para estos efectos se entenderá por acto administrativo de carácter ambiental toda decisión formal que emita cualquiera de los organismos de la Administración del Estado, que tenga competencia ambiental y que corresponda a un instrumento de gestión ambiental o se encuentre directamente asociado con uno de éstos.
9) Conocer de los demás asuntos que señalen las leyes.

En síntesis, los tribunales ambientales tienen competencia para conocer reclamaciones de ilegalidad de determinados actos administrativos y normas dictadas por organismos del Estado con competencia ambiental, así como para conocer demandas por daño ambiental y otorgar autorización previa a medidas provisionales y sanciones determinadas por la SMA.

4.2. Causas Ingresadas a los tribunales ambientales, fallos y resoluciones

4.2.1. Causas ingresadas

En este apartado no se examinan las causas ni las sentencias en sí mismas ni las apelaciones o los recursos de casación sometidos a las cortes de apelaciones o a la Corte Suprema, respectivamente; se limita a ilustrar sobre el ingreso de causas a los tribunales ambientales y al número de sentencias emitidas por cada procedimiento asociado a las categorías definidas por las competencias de los tribunales ambientales (reclamaciones, demandas por daño ambiental y consultas y solicitudes de la SMA).

En el **Cuadro 4.1.** y **Figura 4.1.** se presentan las causas y requerimientos ingresados en los Tribunales Ambientales a la fecha, mientras que en el **Cuadro 4.2** se exponen las causas ingresadas en el año 2022. Es importante aclarar que un mismo proyecto puede dar lugar a más de una causa de modo que, el número de proyectos es inferior al número de causas.

Cuadro 4.1. Causas ingresadas en Tribunales Ambientales desde su creación, periodo 2013-2022.

Tribunal ambiental (TA)	Reclamaciones	Demandas por daño ambiental	Solicitudes SMA	Consultas SMA	Exhortos[a]	Otras
TA Antofagasta (desde octubre 2017)	84	18	16	0	5	1
TA Santiago (desde marzo 2013)	382	78	76	7	83	11
TA Valdivia (desde octubre 2013)	335	86	40	6	6	30
Total	801	182	132	13	94	42
Porcentaje (%)	63,37	14,40	10,44	1,03	7,44	3,32

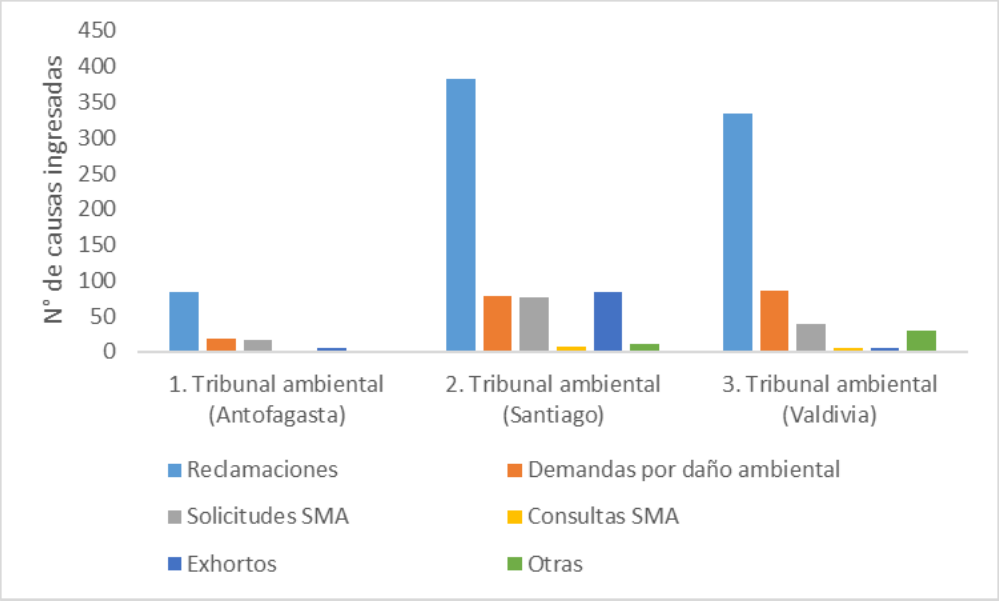
[a]Solicitud de un tribunal a otro, de distinta jurisdicción pero de la misma jerarquía, para que ordene ciertas diligencias con relación a una causa que tramita el primero.
Fuentes; Elaborado sobre la base de la información disponible en línea en los portales internet de los tres tribunales ambientales: https://causas.1ta.cl/ (Primer Tribunal Ambiental), https://consultas.tribunalambiental.cl/search?proc=4 (Segundo Tribunal Ambiental) y https://causas.3ta.cl/ (Tercer Tribunal Ambiental). Al 27 de diciembre de 2022.

A nivel general, aún predominan las reclamaciones por ilegalidad de determinados actos administrativos y normas dictadas por instituciones con competencias ambientales con 63,37% de las 1264 causas y requerimientos ingresados a tribunales ambientales a lo largo del período 2013-2022. En segundo

lugar, ahora se encuentran las demandas de reparación por daño ambiental, con un 14,40% de las causas, seguido de las solicitudes de autorización de la SMA para la aplicación de sanciones por infracciones que poseen un 10,44%. Los exhortos representan el 7,44% de las causas ingresadas, otros requerimientos un 3,32% y en último lugar las consultas de la SMA con un 1,03%.

Respecto a la versión anterior del informe, el Tribunal Ambiental de Santiago, se mantiene siendo el que ha tramitado más causas, con el 50,40% de ellas (**Ver Figura 4.1**), esto se debe a ser el primero en iniciar sus actividades como por el mayor número de proyectos que ingresan al SEIA en la macrozona bajo su jurisdicción y por la mayor cobertura geográfica inicial de sus actividades. Le sigue el Tribunal Ambiental de Valdivia que inició sus actividades en el último tercio de 2013 (39,79%), mientras que el Tribunal Ambiental de Antofagasta, que recién inició sus actividades en octubre de 2017, registra solo un 9,81% de las causas ingresadas. No obstante, se destaca que el TA de Valdivia posee la mayor cantidad de causas ingresadas por demandas de daños ambientales.

Figura 4.1. Causas ingresadas en Tribunales ambientales, periodo 2013-2022.



Fuente: Elaborado a partir de la información proporcionada en los portales de cada tribunal ambiental.

Respecto a las causas ingresadas el año 2022, el 38,26 de ellas ingresó al Tribunal de Antofagasta, el 31,19% al Tribunal de Valdivia y en último lugar al de Santiago (31,19%). En cuanto a los procedimientos, el 70,42% de las causas ingresadas fue por reclamaciones de ilegalidad, el 13,18% por demandas de reparaciones por daño ambiental, el 8,36% por solicitudes de sanciones por la SMA. El menor

porcentaje de las causas ingresadas el 2022 fue por consultas de medidas provisionales por la SMA, con un 1,29%.

Cuadro 4.2. Causas ingresadas en Tribunales Ambientales, año 2022.

Procedimiento	1er Tribunal Antofagasta	2° Tribunal Santiago	3er Tribunal Valdivia	Total Nacional
Reclamaciones de ilegalidad por actos de administración	84	64	71	219
Demandas de reparación por daño ambiental	18	14	9	41
Solicitudes de sanciones por la SMA	16	0	10	26
Consultas de medidas provisionales por la SMA	0	1	3	4
Exhortos	0	13	1	14
Otras	1	3	3	7
Total	119	95	97	311

Fuente: Elaborado a partir de la información proporcionada en los portales de cada tribunal ambiental.

4.2.2. Sentencias de los Tribunales Ambientales y la justicia ordinaria

En el **Cuadro 4.3** se presentan las sentencias emitidas por los tres tribunales ambientales en el año 2021, son 64 sentencias, de las cuales 33 fueron emitidas por el Segundo Tribunal Ambiental, 21 por el Tercer Tribunal Ambiental y 10 por el Primer Tribunal Ambiental.

Cuadro 4.3. Sentencias judiciales de los Tribunales Ambientales – 2021.

Procedimiento	1er Tribunal Antofagasta	2° Tribunal Santiago	3er Tribunal Valdivia	Total Nacional
Reclamaciones de ilegalidad por actos de administración	10	25	19	54
Demandas de reparación por daño ambiental	0	1	1	2
Solicitudes de sanciones por la SMA	0	7	1	8
Consultas de medidas provisionales por la SMA	0	0	0	0
Total	10	33	21	64

Fuente: Elaborado a partir de lo informado en las cuentas públicas 2018 de los tribunales ambientales.

La SMA, por su parte, de acuerdo a lo establecido en el artículo 31 de su Ley Orgánica, produce listados de sentencias definitivas de los tribunales de justicia

recaídas en juicios de carácter ambiental. Son 59 las sentencias definitivas de los tribunales ambientales y 15 las de los tribunales ordinarios (5 de las cortes de apelaciones y 10 de la Corte Suprema). De las 59 sentencias de los tribunales ambientales, una corresponde al Tribunal Ambiental de Antofagasta, 36 al de Santiago y 22 al de Valdivia, cifras que no han variado respecto a la última edición de este Informe[43].

Dado que el Tribunal Ambiental de Santiago es el que ha operado durante un período de tiempo más largo, se presentan las sentencias emitidas a lo largo de sus diez años de actividad judicial, el período 2013-2022. En ese período el Segundo Tribunal Ambiental conoció variadas reclamaciones, demandas por daño ambiental, y consultas y solicitudes de la SMA que dieron lugar a un número significativo de sentencias. El número de fallos y resoluciones por tipo de causa y por año se presentan en el **Cuadro 4.4**.

Como se puede observar en el **Cuadro 4.4**, a lo largo del período indicado se produjeron 379 fallos y resoluciones siendo 2016 el año que se resolvieron más causas con 54 fallos y resoluciones, seguido por 2021 y 2017 con 52 y 49 fallos y resoluciones, respectivamente. 67,81% de las sentencias correspondieron a reclamaciones de ilegalidad, 19,26% correspondieron a resoluciones relativas a solicitudes de sanciones de la SMA, 10,82% a sentencias a demandas por daño ambiental y 2,11% a consultas para medidas provisorias de la SMA.

[43] SNIFA/SMA: Sentencias tribunales ambientales y justicia ordinaria, en línea, https://snifa.sma.gob.cl/SentenciaTribunal, diciembre 2022. No fue posible realizar, en el marco de este informe, una conciliación de las cifras para explicar las diferencias con las obtenidas de los portales internet de los tribunales ambientales. También, es importante agregar que las cifras de sentencias definitivas no han variado respecto al último Informe País.

Cuadro 4.4. Fallos/resoluciones del Tribunal Ambiental de Santiago – Periodo 2013-2022 [a].

Año del fallo o resolución	Reclamaciones	Demandas por daño ambiental	Consultas de la SMA	Solicitudes de la SMA	Total procedimientos
2013	3	0	3	5	11
2014	15	3	0	5	23
2015	15	6	3	10	34
2016	25	0	1	33	59
2017	37	5	0	7	49
2018	31	10	0	3	44
2019	28	4	0	3	35
2020	33	2	0	0	33
2021	38	7	0	7	52
2022	34	4	1	0	39
Total periodo	259	41	8	73	379
Porcentajes	67,98	10,76	2,10	19,16	100,00

a Tener presente que hasta octubre 2013 el Tribunal Ambiental de Santiago tenía jurisdicción en todo el territorio nacional y que, desde esa fecha y hasta septiembre 2017, su jurisdicción era sobre las macrozonas centro y norte.

b El total de las causas por reclamaciones con sentencia, sometidas al Tribunal Ambiental de Santiago asciende a 259.

Fuente: Elaborado sobre la base de los listados de sentencias del Tribunal Ambiental de Santiago publicados en el sitio web del Tribunal. En línea, https://tribunalambiental.cl/sentencias-e-informes/sentencias/. Diciembre 2022.

De las 259 reclamaciones, 54,44% fueron rechazadas, 25,87% acogidas y 10,3% acogidas parcialmente (**Ver Anexo 4.1**). Con relación a las demandas por daño ambiental, hubo 41 fallos, el 39,02% fueron acogidos y 21,95% rechazados. Además, en el 12,20% de los fallos se acordó una conciliación, y el 9,76% de las reclamaciones fueron consideradas inadmisibles (**Ver Anexo 4.2**). 85 fallos sobre reclamaciones y 13 fallos sobre demandas fueron apelados a la Corte Suprema con resultados variados.

En el período 2013-2022, solo hubo ocho consultas de la SMA al Tribunal respecto a medidas provisorias – sin perjuicio de que se haya iniciado el proceso sancionatorio respectivo – ante daño inminente al medio ambiente o a la salud de las personas. Se realizaron tres consultas en 2013, tres en 2015 una en 2016 y una en 2018. De las ocho consultas, cuatro fueron aprobadas, dos rechazadas, una fue archivada y en otra no hubo pronunciamiento por existir una reclamación contra

la resolución. Hubo un recurso sometido a la Corte de Apelaciones por la SMA que fue rechazado.

En el mismo periodo, fueron sometidos 73 requerimientos de la SMA al Tribunal Ambiental de Santiago solicitando autorización para la aplicación de sanciones de clausura temporal o definitiva y/o de revocación de la RCA por incumplimientos y otras causales de acuerdo con la Ley N° 20.417. 90,41% de las solicitudes fueron autorizadas, 12,33% fueron rechazadas y el 2,74% fue autorizado parcialmente. El 45,21% de las solicitudes correspondieron al año 2016 (**Ver Anexo 4.3**).

4.2.3. Judicialización de proyectos de inversión sometidos al SEIA

4.2.3.1. Causas y proyectos judicializados

Luego de ser calificados como aprobados o rechazados por medio de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), los proyectos de inversión pueden enfrentar nuevos trámites en instancias superiores asociadas a reclamaciones administrativas y judiciales.

Se recurre en este apartado al estudio del Observatorio de la Productividad[44] que aborda la judicialización[45] de los proyectos de inversión sometidos al SEIA, básicamente centrado en aquellas causas tratadas por los tribunales ambientales que se originaron en reclamaciones del titular del proyecto contra la RCA, en reclamaciones de terceros que efectuaron observaciones al proyecto en el contexto de la participación ciudadana que no fueron ponderadas y en reclamaciones de terceros no titulares de los proyectos ni involucrados en el procedimiento de evaluación que reclaman respecto de la resolución que resuelve un procedimiento de invalidación de un acto administrativo de carácter ambiental[46].

El estudio identificó 254 causas ingresadas a los tribunales ambientales desde su creación hasta diciembre de 2021. Del total identificado, 37 se acumularon a

[44] Se reproducen parcialmente aspectos del análisis sobre la judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA, que realiza el Observatorio de la Productividad, y que se presentan en su Informe N°7 del segundo semestre de 2021.

[45] Según el Diccionario del Español Jurídico de la Real Academia de la Lengua, judicializar es "llevar por la vía judicial un asunto que podría conducirse por otra vía, generalmente política" (en línea, https://dej.rae.es/lema/judicializar, agosto 2019). En el caso de la evaluación ambiental de proyectos, la vía por la que deberían resolverse los conflictos ambientales es, más bien, la vía administrativa, ciertamente muy determinada, efectivamente, por funcionarios públicos, generalmente de confianza de la autoridad política.

[46] Se trata de reclamaciones que se consideraron más directamente relacionadas con los proyectos de inversión y con el SEIA. Se corresponden con las competencias de los tribunales ambientales, definidas en los numerales 5, 6 y 7 del artículo 17 de la Ley 20.600.

causas similares, por lo que el universo de causas de reduce a 217[47], de las cuales solo 188 causas fueron declaradas admisibles[48].

Las 188 causas admisibles representan 160 proyectos diferentes (algunos pueden tener más de una causa judicial). En términos de estado de la RCA del proyecto judicializado, las causas se desglosan de la siguiente manera: al momento de iniciar la reclamación había 162 que contaban con una RCA favorable, 17 con REC desfavorable, 4 con su RCA en trámite y 5 causas eran a propósito de una consulta de pertinencia (por lo que es de esperar que la RCA aún no hubiere iniciado su trámite). El estudio excluye éstas ya que dichos proyectos no habían ingresado al SEIA con el fin de obtener una RCA, de modo que el número de causas relevantes se reduce a 183 y el número de proyectos a 156.

El estudio establece que, del total de 156 proyectos judicializados, 68 ingresaron al SEIA vía EIA y 88 lo hicieron vía DIA. Los proyectos que ingresaron como EIA representan el 43,6% del total de proyectos y el 85% del monto de inversión judicializado, US$42.085 millones.

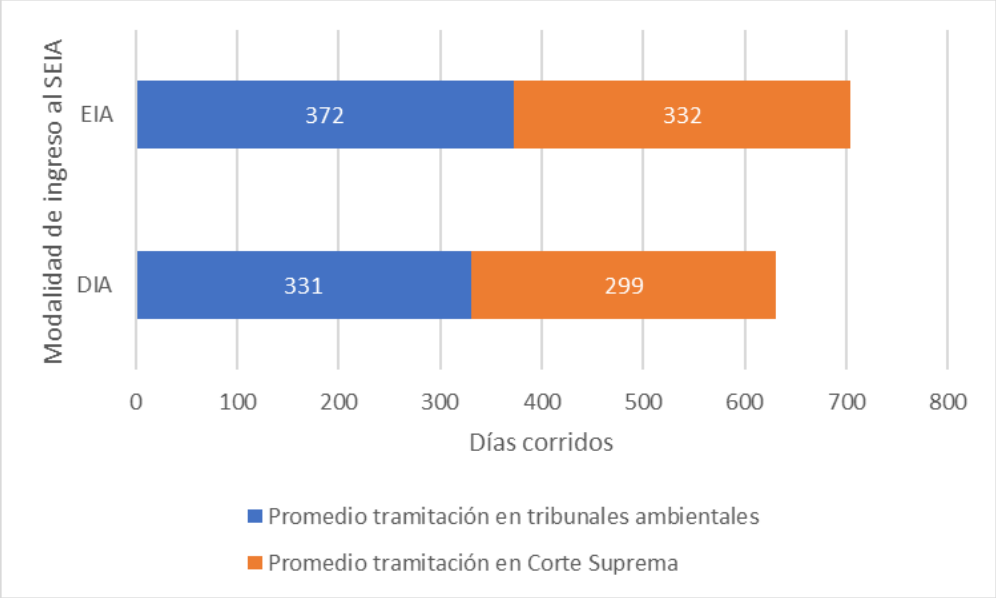
4.2.3.2. Tiempos de tramitación adicional como consecuencia del proceso judicial

Del total de 115 causas con sentencia en primera instancia, el tiempo transcurrido entre el ingreso de la reclamación y la sentencia del tribunal ambiental correspondiente es de 351 días corridos en promedio. En caso de que se presente un recurso de casación ante la Corte Suprema, las causas extienden en promedio su tiempo de tramitación judicial en 319 días corridos adicionales.

Como se observa en la **Figura 4.2.**, en promedio los proyectos judicializados que ingresaron al SEIA a través de un EIA han requerido de mayor tiempo de tramitación tanto en los tribunales ambientales como en la Corte Suprema. Además, los proyectos con RCA favorable han tomado menos tiempo en ser tramitados por los tribunales ambientales, pero más tiempo ante la Corte Suprema, en relación a las causas con proyectos con RCA desfavorable.

Figura 4.2. Tiempo de tramitación judicial según categoría de ingreso al SEIA (en días corridos).

[47] Las causas son acumuladas por el tribunal ambiental correspondiente cuando se refieren al mismo proyecto, ingresan por el mismo numeral del artículo 17, son admisibles y están aún en trámite.
[48] Las admisibles incluyen las causas que están actualmente en trámite, las que ya cuentan con sentencia, las que fueron desistidas por el reclamante, y aquellas en que hubo un avenimiento entre las partes. Las inadmisibles consideran las causas que fueron estrictamente inadmisibles, además de aquellas en que no se da curso a la reclamación, las que se tuvieron por no presentadas, y aquellas en que el tribunal se considera incompetente.



Fuente: Se reproduce gráfico 1 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

Por otra parte, se observa en el **Cuadro 4.5.** que el tiempo de tramitación es menor, tanto en los tribunales ambientales como en la Corte Suprema para los proyectos con una RCA favorable respecto a los proyectos con una RCA desfavorable. En el **Cuadro 4.6.** se aprecia que los tiempos de tramitación en el Tribunal de Santiago más que duplican los tiempos que los tribunales de Antofagasta y Valdivia, lo cual se deba probablemente a que el Tribunal de Santiago fue el primero en comenzar a operar en el país, lo que le significó tener un mayor número de causas a tramitar.

Cuadro 4.5. Tiempo promedio de tramitación judicial según el estado del RCA (en días corridos).

Resolución de calificación ambiental	Tiempo de tramitación en Tribunal Ambiental	Tiempo de tramitación en Corte Suprema
Favorable	349	318
Desfavorable	390	390

Fuente: Se reproduce gráfico 2 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

Cuadro 4.6. Tiempo promedio de tramitación de RCA e inversión declarada.

Tribunal Ambiental	Causas con sentencia (número)	Tiempo promedio de tramitación (días corridos)	Inversión promedio proyectos (millones de dólares)
Antofagasta	11	237	1088
Santiago	62	483	406
Valdivia	42	186	154

Fuente: Se reproduce tabla 1 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

4.2.3.3. Inversión judicializada

El estudio establece que las causas judiciales de proyectos de inversión se concentran en 8 sectores económicos (**Ver Cuadro 4.7**), destacando que el 34,61% de los proyectos judicializados (54 de 156) corresponden al sector Energía. Le siguen en importancia el sector "Minero" (27 de 156) e "Inmobiliario" (27 de 156), con un 17,30% de los proyectos para cada uno de estos sectores. En cuarto lugar, se encuentra el sector "Infraestructura portuaria y en transporte" con un 7,69% (12 de 156), seguido de los sectores "Acuicultura" (7,05%), "Saneamiento Ambiental" (6,41%), "Agropecuario y agroindustrial" (5,76%), e Industria (3,84%) que se encuentra en último lugar.

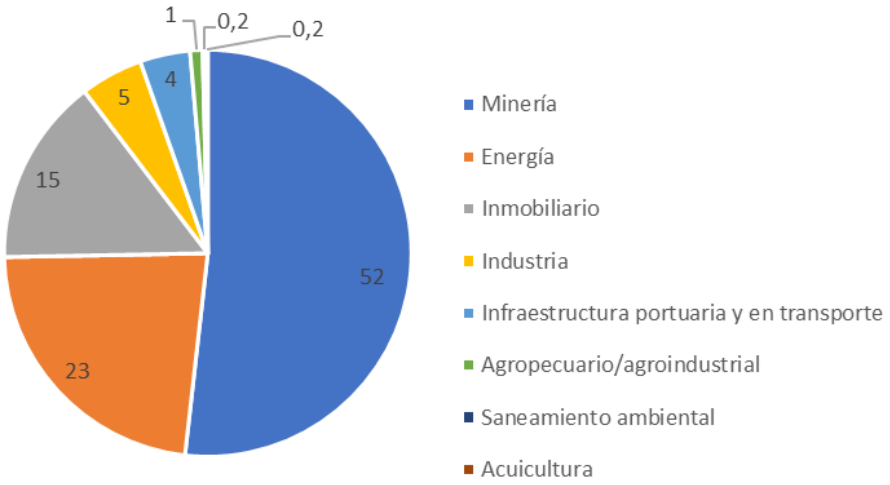
Cuadro 4.7. Proyectos judicializados por el sector económico.

Sector económico	**Proyectos judicializados (número)**	**Porcentaje**
Energía	54	34,61%
Minería	27	17,30%
Inmobiliario	27	17,30%
Infraestructura portuaria y en transporte	12	7,69%
Acuicultura	11	7,05%
Saneamiento ambiental	10	6,41%
Agropecuario y agroindustrial	9	5,76%
Industria	6	3,84%
Total	156	100,00%

Fuente: Derivado de la figura 3 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

Por otro lado, se destaca que el sector minero concentra el 52% de los montos de inversión judicializados desde que existen los tribunales ambientales (US$ 26.000 millones). En segundo lugar, se encuentra el sector energético, que posee el 23% de la inversión judicializada (US$ 11.800 millones). Contrariamente, los sectores Agropecuario/agroindustrial (1,00%), Saneamiento Ambiental (0,20%) y Acuicultura (0,20%) representan el menor porcentaje de la inversión judicializada (**Ver Figura 4.3**).

Figura 4.3. Porcentaje de inversión judicializada en los Tribunales Ambientales según sector económico.

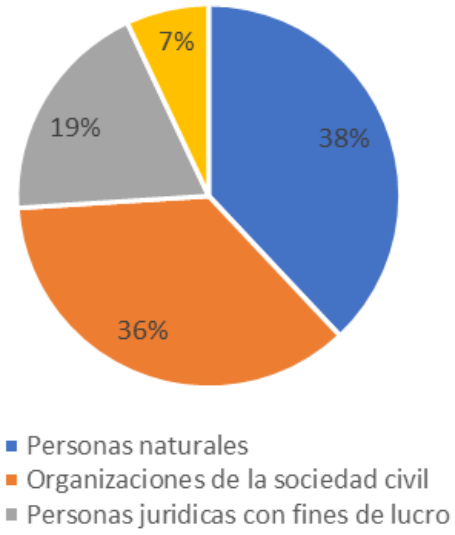


Fuente: Derivado de la figura 4 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

4.2.3.4. Naturaleza de los reclamantes

Del total de 188 causas consideradas admisibles, se observa que 38% de los reclamantes corresponde a personas naturales, el 36% corresponde a organizaciones de la sociedad civil, 19% a personas jurídicas con fines de lucro, y 7% a municipalidades (**Ver Figura 4.4**).

Figura 4.4. Porcentajes según la naturaleza del reclamante.



Fuente: Derivado de la figura 5 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

4.2.3.5. Sentencias de los tribunales ambientales y de la Corte Suprema

En el **Cuadro 4.8.** se ilustra sobre las sentencias emitidas por los tribunales ambientales relacionados con las causas de los proyectos identificados como

admisibles por el estudio en referencia. Específicamente, el 34,18% de las sentencias fueron acogidas por los Tribunales Ambientales (al menos parcialmente), mientras que 65,8% de las sentencias rechazaron la reclamación judicial interpuesta por el titular o un tercero.

Cuadro 4.8. Sentencias de los tribunales ambientales por naturaleza del reclamante.

Sentencias	**Reclamante**		**Total**
	Titular	**Tercero**	
Acoge reclamación	9	31	40
Rechaza reclamación	7	70	77
Total	16	101	117

Fuente: Se reproduce la tabla 3 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

Respecto a los recursos de casación (RC) presentados ante la Corte Suprema (**Ver Cuadro 4.9**), el Observatorio de Productividad señala que de un total de 78 RC, 74 fueron admitidos. De los admitidos, 44 ya han recibido un fallo de la Corte Suprema, mientras que los 30 restantes continúan en trámite o fueron desistidos. Además, de aquellos fallados, únicamente 11 fueron acogidos (al menos de forma parcial) y 33 fueron rechazados. En otras palabras, el 74% (32 de 43) de las sentencias de la Corte Suprema ratificó la sentencia del Tribunal Ambiental correspondiente, al rechazar el recurso de casación interpuesto por el titular o un tercero.

Cuadro 4.9. Sentencias de la Corte Suprema.

Sentencias de la Corte Suprema	
Acoge recurso	11
Rechaza recurso	32
Total	43

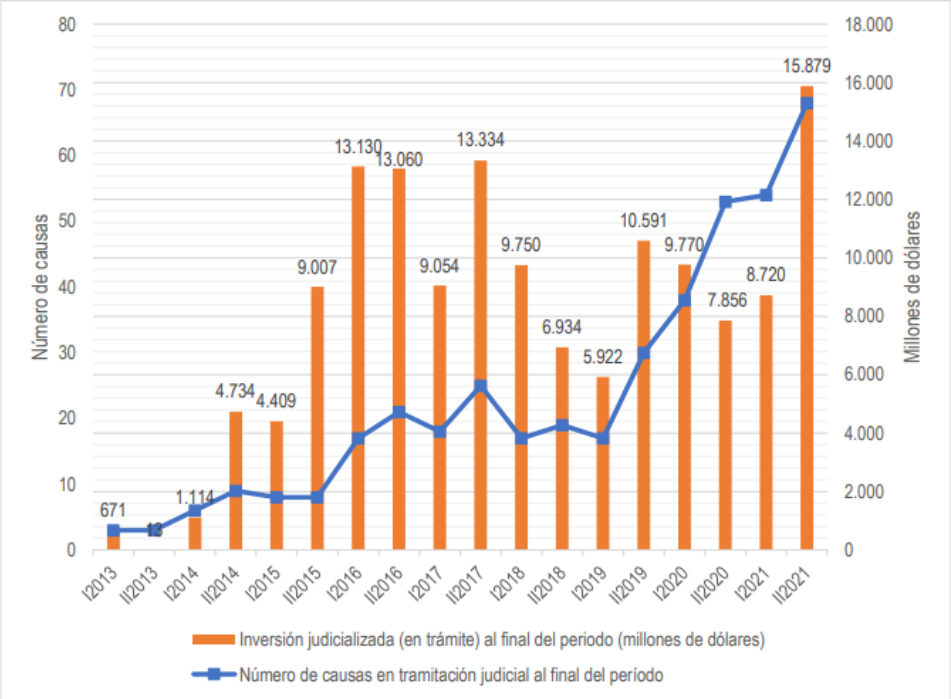
Fuente: Se reproduce la tabla 3 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2021).

4.2.3.6. Evolución semestral de causas y montos de inversión en trámite

En la **Figura 4.5**, se observa el número de causas y los montos de inversión en trámite al final de cada semestre para cada uno de los tribunales ambientales, desde el primer semestre de 2013 hasta el segundo semestre de 2021. En el caso del número de causas en tramitación judicial, se observa una tendencia creciente, con un crecimiento continuo desde el segundo semestre de 2019 hasta el segundo semestre de 2021, donde alcanza su máximo histórico. En cuanto a la inversión judicializada, si bien se observa una tendencia creciente, el crecimiento

continuo se produce desde el segundo semestre de 2020 hasta alcanzar un máximo el segundo semestre de 2021.

Figura 4.5. Evolución semestral en número de causas y montos de inversión en trámite en los Tribunales Ambientales, periodo 2013-2021.



*Cifras al final de cada semestre.
Fuente: Se reproduce figura 7 del "Informe N° 7 de "Judicialización de los proyectos de inversión del SEIA" (2021).

Es importante resaltar que, desde la pasada versión del Informe País (2019), se han producido importantes variaciones respecto a la judicialización de proyectos de inversión sometidos al SEIA, los que se sintetizan a continuación:

a) El tiempo promedio de tramitación en tribunales ambientales de un EIA y una DIA, se redujo en 23 y 5 días, respectivamente. En el caso de la tramitación judicial en la Corte Suprema, aumentó en 16 y 33 días para un EIA y una DÍA, respectivamente.
b) El tiempo promedio de tramitación judicial según estado de la RCA del proyecto al momento de ser judicializado en Tribunales Ambientales, disminuyó en 16 y 14, para un RCA favorable y desfavorable, respectivamente. En el caso de la tramitación judicial en la Corte Suprema, aumentó en 20 y 54 días, para una RCA favorable y desfavorable, respectivamente.
c) El sector Inmobiliario alcanzó al Minero en el número de proyectos judicializados en los Tribunales Ambientales (27 ambos).
d) La representación del sector Minero en los montos de inversión judicializada en los Tribunales Ambientales según sector económico se redujo de un 63 a 52%. En el caso del sector Energía, disminuyó de un 25

a 23%, mientras que el sector Inmobiliario aumentó de un 6 a un 15% (aumento más alto de entre los diferentes sectores).

e) La inversión judicializada (en trámite) aumentó en un 49,92% respecto al segundo semestre de 2019.

4.2.3.7. La connotación peyorativa de la expresión "judicialización"

A la expresión "judicialización" se le ha venido dando una connotación peyorativa presentándola como una de las mayores trabas para la implementación de proyectos de inversión. En el caso de más de un proyecto, particularmente del sector Energía, el que no haya llegado a concretarse o cuya aprobación se haya retrasado de manera excesiva, ha sido atribuido a esta llamada "judicialización". Si bien, como se ilustra en los párrafos anteriores, la judicialización implica extender significativamente los tiempos para la aprobación, o para el rechazo definitivo, como ha sido en un número importante de casos, ello no siempre es necesariamente negativo, sin prejuicio de que todos los trámites puedan ser agilizados y los tiempos reducidos.

Las tesistas Häberle y Pelayo[49] se preguntaban si hay efectivamente una excesiva judicialización de los proyectos de inversión y si esto podía considerarse negativo como ha sido planteado. Reconocen que efectivamente, en su perspectiva al 2015, hubo un pequeño aumento en la judicialización de los proyectos de inversión, principalmente en materia energética, motivado, especialmente, por movimientos ciudadanos. Sin embargo, concluyen, luego del extenso análisis realizado, que es mínima la cantidad de proyectos que llegan a requerir la solución de controversias ante un órgano judicial, si se compara con la gran cantidad de proyectos que se aprueban en el SEA; los proyectos que han llegado a la judicialización son aquellos de gran tamaño y con un gran potencial de impacto ambiental negativo. No creen, las autoras del estudio que su revisión y el debate en el ámbito judicial sea algo necesariamente negativo. De hecho, en el caso de los grandes proyectos, se ha producido la participación en la discusión de diversos actores de forma transversal promoviendo una gran difusión de los grandes proyectos lo que puede considerarse como algo positivo. Finalmente, las autoras estiman que la judicialización, al 2015, no aumentó de manera considerable, más aún, teniendo presente que la cantidad de proyectos que ingresan al SEIA ha aumentado significativamente y considerando que, si se llega a la instancia judicial, es probablemente porque el proyecto en particular lo requería debido a

[49] Häberle Orrego, Carolina y Pelayo Díaz, Constanza en "Judicialización de los proyectos de inversión en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental", memoria para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho, Universidad de Chile (marzo 2015).

su tamaño y/o complejidad. Concluyen que lo importante sería contar con mecanismos de solución de controversias claros, determinados y que les den garantías a todos los actores.

5. GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL Y LOCAL

5.1. Gestión ambiental regional

La Gestión Ambiental Regional (GAR de ahora en más), además de ser un concepto polisémico, es un concepto que no se encuentra consagrado en la legislación ambiental de Chile. En tanto la gestión puede entenderse como un conjunto de acciones que tienen por objeto la administración de algo, la gestión ambiental puede concebirse como una serie de acciones o efectos que se ocupan de la administración, organización y funcionamiento del componente medio ambiental. Consecuentemente, la GAR es aquella gestión ambiental que delimita su alcance a la escala regional. Sin perjuicio de lo anterior, cuando las acciones y efectos de la GAR son responsabilidad de Órganos de la Administración del Estado es importante acotar su aplicación práctica, sobre todo atendiendo que dichos órganos no tienen por función expresa, a nivel normativo, la administración de este tipo de gestión.

La ley N°20.417 del año 2010, que modifica a la ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) de 1994, establece en su artículo 1 letra b), el que modifica al artículo 4 de la LBGMA, que “los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas (…)”. La pormenorización de los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) es abordada en el Título II de la LBGMA: i) Educación e investigación, ii) Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), iii) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), iv) Información Ambiental (IA), v) Normas de emisión, vi) Normas de calidad ambiental, vii) Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental (PPDA) y viii) Planes de Manejo. De lo anterior, se desprende la constatación de los denominados Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA), pero sin ninguna alusión a la gestión ambiental regional propiamente tal. En consideración de los antecedentes expuestos, el presente apartado entiende por GAR toda administración o acción ejercida por un Órgano de la Administración del Estado, desconcentrado o descentralizado regionalmente, para la aplicación de los IGA.

A partir de la aproximación con la que este apartado aborda la GAR, su estructura se desglosa en 2 grandes ejes: Institucionalidad Ambiental Regional e Instrumentos de Gestión Ambiental. En lo que respecta al primero, se contemplan aquellas instituciones u Órganos de la Administración del Estado (OAE) que administran IGA, así como los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA) en el marco del SEIA; el segundo considera todos los IGA consagrados en la LBGMA, exceptuando aquellos que son objeto de otro apartado de este capítulo o del capítulo de otro componente.

5.1.1. Institucionalidad ambiental regional

La Institucionalidad Ambiental Regional (IAR de ahora en más), se compone de todos los Órganos de la Administración del Estado (OAE) que administran o que participan en la aplicación de un IGA consagrado en la LBGMA, así como por los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA), cuya opinión fundada es obligatoria en el proceso de tramitación de proyectos en el marco del SEIA. En cuanto a estos últimos, el artículo 24 del D.S. N°40/2012 que aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) establece que "Los órganos de la Administración del Estado con competencia ambiental que participarán en la evaluación ambiental del proyecto o actividad serán aquellos que cuenten con atribuciones en materia de permisos o pronunciamientos ambientales sectoriales respecto del proyecto o actividad en particular (…). Sin perjuicio de los pronunciamientos ambientales de los órganos señalados en los incisos anteriores, siempre se solicitará pronunciamiento a los Gobiernos Regionales, las Municipalidades y la autoridad marítima competente (…)".

Los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) pueden ser de contenido únicamente ambiental o mixtos, y son objeto de tramitación del SEIA y los OAECA. El **Anexo 5** indica los distintos permisos y pronunciamientos propios del SEIA junto con los OAECA responsables.

Por otro lado, la IAR comprende aquellos OAE que no necesariamente son partícipes del SEIA pero que intervienen en la administración de otros IGA. Por lo tanto, la **Figura 5.1** constituye un modelo resumen de la IAR más relevantes para efectos de la GAR, así como los IGA consagrados en la LBGMA.

Respecto a las relaciones del Modelo de GAR que se muestran en la **Figura 5.1**, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) presenta varias atribuciones en materia de

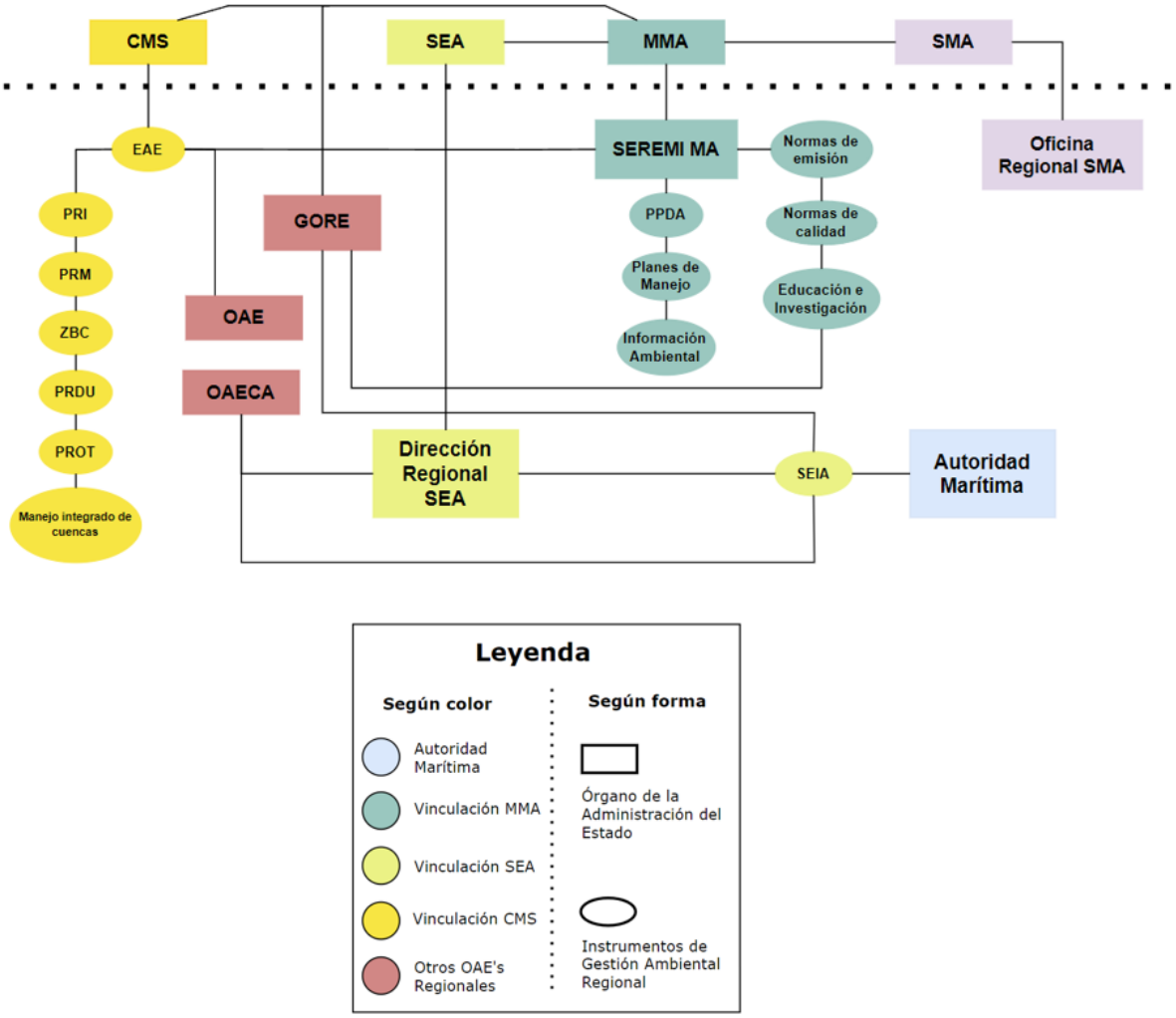
GAR: (i) revisar toda norma de calidad ambiental; (ii) propone, facilita y coordina la dictación de normas de emisión; (iii) colabora con los Ministerios sectoriales en la formulación de los criterios ambientales que deben ser incorporados en la elaboración de sus planes y políticas, evaluaciones ambientales estratégicas y procesos de planificación; (iv) colabora con las autoridades competentes a nivel nacional, regional y local en la preparación, aprobación y desarrollo de programas de educación, promoción y difusión ambiental, orientados a la creación de una conciencia nacional sobre la protección del medio ambiente, desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, y a promover la participación ciudadana responsable en estas materias; (v) establece convenios de colaboración con gobiernos regionales destinados a adoptar las medidas necesarias para asegurar la integridad, conservación y reparación del medio ambiente regional y local, así como la educación ambiental y la participación ciudadana y (vi) participa en el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de las políticas y planes que promuevan los diversos órganos de la Administración. Asimismo, a través de mandato presidencial, debe supervigilar al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), estando esta última desconcentrada en oficinas regionales. Po otro lado, el MMA preside el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático (CMS), órgano encargado de proponer al Presidente de la República las políticas sectoriales que deben ser sometidas a EAE.

El MMA se desconcentra regionalmente en las Secretarías Regionales Ministeriales de Medio Ambiente (SEREMI MA), las que tienen ciertas atribuciones del MMA en su escala de jurisdicción. A grandes rasgos, tienen por competencia aquellas establecidas en el artículo 70 de la LBGMA, las cuales son atribuidas a nivel nacional al MMA y mencionadas en el párrafo anterior. Asimismo, coordina el proceso de generación de las normas de calidad ambiental, de emisión y de planes de prevención y/o descontaminación, determinando los programas para su cumplimiento; interpreta administrativamente las normas de calidad ambiental y de emisión, los planes de prevención y/o de descontaminación; asesora al gobierno regional para la incorporación de criterios ambientales en la elaboración de los Planes y las Estrategias de Desarrollo Regional; informa al Ministro y al Subsecretario periódicamente del avance de las políticas ambientales en su región; colaborar con los municipios respectivos; integran las Comisiones de Evaluación que califican regionalmente los proyectos

que ingresan al SEIA; presidirán los comités técnicos conformados por las Direcciones Regionales del SEA, entre otros.

El GORE participa en el SEIA en tanto debe pronunciarse respecto a la compatibilidad territorial de los proyectos de la región respectiva. En el marco de la EAE, el procedimiento y aprobación del instrumento estará a cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo -el que corresponde a un Órgano de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA)-, el GORE o cualquier otro OAE de escala regional que esté a cargo del instrumento que deba someterse a EAE. Los instrumentos de escala regional que deben obligatoriamente someterse a EAE son el Plan Regulador Intercomunal (PRI), Plan Regulador Metropolitano (PRM), Zonificación del Borde Costero (ZBC), Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU), Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) y Manejo integrado de cuencas. Estos instrumentos son abordados con mayor detalle en el apartado siguiente.

Figura 5.1. Modelo de Gestión Ambiental Regional Chile.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Ley N° 19.300, 2022.

5.1.2. Instrumentos de gestión ambiental regional

Los IGA's son herramientas establecidas en la normativa medio ambiental de Chile (LBGMA) para la administración del entorno ambiental y son responsabilidad de diversos OAE u OAECA. Es relevante destacar que los segundos corresponden a un subconjunto de los primeros. Respecto a la definición esbozada al inicio del presente subcapítulo, es importante relevar los siguientes alcances sobre los IGA en el presente apartado:

5.1.2.1. Evaluación Ambiental Estratégica

La Ley N°20.417 del año 2010 en su artículo 1° letra c), establece que la EAE es "el procedimiento realizado por el Ministerio sectorial respectivo, para que se incorporen las consideraciones ambientales del desarrollo sustentable, al proceso de formulación de las políticas y planes de carácter normativo general, que

tengan impacto sobre el medio ambiente o la sustentabilidad, de manera que ellas sean integradas en la dictación de la respectiva política y plan, y sus modificaciones sustanciales" (Ley N°20.417, 2010). La creación de este instrumento a nivel normativo surge como una potencialidad para la institucionalidad y gestión ambiental de Chile, en cuanto integra la dimensión ambiental en ámbitos políticos y públicos de alta envergadura (Ministerio del Medio Ambiente [MMA], 2022).

Conforme a lo establecido en el Párrafo 1° bis de la Ley N°19.300, se deben someter a EAE las políticas y planes de carácter normativo general, así como las modificaciones sustanciales que tengan impacto sobre el medio ambiente o la sustentabilidad. Asimismo, precisa que "siempre deberán someterse a evaluación ambiental estratégica los planes regionales de ordenamiento territorial, planes reguladores intercomunales, planes reguladores comunales y planes seccionales, planes regionales de desarrollo urbano y zonificaciones del borde costero, del territorio marítimo y el manejo integrado de cuencas o los instrumentos de ordenamiento territorial que los reemplacen o sistematicen" (DFL-1 Ley N°19175, 2005). Es relevante destacar que los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT), Planes Reguladores Intercomunales (PRI), Zonificación del Borde Costero (ZBC), Planes Reguladores Metropolitanos (PRM), Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) y el Manejo Integrado de Cuencas son aquellos instrumentos de escala regional.

La finalidad de la EAE es anticiparse a las potenciales consecuencias ambientales y de sustentabilidad, a partir de un enfoque estratégico ligado a interactividad, dinamismo y complejidad en las decisiones (MMA, 2015. p. 9), por lo que constituye el instrumento rector de la gestión ambiental regional en Chile. En consideración de lo anterior, los instrumentos que este apartado aborda son aquellos que por mandato legal deben ser sometidos a EAE, y que a su vez se encuentran circunscritos a la escala regional.

En primera instancia se describen los IGA de escala regional y luego se exponen estadísticas extraídas de la plataforma del Ministerio del Medio Ambiente destinada a la consulta y seguimiento del proceso de EAE.

Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT): El PROT es un instrumento que orienta la utilización del territorio de la región para lograr su desarrollo sustentable a través de lineamientos estratégicos y una macro zonificación de

dicho territorio. También establece, con carácter vinculante, condiciones de localización para la disposición de los distintos tipos de residuos y sus sistemas de tratamientos y condiciones para la localización de las infraestructuras y actividades productivas en zonas no comprendidas en la planificación urbanística, junto con la identificación de las áreas para su localización preferente (..) El plan reconocerá, además, las áreas que hayan sido colocadas bajo protección oficial, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación respectiva. En cuanto a su regulación, la LOCGAR en su Artículo 17°, indica que la elaboración y aprobación del PROT es competencia del GORE, al mismo tiempo que este debe ser coherente con la estrategia regional de desarrollo (ERD) y la política nacional de ordenamiento territorial (PNOT), previo informe favorable de los ministros que conforman la Comisión Interministerial de Ciudad, Vivienda y Territorio establecida en el párrafo quinto de este literal (DFL-1 Ley N°19175, 2005).

Plan Regulador Intercomunal, Plan Regulador Metropolitano y Plan Regional de Desarrollo Urbano: Conforme a lo establecido en el D.S. 47/1992 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, el Plan Regulador Intercomunal, Plan Regulador Metropolitano y el Plan de Desarrollo Urbano son Instrumentos de Planificación Territorial (IPT). A grandes rasgos, la Planificación Urbana Intercomunal regulará el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana, a través de un Plan Regulador Intercomunal. Cuando esta unidad sobrepase los 500.000 habitantes, le corresponderá la categoría de área metropolitana para los efectos de su planificación, es decir, un Plan Regulador Metropolitano.

Por otro lado, la Planificación Urbana Regional orientará el desarrollo de los centros urbanos de las regiones a través de un Plan Regional de Desarrollo Urbano. Este será elaborado por la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo respectiva, deberá someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, se aprobará por el Consejo Regional, y se promulgará mediante resolución del Intendente. Las disposiciones del Plan Regional de Desarrollo Urbano deberán incorporarse en los Planes Reguladores Metropolitano e Intercomunales.

Zonificación del Borde Costero: El control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y mar territorial de la República y de los ríos y lagos que son navegables por buques de más de 100 toneladas, le corresponde al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas. Según lo establecido en los

artículos 17, letra a), y 36, letra p) de la Ley N°19.175, Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, al Gobierno Regional le corresponde proponer un proyecto de zonificación del borde costero de la región. Esta zonificación deberá ser aprobada mediante decreto supremo expedido a través del Ministerio de Defensa Nacional y será reconocida en el respectivo plan regional de ordenamiento territorial (Ministerio de Defensa Nacional, 2021).

Manejo Integrado de Cuencas: El Manejo Integrado de Cuencas (MIC) es un instrumento que se encuentra consagrado normativamente de la misma forma que los expuestos anteriormente, no obstante, su materialización en la actualidad es más difusa. Como afirma Rosales (2018), en su aplicación el MIC corresponde a un proceso que promueve la gestión y coordinación del recurso hídrico, considerando sus diversos usos, desde una perspectiva biótica y antrópica. La Dirección General de Aguas (DGA) es la encargada de velar por el equilibrio del recurso hídrico a nivel terrestre y resguardar su preservación y disponibilidad en cantidad y calidad para el desarrollo sostenible de los territorios (Ossandón-Rosales, 2018). En dicho contexto, la DGA a comienzos del año 2020 anuncia la promulgación de 10 Planes Estratégicos de Gestión Hídrica, los que tienen por objeto establecer de forma indicativa la demanda y oferta histórica, presente y futura del recurso, esto es, establecer su balance y con ello diagnosticar el estado de este, las instituciones relacionadas y la infraestructura implementada para la consecución de los objetivos planteados (Dirección General de Aguas, 2020). Sin perjuicio de lo anterior, el MIC como instrumento se encuentra consagrado de forma legal (teórica) pero no de forma práctica hasta la fecha.

Atendido lo anterior, el **Cuadro 5.1** expone todos los instrumentos sometidos a EAE según región y Órgano de la Administración del Estado Responsable.

Cuadro 5.1. Instrumentos de Planificación Ambiental sometidos a Evaluación Ambiental Estratégica.

N°	Instrumento	Nombre	Fecha	Comunas	Órgano responsable	Procedimiento actual
1	Plan Regulador Metropolitano	PREMVAL Quintero-Puchuncaví	21-01-2021	Puchuncaví y Quintero	SEREMI MINVU	Inicio EAE
2	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Biobío	17-11-2020	Todas	GORE	Inicio EAE
3	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Atacama	27-11-2019	Todas	GORE	Inicio EAE
4	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Aysén	05-06-2019	Todas	GORE	Inicio EAE
5	Plan Regulador Metropolitano	MPRMS 109 Chicureo-Colina	20-03-2019	Colina	SEREMI MINVU	Resolución de Término de la EAE
6	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Tarapacá	24-08-2017	Iquique y Huara	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
7	Política	Política Energética para la	30-09-2016	Todas	SEREMI	Resolución de

N°	Instrumento	Nombre	Fecha	Comunas	Órgano responsable	Procedimiento actual
		Región de Aysén al 2050			Energía	Término de la EAE
8	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC O'Higgins	28-03-2016	Litueche, Navidad, Paredones, Pichilemu	GORE	Resolución de Término de la EAE
9	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Biobío	17-03-2016	Todas	GORE	Informe Ambiental
10	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Antofagasta	05-09-2014	Todas	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
11	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Arica	04-02-2014	Todas	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
12	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Magallanes	16-01-2014	Todas	GORE	Inicio EAE
13	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Bernardo O'Higgins	07-11-2013	Todas	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
14	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Magallanes y de la Antártica Chilena	30-10-2013	Todas	GORE	Primer Informe Ambiental
15	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Biobío	23-10-2013	Todas	GORE	Inicio EAE
16	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Los Ríos	21-10-2013	Todas	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
17	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Atacama	18-10-2013	Todas	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
18	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Atacama	08-10-2013	Copiapó	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
19	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Los Lagos	04-10-2013	Todas	GORE	Inicio EAE
20	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Valparaíso	27-09-2013	La Ligua, Papudo, Zapallar, Algarrobo, Cartagena, El Quisco, El Tabo, San Antonio, Santo Domingo, Casablanca, Concón, Puchuncaví, Quintero, Valparaíso, Viña del Mar	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
21	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Valparaíso	27-09-2013	Todas	GORE	Informe Ambiental Complementario
22	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Maule	24-09-2013	Todas	GORE	Segundo Informe Ambiental
23	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Araucanía	30-08-2013	Todas	GORE	Primer Informe Ambiental
24	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Tarapacá	20-08-2013	Todas	GORE	Segundo Informe Ambiental
25	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Santiago	05-07-2013	Todas	GORE	Inicio EAE
26	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Coquimbo	02-07-2013	Todas	GORE	Inicio EAE
27	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Los Ríos	14-01-2013	Corral, Mariquina, Valdivia, La Unión	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
28	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Antofagasta	09-10-2012	Antofagasta	GORE	Resolución de Desistimiento o Abandono
29	Plan Regional de Ordenamiento Territorial	PROT Aysén	12-06-2012	Todas	GORE	Resolución de Desistimiento o

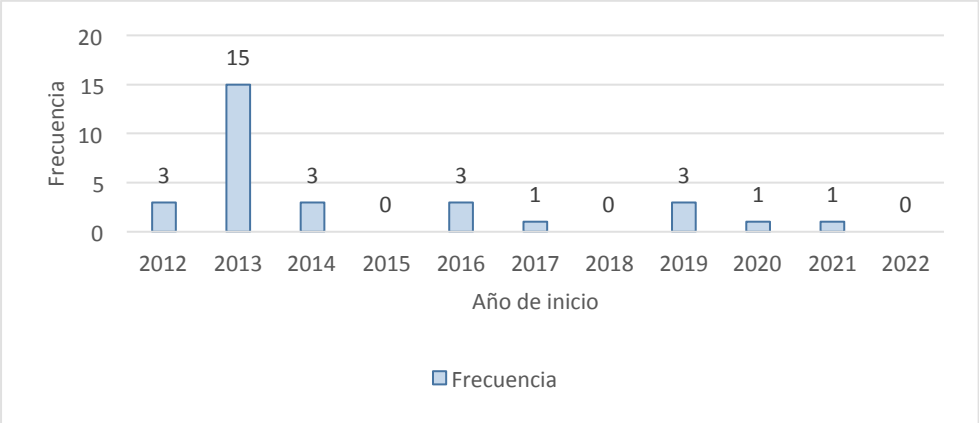
N°	Instrumento	Nombre	Fecha	Comunas	Órgano responsable	Procedimiento actual
						Abandono
30	Macro Zonificación del Borde Costero	Macro ZBC Los Lagos	04-04-2012	Todas	GORE	Inicio EAE

Fuente: Elaboración propia a partir de eae.mma.gob.cl, 2022.

A partir de la información de la tabla precedente, se evalúan ciertos estadígrafos básicos de aquellos instrumentos sometidos a EAE, tales como frecuencia según año de ingreso al proceso de EAE, según tipo de instrumento; distribución porcentual según estado del procedimiento actual de dichos instrumentos, entre otros.

La **Figura 5.2** expone la frecuencia según años de ingreso al procedimiento de la EAE. En términos amplios, el año 2013 es el año con más cantidad de instrumentos ingresados a EAE, con un total de 15 instrumentos, seguidos por los años 2012, 2014, 2016 y 2019, todos con 3 instrumentos ingresados a EAE. Los años 2017, 2020 y 2021 solo un instrumento ingresó a EAE y tanto el 2018 como el 2022 no presentan instrumentos ingresados al procedimiento en cuestión.

Figura 5.2. Frecuencia de Instrumentos de Gestión Ambiental según año, periodo 2012-2022.

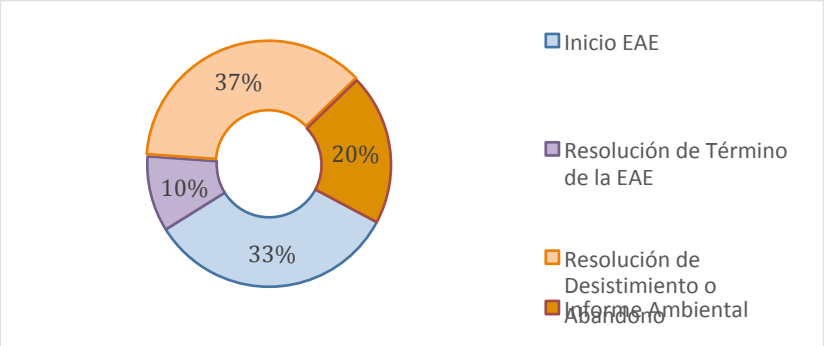


Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio del Medio Ambiente, 2022.

Por otro lado, la **Figura 5.3** indica la distribución porcentual de los instrumentos sometidos a EAE según su estado de procedimiento actual. A partir de la gráfica se observa que casi un 40% de los instrumentos presentaron una resolución de desistimiento o abandono durante el periodo 2012 – 2022, mientras que un tercio de los instrumentos presentados desde 2013 a la fecha se encuentran en etapa de "Inicio de EAE"; un quinto del total (20%) se encuentra en la etapa del Informe Ambiental, documento que se elabora en la etapa de aprobación. En el proceso de la EAE se deberá elaborar un anteproyecto de política o plan que contendrá un

informe ambiental, que será remitido al Ministerio del Medio Ambiente para sus observaciones, para luego ser sometido a consulta pública por parte del organismo responsable (DFL-1 Ley N°19175, 2005). Finalmente, solo un 10% de los instrumentos se encuentra en etapa de Resolución de Término de la EAE. Es importante destacar que, dictada la resolución de término el órgano Responsable, o aquél que cuente con la competencia para aprobar la política, plan o instrumento de ordenamiento territorial, elaborará el proyecto y dictará un acto administrativo aprobándolo (MMA, 2015).

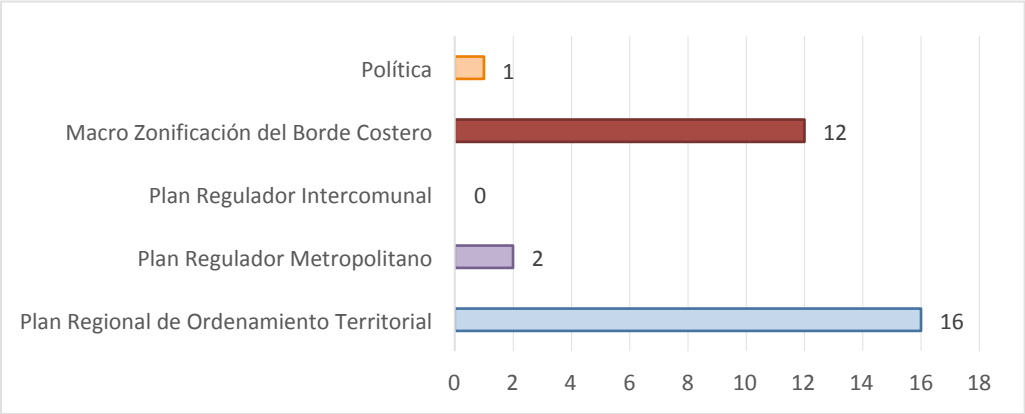
Figura 5.3. Representación porcentual del estado de los instrumentos sometidos a Evaluación Ambiental Estratégica.



Fuente: Elaboración propia a partir de eae.mma.gob.cl, 2022.

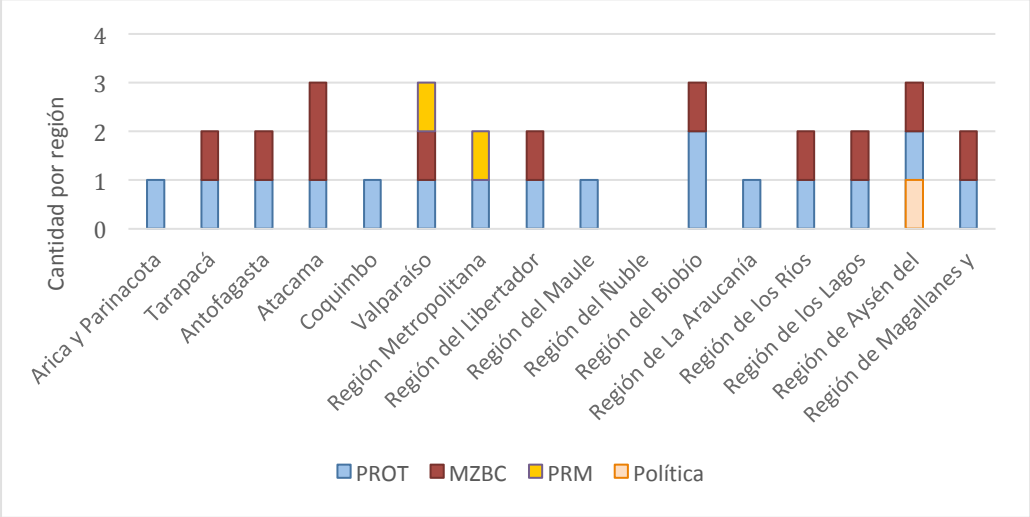
Respecto a la diversidad de instrumentos sometida a EAE de escala regional, solo se ha presentado una política, 2 PRM, 12 ZBC y 16 PROT. De los 31 instrumentos y política sometidos al procedimiento de EAE, casi la totalidad corresponden a PROT y ZBC, siendo ambos instrumentos potestad de los GORE (**ver Figura 5.4**). Finalmente, la desagregación regional de los instrumentos mencionados se muestra en la **Figura 5.5**. Las regiones de Atacama, Valparaíso, Biobío y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo son las que más cantidad de instrumentos han presentado al procedimiento de EAE, con 2 ZBC y 1 PROT en el caso de Atacama; 1 ZBC, 1 PROT y 1 PRI en Valparaíso; 1 ZBC y 2 PROT en Biobío y 1 ZBC, 1 PROT y 1 política en Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Luego le siguen las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Metropolitana de Santiago, del Libertador General Bernardo O'Higgins, los Ríos, los Lagos y Magallanes y de la Antártica Chilena, con 2 instrumentos o políticas en sus respetivas regiones.

Figura 5.4. Distribución absoluta de tipos de Instrumentos de Gestión Ambiental sometidos a Evaluación Ambiental Estratégica.



Fuente: Elaboración propia a partir de eae.mma.gob.cl, 2022.

Figura 5.5. Distribución regional absoluta de Instrumentos de Gestión Ambiental sometidos a Evaluación Ambiental Estratégica.



Fuente: Elaboración propia a partir de eae.mma.gob.cl, 2022.

5.1.2.2. Información ambiental

El artículo 70° letra q) de la LBGMA establece que el MMA deberá "Establecer un sistema de información pública sobre el cumplimiento y aplicación de la normativa ambiental de carácter general vigente, incluyendo un catastro completo y actualizado de dicha normativa, el que deberá ser de libre acceso y disponible por medios electrónicos". A partir de ello, se crea el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) como materialización del artículo previamente mencionado. El SINIA garantiza el derecho de acceso a la información de tipo ambiental que sea materia de los OAE, y aborda las siguientes aristas: i) Normativa y regulación (que considera las normas y leyes, planes, acuerdos

internacionales, CMS, dictámenes de Contraloría, sentencias de TA, sentencias del poder judicial, expedientes públicos del MMA, programa de regulación ambiental y tablas públicas de planes y normas), ii) Evaluación y Fiscalización (que contempla instructivos o guías del SEA, pertinencias al SEIA, RCA, instructivos de la SMA, programas de fiscalización, sanciones de la SMA y EAE, iii) Estado del Medio Ambiente, iv) Acuerdo de Escazú, v) Plataforma de visualización de mapas, vi) Estudios Ambientales y vii) sistemas relacionados.

5.1.2.3. Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental

Los Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental (PPDA) se encuentran regulados por el D.S 39/2013 que aprueba el reglamento para la dictación de PPDA, el que establece que "La coordinación del proceso de elaboración de Planes de Prevención y/o Descontaminación, corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente (…) El Plan de Prevención es un instrumento de gestión ambiental, que a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria o secundaria, en una zona latente. El Plan de Descontaminación, por su parte, es un instrumento de gestión ambiental que, a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona calificada como saturada por uno o más contaminantes". A continuación, el **Cuadro 5.2** expone los PPDA promulgados hasta la fecha, con desagregación regional.

Cuadro 5.2. Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental según región.

N°	Región	Nombre	Tipo de Plan	Decreto	Órgano promulgador
1	Antofagasta	Plan para la ciudad de Tocopilla y su zona circundante	PDA	D.S. Nº70/2010	SEGPRES
2		Plan para la ciudad de Calama y su área circundante	PDA	D.S. N°5/2021	MMA
3	Atacama	Plan Huasco y su zona circundante	PPA	D.S. N°38/2017	MMA
4	Coquimbo	Plan para la localidad de Andacollo y sus sectores aledaños	PDA	D.S. N°59/2014	MMA
5	Valparaíso	Plan para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví	PPDA	D.S. N°105/2018	MMA
6	Región Metropolitana de Santiago	Plan Región Metropolitana	PPDA	D.S. N°31/2017	MMA
7	Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Plan para el Valle central de la Región de O'Higgins	PDA	D.S. N°15/2013	MMA
8	Maule	Plan para las comunas de Talca y Maule	PDA	D.S. N°49/2016	MMA
9		Plan para el Valle Central de la Provincia de Curicó	PDA	D.S. N°44/2017	MMA
10	Ñuble	Plan para las comunas de Chillán y Chillán Viejo	PPDA	D.S. N°48/2016	MMA
11	Bíobio	Plan para la comuna de Los Ángeles	PDA	D.S. N°4/2017	MMA
12		Plan para las comunas de Concepción Metropolitano	PPDA	D.S. N°6/2018	MMA
13	Araucanía	Plan para las comunas de Temuco y Padre de las Casas	PDA	D.S. N°8/2015	MMA
14	Región de los Ríos	Plan para la comuna de Valdivia	PDA	D.S. N°25/2017	MMA
15	Región de los Lagos	Plan para la comuna de Osorno	PDA	D.S. N°47/2015	MMA
16	Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Plan para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante	PDA	D.S. N°7/2018	MMA

Fuente: Elaboración propia a partir de ppda.mma.gob.cl/, 2022.

5.1.2.4. Planes de Manejo

El artículo 42° de la LBGMA establece que "El Ministerio del Medio Ambiente, en conjunto con el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, de acuerdo con la normativa vigente, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de estos, a fin de asegurar su conservación. Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales: a) Mantención de caudales de aguas y conservación de suelos; b) Mantención del valor paisajístico, y c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas". De lo anterior, se desprende una perspectiva sectorial de los aludidos planes y no una materialización de las competencias de articulación del MA con otros OAE. Esto se ve reflejado en la minuta de la Mesa Técnica 61 que toma lugar en el segundo gobierno de la expresidenta Michelle Bachelet durante el año 2015. Respecto al artículo 42°, la mesa en cuestión indica que "A la fecha no existen planes de manejo elaborados en el marco de una gestión conjunta entre el Ministerio de Medio Ambiente y algún Servicio competente. Dicho lo anterior, la implementación de este artículo será efectivo en virtud de la aplicación de la ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas". En consecuencia, a través de la mencionada ley el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) implementará lo que se denominan Planes de Manejo para la Conservación, los

que están destinados a “preservar, evitar la degradación, restaurar o favorecer el uso sustentable de un ecosistema amenazado, de acuerdo con lo establecido en el artículo 42 de la Ley N° 19.300” (División de Recursos Naturales y Biodiversidad, 2015).

5.1.3. Análisis de la gestión ambiental regional

En términos generales, la GAR en Chile se materializa a través de los IGA pero la constatación normativa de dicha gestión no se encuentra presente en el ordenamiento jurídico del país. Consecuentemente, no existe una orgánica institucional o procedimental para abordar legalmente el tópico del cual se ocupa el presente subcapítulo, no obstante, la Figura 1 pretende constituir un modelo de GAR integrado por la institucionalidad e instrumentos que conforman dicho sistema. Por otro lado, la conformación del modelo no es del todo tentativa, pues a partir de los IGA abordados en el Título II de la LBGMA es que se pueden vislumbrar las relaciones de cada instrumento con los respectivos OAE competentes. El fortalecimiento de instituciones y marcos normativos regionales en materia de gestión ambiental no es un reconocimiento reciente por parte de la normativa chilena, pues para el año 2005 la OCDE en conjunto con la CEPAL realizan una evaluación del desempeño ambiental de Chile donde, entre otras 54 propuestas, se levantan los puntos aquí tratados (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2005).

La EAE es un instrumento de carácter preventivo en el marco de la gestión ambiental, pues obliga a tener en consideración las posibles externalidades negativas de una determinada propuesta de inversión, pero con un enfoque global, ya que está orientada hacia las políticas, planes y programas. En términos jurídicos, la EAE se encuentra marcada por 3 grandes principios: el de cautela frente a posibles efectos ambientales adversos; el de integración del medio ambiente en las políticas, planes y programas; el de transparencia en cuanto a la información que se recopila en el transcurso del proceso (Belemmi, 2015). En dicho contexto, los resultados extraídos de la plataforma de la EAE son elocuentes: la mayor proporción de instrumentos que han ingresado al proceso han llegado a una resolución de desistimiento o abandono, seguidos de cerca por una segunda mayoría en estado de inicio. Asimismo, si se considera que el 50% de los instrumentos que ingresan al proceso en cuestión lo hacen el año 2013 y que solo 12 han ingresado posterior a dicho año, se vislumbra que existen en la actualidad instrumentos que ingresaron hace 9 años y que se han mantenido en estado de inicio. De este modo, se puede inferir que la EAE como instrumento

preventivo no ha tenido la envergadura que se preveía, sobre todo si se considera la discusión legislativa en torno a la Ley N°20.417. El debate se centraba en la complementariedad entre la EAE y el SEIA, donde el primero de dichos instrumentos -al estar destinado a la aprobación de planes y políticas generales- condicionaría el sistema de evaluación de proyectos específicos que deben someterse al segundo de estos en la escala territorial (Cordero-Quinzacara, 2016). De esta forma, se esperaba que la EAE solucionara varios problemas o limitaciones del SEIA al proveer un marco general para el análisis de la matriz de proyectos.

En cuanto a los PPDA, hay que destacar que de los 13 planes promulgados solo 1 es de naturaleza preventiva, mientras que 4 son mixtos y los 11 restantes corresponden a Planes de Descontaminación Ambiental. Lo anterior abre 2 posibilidades: o bien Chile no ha logrado del todo cambiar desde mecanismos normativos reactivos a preventivos para efectos de la gestión atmosférica o bien los perjuicios generados hacia dicho componente del medio ambiente presentan una tasa de emisión tan alta que no existe un horizonte temporal que haga factible la promulgación de Planes de Prevención Ambiental como solución a la superación de los parámetros atmosféricos correspondientes.

En síntesis, la GAR cuenta normativamente con instrumentos que permiten administrar ambientalmente las regiones, no obstante, en la práctica no necesariamente se traducen en implementaciones exitosas. Ejemplo de ello son las estadísticas entregadas para la EAE y los PPDA, así como la -todavía- pendiente materialización de los Planes de Manejo, los que se espera comienzan a implementarse con la creación del SBAP. Lo anterior abre preguntas sobre el fin con el cual se produjeron las modificaciones a la LBGMA el año 2010, o bien como un intento responsable por robustecer la normativa ambiental de Chile o más bien como modificaciones legislativas que habilitaran la posibilidad de Chile para incorporarse a la OCDE. Sin perjuicio de dicha respuesta, la GAR en Chile requiere de una sistematización de los distintos instrumentos aquí tratados con el objeto de establecer un objetivo común para luego desagregar a objetivos particulares de cada instrumento.

5.2. Gestión ambiental local

En las últimas décadas los Municipios han ido adquiriendo un rol cada vez mayor en el resguardo, y protección del medio ambiente. Prueba de ello, es el aumento

progresivo de políticas, planes, programas, y acciones que desde una visión ambientalmente sustentable buscan repercutir positivamente a nivel comunal y local.

Actualmente, las municipalidades se han consolidado como un actor clave en la Gestión Ambiental Local (GAL), entendida como un proceso descentralizado que fomenta la participación integrada de los distintos actores comunales (público, privado, y sociedad civil) con el objeto de asegurar la corresponsabilidad en la toma de decisiones ambientales a escala comunal (MMA, 2021).

Sin embargo, el avance en la GAL no ha estado exento de riesgos y desafíos, pues no todos los municipios actúan bajo las mismas sociales, económicas y ambientales, lo que ha dado origen a disparidades en la protección ambiental. Bajo esa premisa, la presente sección busca aproximarse al estado de la Gestión Ambiental Local al año 2021. Para ello, se vuelve pertinente examinar el funcionamiento los principales Instrumentos de Gestión Ambiental a nivel local, entre los que se encuentran el Sistema de Certificación Ambiental Municipal, las Ordenanzas Ambientales y la Estrategia Ambiental Comunal.

5.2.1. Sistema de Certificación Ambiental Municipal

El Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) creado el año 2009, corresponde a un:

> *sistema holístico de carácter voluntario, que permite a los municipios instalarse en el territorio como modelo de gestión ambiental, donde la orgánica municipal, la infraestructura, el personal, los procedimientos internos y los servicios que presta el municipio a la comunidad integran el factor ambiental en su quehacer. (Ministerio de Medio Ambiente [MMA], 2020).*

Este sistema es de carácter continuo, y se desglosa en cinco diferentes niveles: Básica, Intermedia, Avanzada y Excelencia, Excelencia Sobresaliente y Gobernanza Ambiental-Climática Comunal.

Tal como índica la **Figura 5.6**, para que un determinado municipio pueda obtener la certificación básica, en un plazo de seis meses requiere cumplir con el 90% de los requisitos exigibles, entre ellos, la elaboración de un Diagnóstico Ambiental Municipal y un Diagnóstico Ambiental Comunal, confeccionar la Estrategia

Ambiental Comunal, constituir un Comité Ambiental Comunal y un Comité Ambiental Municipal.

Una vez finalizado el nivel anterior, para obtener la certificación intermedia, se dispone de un plazo de 11 meses para cumplir con el 95% de los requisitos establecidos, entre ellos, el desarrollo de planes, diseño de sistemas y puesta en funcionamiento de medidas piloto internas en el área del reciclaje, gestión hídrica y energética; la puesta en marcha de la estrategia y la(s) línea(s) estratégica (s) comprometida(s); el funcionamiento permanente del Comité Ambiental Comunal y Comité Ambiental Municipal; diseños de sistemas de participación ambiental ciudadana; ordenanzas ambientales; diseño o rediseño de la unidad de Gestión Ambiental Local.

En un tercer nivel, se dispone de 13 meses para la ejecución de los planes o proyectos creados en el nivel intermedio, el funcionamiento de los sistemas internos de reciclaje, ahorro energético e hídrico, haber dictado una ordenanza ambiental municipal, contar con sistemas de participación ambiental funcionando, cumplir a cabalidad los compromisos de las líneas estratégicas, y contar con el Comité Ambiental Comunal y el Comité Ambiental Municipal consolidados. Si se cumple entre un 80% y un 95% de estos requisitos se obtiene la certificación Avanzada. Al cumplir entre el 96 y 100% de los compromisos exigidos en este nivel se otorgará la certificación de Excelencia.

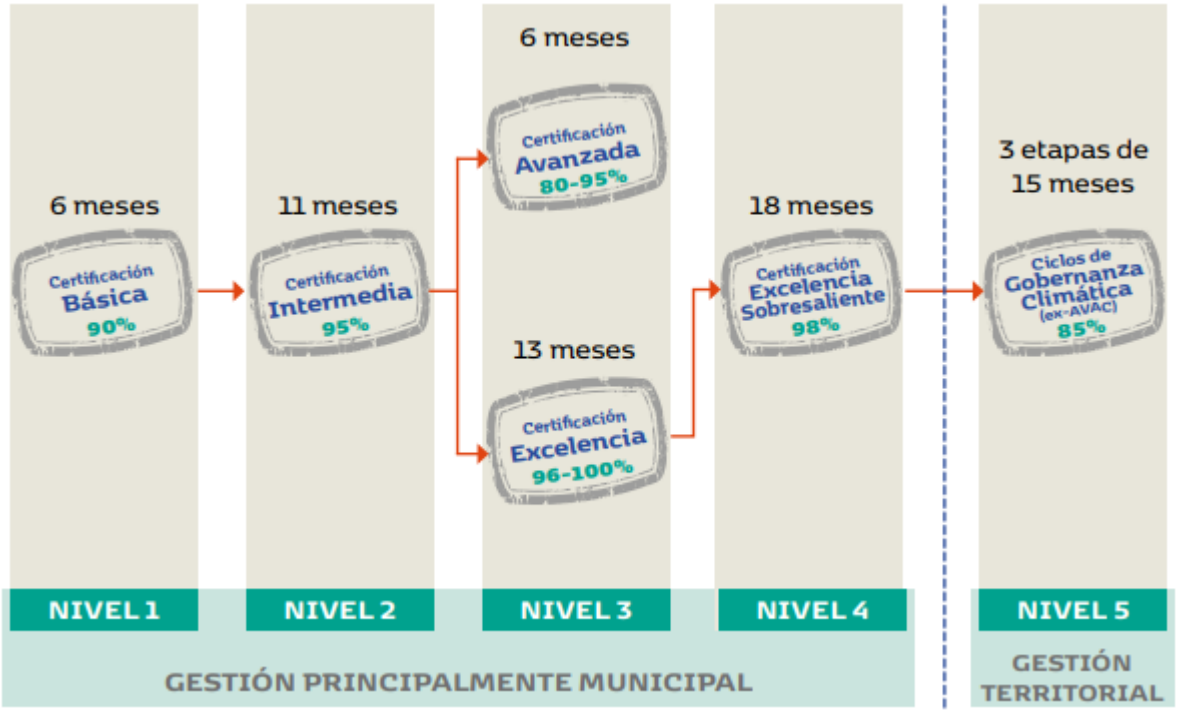
En un cuarto nivel, para obtener la certificación Excelencia Sobresaliente, se dispone de un plazo de 18 meses para cumplir con el 98% de los requisitos exigidos, entre ellos la ejecución generalizada a nivel municipal de los planes o proyectos ambientales, desarrollo de indicadores ambientales, revisión y reformulación de la estrategia ambiental, el desarrollo de un plan de manejo de residuos domiciliarios a nivel comunal y la profundización del trabajo realizado por los comités ambientales.

El quinto y último nivel, referido a la Gobernanza Ambiental-Climática Comunal, se divide en 3 etapas: 1) Apresto, 2) Implementación y 3) Consolidación, cada una de ellas con un plazo de 15 meses. En resumidas cuentas, este nivel implica la construcción de un modelo de gestión ambiental donde los diversos actores locales sean participes en el desarrollo de un territorio sustentable, en un contexto de mitigación y adaptación ante el cambio climático. La obtención de la

certificación del quinto nivel requiere haber cumplido con el 85% de los compromisos exigidos.

Vale señalar que en el caso del SCAM, la entidad certificadora corresponde a la Secretaría regional Ministerial (SEREMI) de Medioambiente de la región que forma parte el municipio que desea optar a un determinado nivel de certificación.

Figura 5.6. Niveles del SCAM.



Fuente: MMA, 2020.

Entre los beneficios que obtienen los municipios al formar parte de este sistema se encuentran los siguientes (MMA, 2021):

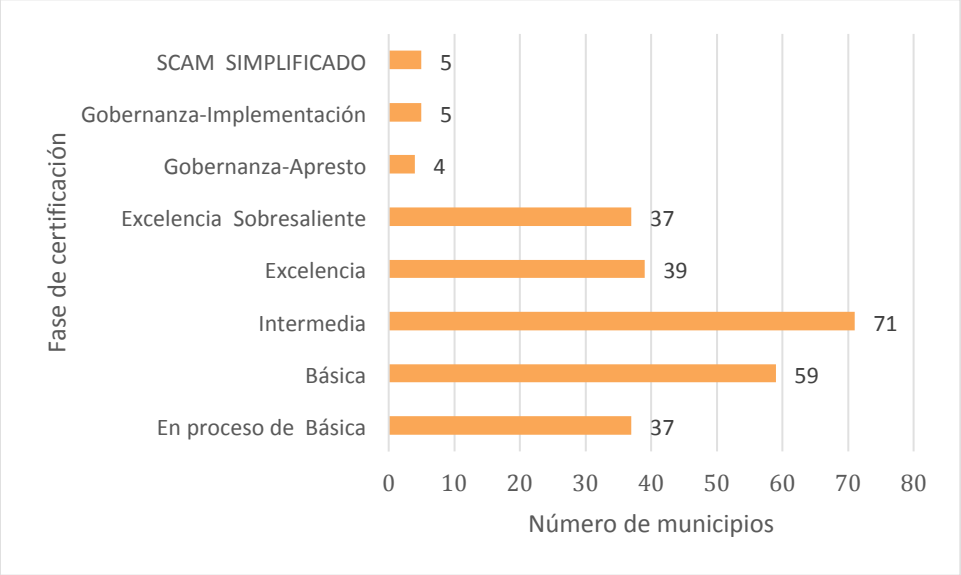
- Empoderamiento de las unidades ambientales municipales.
- Prestigio y reconocimiento institucional frente a la comunidad.
- Participación activa en el cuidado del medio ambiente.
- Fomento a la educación ambiental formal y no formal.
- Eficiencia hídrica y energética en las dependencias institucionales.
- Fomento al reciclaje y a la gestión de residuos.
- Capacitación funcionaria y comunitaria en temas ambientales.
- Asistencia técnica y apoyo de servicios públicos.
- Apoyo a la planificación ambiental municipal.

Dada la relevancia de este sistema en la Gestión Ambiental Municipal, en la presente sección se realizará un análisis de su estado a nivel país.

5.2.1.1. Situación país

Al año 2021, de los 346 municipios que componen el país, 257 se encuentran certificados y 89 no forman parte del sistema. De los 257 municipios que se encuentran certificados, 59 se encuentran certificados a nivel Básico, 71 en nivel Intermedio, 39 en nivel Excelencia, 37 nivel Excelencia Sobresaliente (antes mantención excelencia), 9 alcanzaron el nivel de Gobernanza Ambiental-Climática Comunal, 5 han ingresado a la etapa de SCAM simplificado y 37 se encuentran en proceso de básica (**Ver Figura 5.7**). De los 9 municipios en el quinto nivel, 4 se encuentran en la etapa apresto, y 5 en la etapa de implementación.

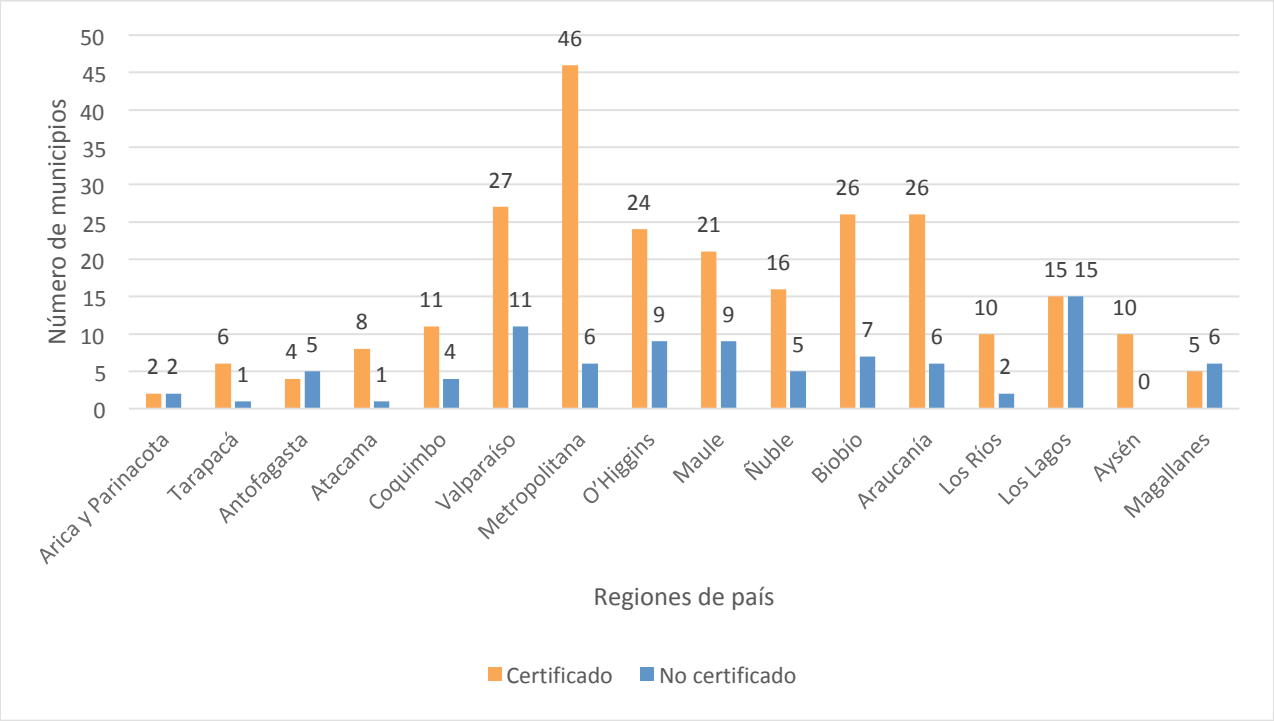
Figura 5.7. Municipios certificados ambientalmente en el País, año 2021.



Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2023.

En la **Figura 5.8**, se presenta el número de municipios certificados y no certificados por región del país. De entre todas las regiones del país, la región de Aysén destaca por poseer todas sus comunas certificadas (100%). En segundo lugar, se encuentra la región de Atacama con el 88,89% de sus municipios ambientalmente certificados. Seguidamente, se encuentra la región de Tarapacá con el 85,71% de sus municipios con certificación. En contraste, se encuentran las regiones de los Lagos, Arica y Parinacota y Magallanes que solo poseen el 50%, 50% y 45,45% de municipios certificados respectivamente, siendo estas tres las regiones con menor porcentaje de municipios al interior del SCAM.

Figura 5.8. Municipios certificados y no certificados por región del país, año 2021.

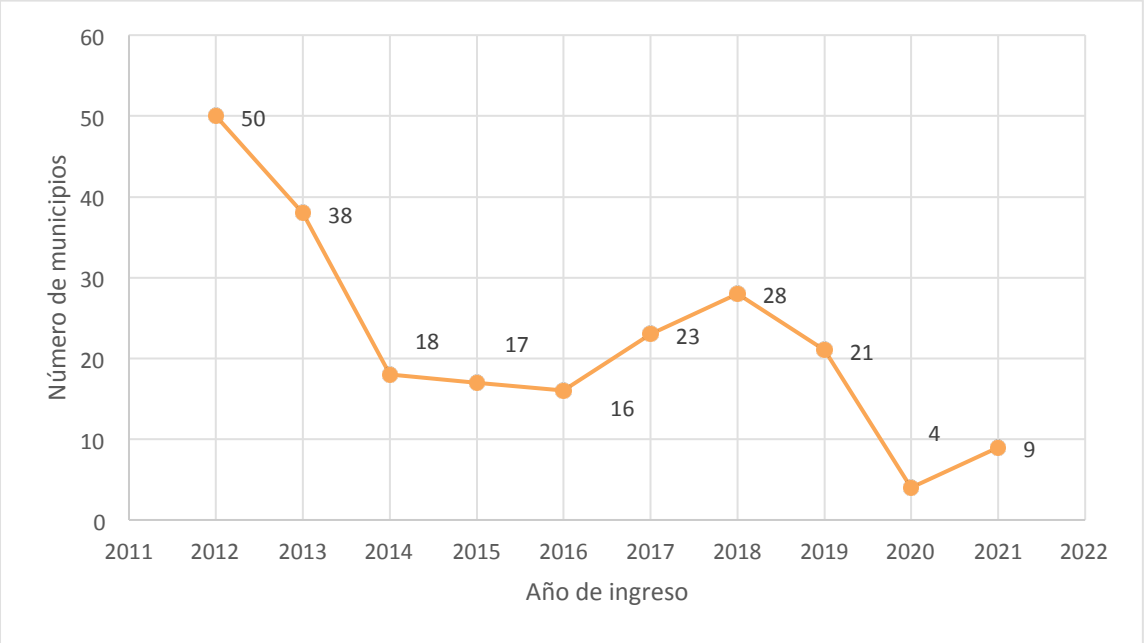


Fuente: Elaboración propia con datos del MMA, 2023.

A nivel temporal, el primer Municipio en certificarse fue Cartagena (2005), mientras que algunos de los últimos son municipios pertenecientes a las regiones de Atacama, Metropolitana de Santiago, Ñuble y Valparaíso (2021).

En la **Figura 5.9**, se aprecia que hubo un aumento progresivo en el número de municipios que integran el SCAM en la última década. El mayor aumento se produce entre el año 2011 y 2012 pasando de 33 a 83 municipios certificados, más del doble. Por otra parte, se observa un estancamiento entre el año 2014 y 2016, para luego aumentar hasta 2018. En 2020 solo ingresaron 4 municipios al sistema (valor mínimo), lo que coincide con dos hitos relevantes: 1) estallido social, y 2) crisis sanitaria. Se espera que para el año 2022 se genere un pequeño aumento en la cantidad de municipios que ingresen al sistema.

Figura 5.9. Número de municipios que integran el SCAM por año en el país, periodo 2012-2021.



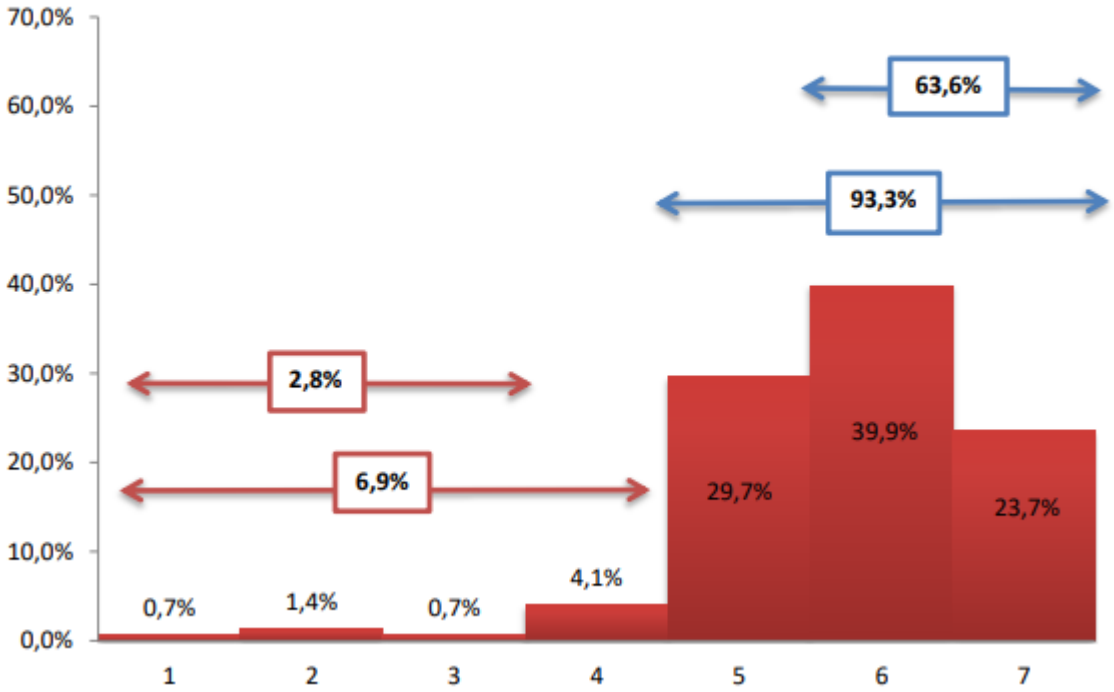
Fuente: Elaboración propia con datos del MMA, 2023.

5.2.1.2. Evaluación del instrumento

El año 2019, el Departamento de Gestión Ambiental Local (GAL) del Ministerio del Medioambiente efectuó una "encuesta de calidad sobre el proceso de auditoría del Sistema de Certificación Ambiental Municipal". Dicha encuesta fue enviada a los 220 municipios que formaban hasta ese entonces del SCAM, obteniendo una respuesta de 165 contrapartes municipales, lo que equivale al 75% de los municipios que integraban en aquel momento el sistema.

Al consultar sobre con qué nota se evaluaría el programa SCAM, el 23.7% de los encuestados le otorgo una nota 7, el 39,9% una nota 6, el 29,7% le otorgo una nota 5, el 4,1% nota 4, el 0,7% con un 3, el 1,4% con un 2 y el 0,7% de los encuestados piensa que el SCAM merece un 1 (**Ver Figura 5.10**).

Figura 5.10. Evaluación del programa SCAM por parte de las contrapartes municipales, año 2019.



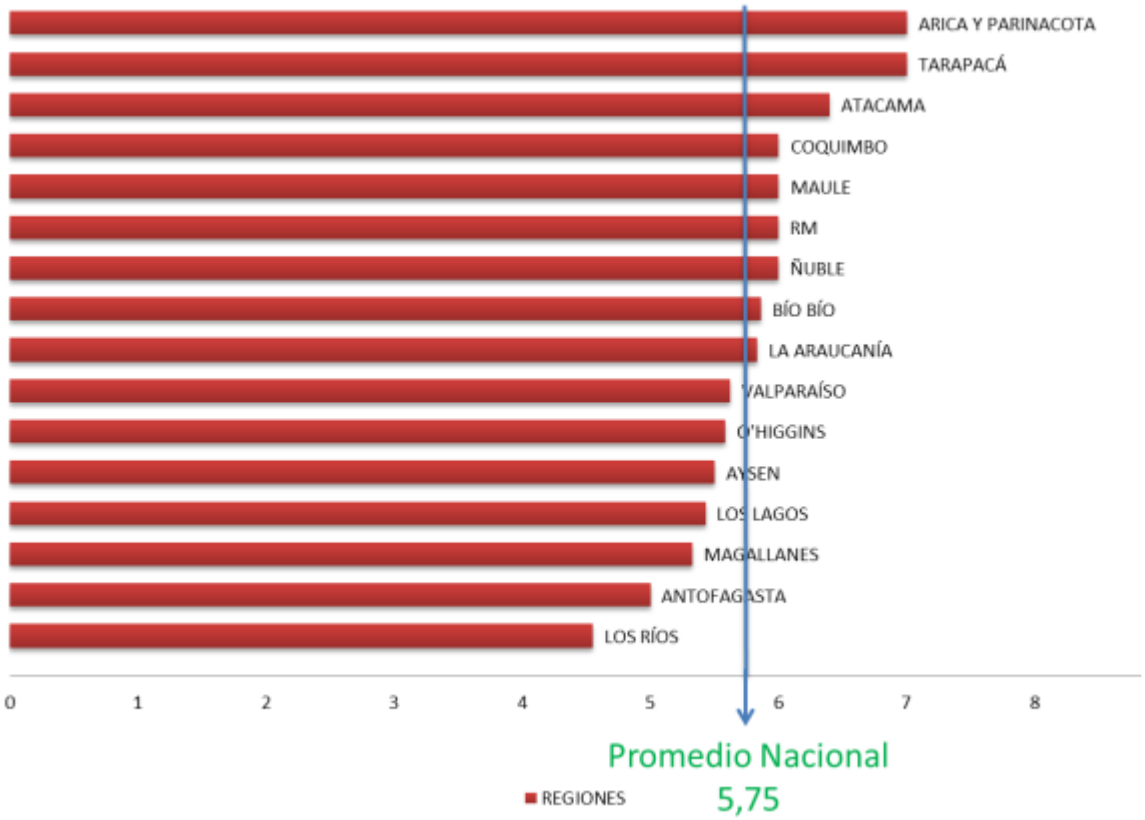
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

El 93,3% de los encuestados en dicho estudio, le otorgo una nota igual o superior a 5 al SCAM, el 63,6% piensa que merece una nota igual o superior a 6, el 6,9% le otorgo una nota igual o inferior a 4 y el 2,8% lo califico con una nota igual o inferior a 3. En resumidas cuentas, hay una percepción mayoritariamente positiva por parte de los encargados municipales sobre el SCAM.

El SCAM a nivel nacional, obtuvo una nota promedio de 5,75 (**Ver Figura 5.11**), siendo regiones de la zona norte (Arica y Parinacota[50], Tarapacá, Atacama, Coquimbo), las que evaluaron de mejor manera a este sistema de certificación. En contraste, la región de Los Ríos fue la que le otorgo la menor calificación.

[50] Debe tenerse en consideración que la región Arica y Parinacota solo posee un municipio en el SCAM.

Figura 5.11. Ranking de notas de evaluación del programa SCAM por región.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

A partir de las encuestas realizadas en aquel estudio, también se pudo identificar aquellos elementos que podrían mejorarse del programa SCAM.

La mayor parte de los encuestados (37%), piensa que debieran mejorarse elementos relacionados con el proceso de certificación, como, por ejemplo, la necesidad de agilizar los plazos de entrega de informes e instaurar una plataforma digital que permita entregar los documentos solicitados de forma gradual y que a la vez permita disminuir el uso de papel en el proceso.

El 27% de los municipios encuestados piensa que debieran otorgarse mayores fondos para poder implementar adecuadamente el programa y realizar actividades sobre temáticas ambientales en los territorios. Al año 2019, en el marco del SCAM, se han otorgado $ 837.504.000 en subsidios, pasando de entregar $24.000.000 el año 2009 a $133.600.000 al año 2018 (**Ver Cuadro 5.3**). Sin embargo, el promedio de dinero otorgado a disminuido en el tiempo, pasando de $8.000.000 por municipio al año 2009 a $1.349.000, cifra que se considera

escasa para poder cumplir con el objetivo de establecer un modelo de gestión ambiental a nivel municipal.

Cuadro 5.3. Aportes en subsidios por año, periodo 2009-2018.

Año	Recursos asignados	Municipios asignados	Promedio con municipios asignados	Recursos asignados en dólares
2009	$24.000.000	3	$8.000.000	$11.461
2010	$20.000.000	5	$4.000.000	$5.730
2011	$52.400.000	19	$2.757.894	$3.951
2012	$60.335.000	39	$1.547.051	$2.216
2013	$107.754.001	74	$1.456.135	$2.086
2014	$100.450.000	76	$1.321.710	$1.893
2015	$106.850.000	76	$1.405.921	$2.041
2016	$118.265.000	94	$1.267.127	$1.815
2017	$113.850.000	78	$1.446.794	$2.072
2018	$113.600.000	99	$1.349.000	$1.932

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

Seguidamente, el 26% de los encuestados solicita un mayor apoyo y acompañamiento por parte de los/as encargados/as regionales para facilitar la obtención de la certificación en los diferentes niveles del SCAM.

Por último, el 12% de los encuestados expresa la necesidad de incluir de forma más activa a las autoridades municipales y regionales, de tal manera que se puedan propiciar cambios transformativos en las localidades.

5.2.2. Ordenanzas Ambientales

Según el artículo 12 de la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (2006), entre las resoluciones que pueden adoptar los municipios se encuentran las ordenanzas, las que corresponden a “normas generales y obligatorias aplicables a la comunidad”. En las ordenanzas se pueden establecer multas para sus infractores, las que no podrán sobrepasar las cinco unidades tributarias mensuales, y las que deben ser aplicadas por parte de los juzgados de policía local correspondientes.

La Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, también, establece que la unidad municipal encargada elaborar el anteproyecto de ordenanza ambiental es la de aseo y ornato.

Las ordenanzas ambientales, pueden ser definidas como instrumentos jurídicos con los que cuentan los municipios para poder concretizar su política de gestión

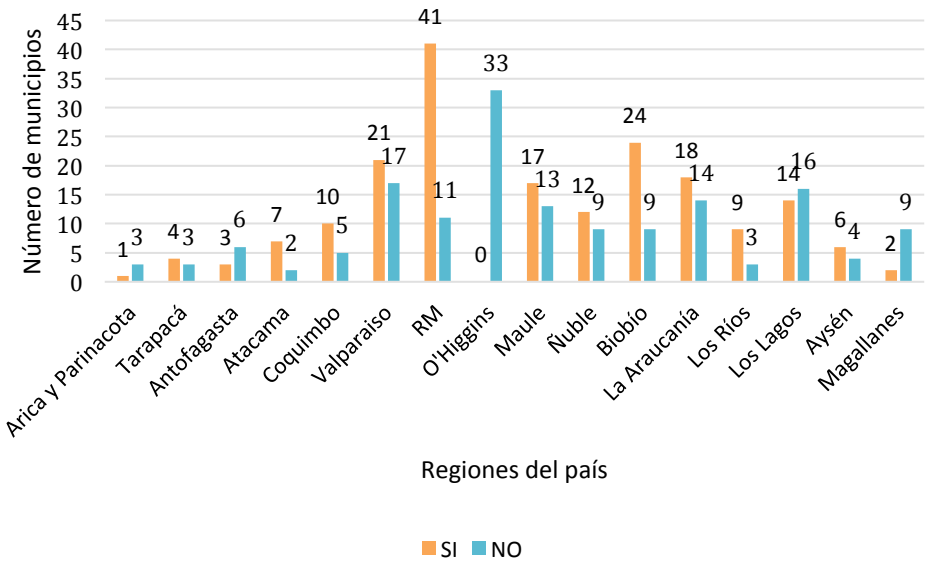
ambiental local. La relevancia de las ordenanzas ambientales es que permiten establecer a nivel local un marco legal destinado a regular, proteger y conservar el medio ambiente, de tal manera, que se contribuya al ejercicio del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una comuna en particular (Municipio Verde, 2018).

La situación a nivel nacional de las ordenanzas ambientales se presenta en el siguiente apartado.

5.2.2.1. Situación país

Al año 2021, de los 346 municipios del país, 189 poseen por lo menos una Ordenanza Ambiental (OA), mientras que 157 carecen de este instrumento jurídico. De entre todas las regiones de país, (**Ver Figura 5.12**) la región Metropolitana de Santiago destaca como aquella con el mayor porcentaje de municipios que poseen por lo menos una ordenanza ambiental (78,8%). En segundo lugar, se encuentra la región de Atacama, de la cual 7 de sus 9 municipios (lo que equivale al 77,8% de ellos) posee una OA. Seguidamente, se encuentra la región de Los Ríos, en la que el 75% de los municipios poseen una OA. Caso contrario es el de la región de Arica y Parinacota (25% de municipios con OA) y el de la región de Magallanes (18,2% con OA), que destacan por ser aquellas con el menor porcentaje de municipios con este tipo de instrumento.

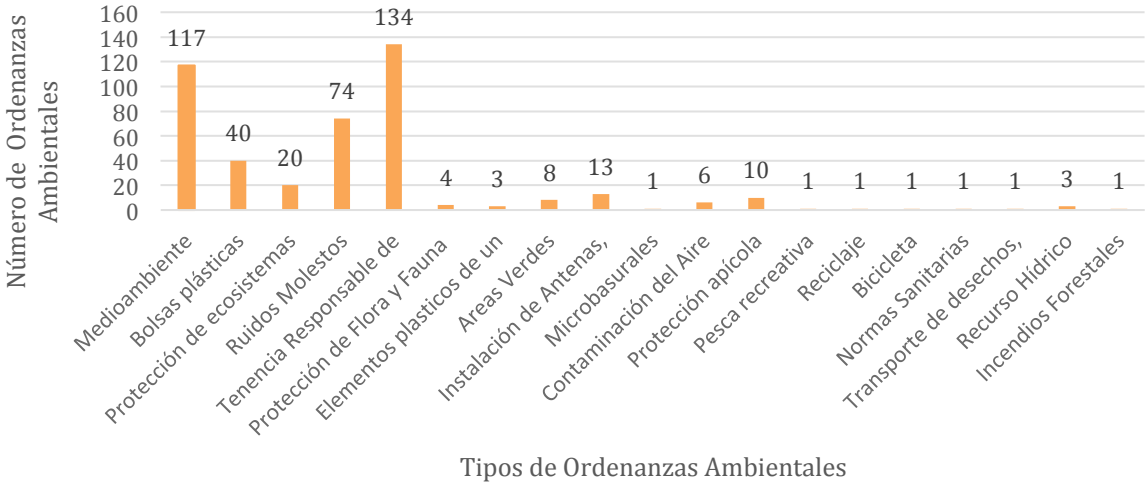
Figura 5.12. Municipios con y sin ordenanza ambiental por región del país, año 2021.



Fuente: Elaboración propia con datos del MMA, 2021.

Según los datos del MMA, a diciembre del año 2020, se han dictado 439 ordenanzas ambientales en el país, las que se pueden agrupar en 19 diferentes tipos (**Ver Figura 5.13**). Entre ellas, se destacan las ordenanzas referidas a la "tenencia responsable de animales" con 134 municipios que las han dictado. En segundo lugar, con 117 municipios se resalta la ordenanza "General de Medioambiente". En tercer lugar, se encuentran las ordenanzas de "Ruidos molestos", con 74 municipios que las han dictado. Contrariamente, las ordenanzas referidas a "microbasurales, "pesca recreativa", "reciclaje", "uso de bicicletas", "normas sanitarias ambientales", "transporte de desechos" e "incendios forestales", se encuentran en último lugar.

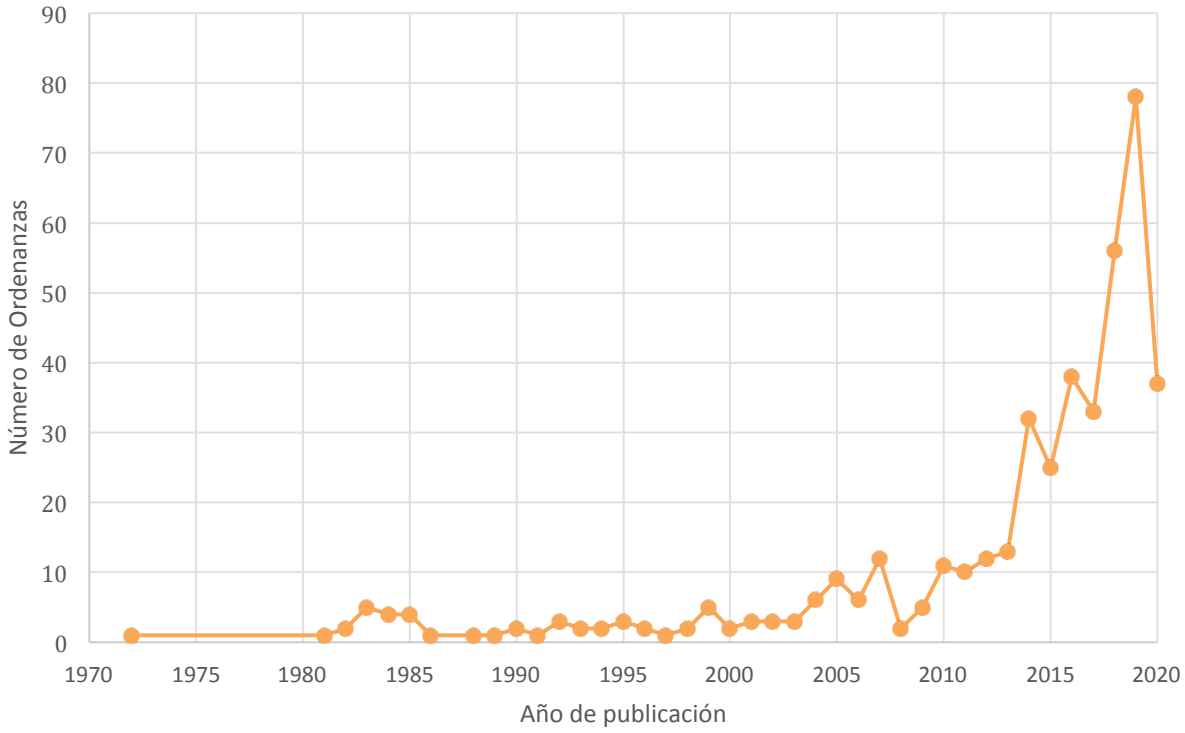
Figura 5.13. Número de ordenanzas ambientales según tipo, año 2021.



Fuente: Elaboración propia con datos del MMA, 2021.

En la **Figura 5.14**, se presenta el número de ordenanzas ambientales que se han dictado por año. Se reconoce un notorio aumento en el número de ordenanzas ambientales publicadas durante el transcurso de la última década (Ver Figura 9), aspecto que podría vincularse a un incremento del interés de los municipios sobre las temáticas ambientales. El peak de ordenanzas ambientales dictadas se produce el año 2019 (78 OA dictadas). El año 2020 la cantidad de ordenanzas ambientales publicadas disminuye a 37, lo cual podría asociarse a la crisis sanitaria del COVID-19.

Figura 5.14. Número de Ordenanzas Ambientales publicadas por año.



Fuente: Elaboración propia con datos del MMA, 2021.

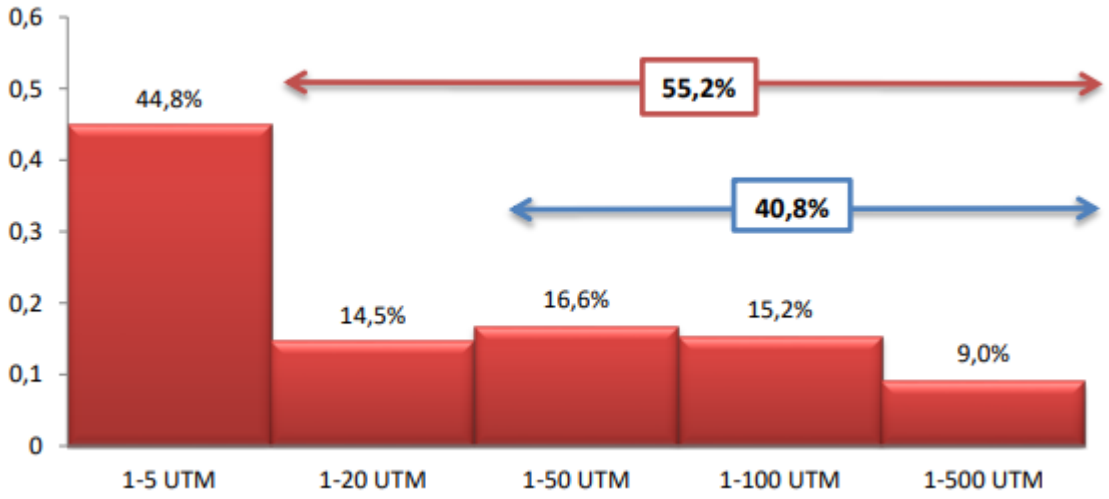
5.2.2.2. Situación país

La principal crítica que recae en las ordenanzas ambientales, son las reducidas multas que obtienen sus infractores. Tal como se señaló en la sección 5.2.2, las sanciones que se otorgan en caso de incumplimiento de una ordenanza ambiental no pueden sobrepasar las cinco unidades tributarias mensuales, lo que, a día de hoy, equivalen a $264.210, cifra que podría considerarse insuficiente para impedir que actores privados con elevadas ganancias económicas realicen actividades que sean incompatibles con la protección del medioambiente. En términos de costo-beneficio, los beneficios económicos a obtener al desarrollar un determinado proyecto o actividad pueden ser mayores a los costos que implica incumplir una ordenanza ambiental.

Los resultados de la “encuesta de calidad sobre el proceso de auditoría del Sistema de Certificación Ambiental Municipal” del año 2019, indican que el 55% de los actores municipales que forman parte del SCAM piensan que la actual multa de 5 UTM es inadecuada, mientras que el 45% restante cree que si lo es.

Adicionalmente, al consultar a aquellas personas que calificaron a la actual sanción de 5 UTM como inadecuada (**Ver Figura 5.15**), sobre que rango de multa debiese ser el ideal, el 55,2% opta por que las multas puedan alcanzar un máximo de 20 UTM, lo que son aproximadamente $1.000.000, mientras que el 40,8% piensa que el rango de las multas debiesen ser igual a mayor a entre 1 a 50 UTM, con un 9% que piensa que las sanciones deberían llegar hasta las 500 UTM, lo que equivale, a aproximadamente 26 millones de pesos.

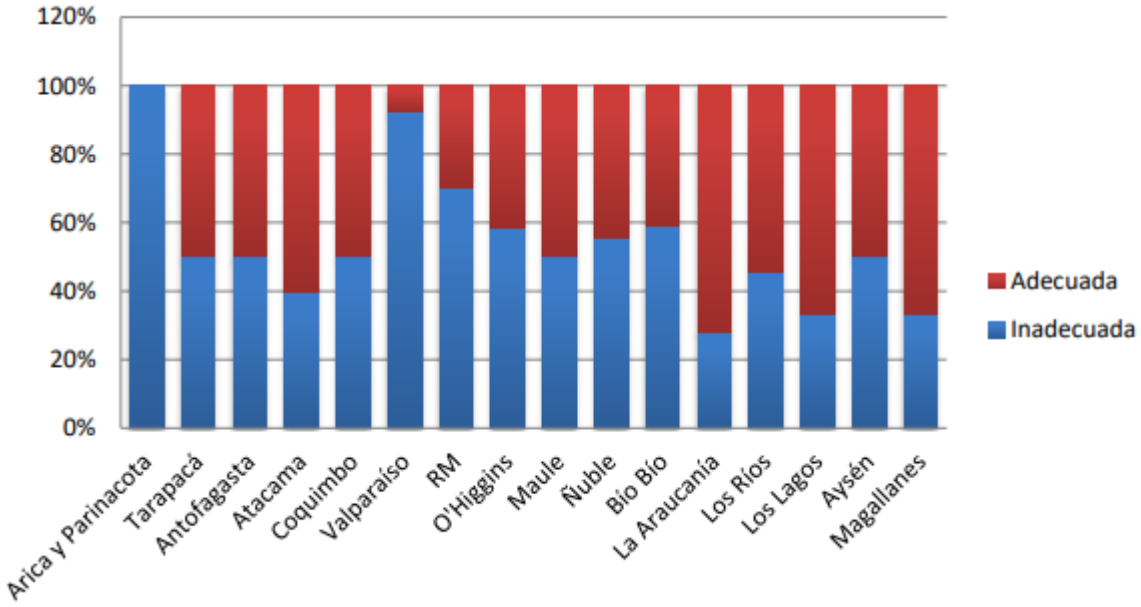
Figura 5.15. Rangos de multa en UTM sugeridos.



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2019.

Desde una perspectiva regional (**Ver Figura 5.16**), los resultados de la encuesta del MMA, expresan que la región que presenta una mayor disconformidad con el rango actual de las multas es Valparaíso. Además, se percibe que los municipios de la zona central del país perciben en su mayoría como inadecuado los rangos actuales de las multas de las ordenanzas, mientras que en la zona norte y sur del país hay un mayor grado de conformidad sobre esta temática.

Figura 5.16. Porcentaje de actores municipales por región y su percepción sobre si el rango actual de multas de las ordenanzas ambientales es adecuado o inadecuado.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2019.

En síntesis, se podría extraer una necesidad de contar con un rango de multas que sea mayor a los beneficios económicos que se puedan obtener por realizar una actividad que sea nociva con el medio ambiente y que incumpla con lo dispuesto en una determinada ordenanza ambiental, para lo cual podría ser necesario una modificación a la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades.

5.2.3. Estrategia Ambiental Comunal

En el marco de desarrollo de actividades planificadas para la mantención de un municipio en el Sistema de Certificación Ambiental Municipal, éstos deberán elaborar una Estrategia Ambiental Comunal (EAC) en un plazo de 95 a 105 días hábiles, desde el ingreso al nivel Básico. Esta estrategia consiste en un "(…) instrumento de acción que busca abordar de manera sistemática los principales conflictos o situaciones ambientales presentes en el territorio comunal." (MMA, 2021.). La estrategia debe ser formulada de manera participativa y debe basarse en "(…) criterios de sustentabilidad y eficiencia para un desarrollo armónico de los recursos, del territorio y de la población comunal." (MMA, 2017, pp. 31). Para guiar la elaboración de la EAC, el Ministerio de Medio Ambiente ha redactado un formato ideal (**Ver Cuadro 5.4**) con los componentes básicos al cual los municipios deben apegarse, y así contar con documentos probatorios válidos para la certificación.

Cuadro 5.4. Ejemplo de Estrategia Ambiental Comunal.

Estrategia Ambiental Comunal	**(nombre de la estrategia)**	
Misión	(declarar misión)	
Línea 1 (declarar línea estratégica y plazo de cumplimiento)	Programa de acción 1 (Declarar programa de acción)	Proyecto 1 (nombre del proyecto) • Descripción del proyecto • Acciones y financiamiento • Indicador de cumplimiento
		Proyecto 2 (nombre del proyecto) • Descripción del proyecto • Acciones y financiamiento • Indicador de cumplimiento
	Programa de acción 2 (declarar programa de acción)	Proyecto 3 (nombre del proyecto) • Descripción del proyecto • Acciones y financiamiento • Indicador de cumplimiento

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio del Medio Ambiente, 2020.

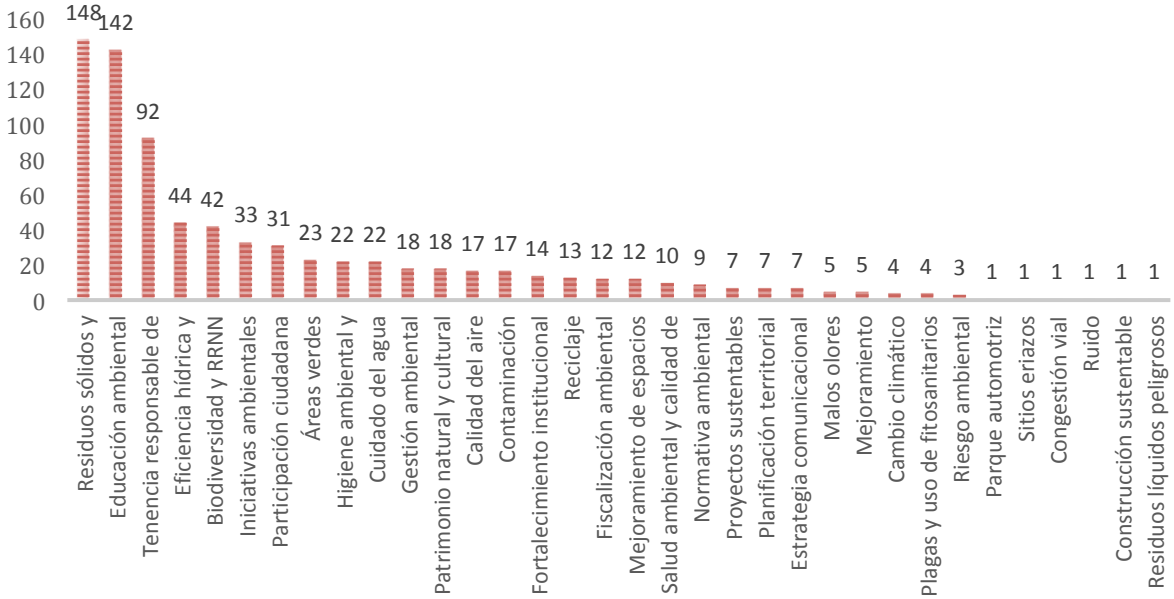
Como puede desprenderse del **Cuadro 5.4**, uno de los elementos clave en la planificación de la EAC son la línea estratégica, cuyo objetivo consiste en "(…) abordar las situaciones o conflictos ambientales propios de la comuna y su territorio, detectados en el proceso de diagnóstico." (MMA, 2017, pp. 32). Dado lo anterior, las líneas estratégicas serán variadas, atendiendo a las características y necesidades de cada municipio en cuestión. Para dar cuenta de los diversos conflictos que aborda cada territorio, se ha realizado un análisis exhaustivo de cada una de las líneas estrategias que componen la Estrategia Ambiental de todos aquellos municipios pertenecientes al SCAM.

5.2.3.1. Situación país

De los 257 municipios del país que se encuentran ambientalmente certificados a 2021, 183 poseen una EAC y 74 carecen de este instrumento.

Entre las EAC existentes se ha determinado la existencia de 34 líneas estratégicas (**Figura 5.17**) con enfoques distintos, de las cuales cabe destacar las más comunes: Gestión Integral de Residuos Sólidos y Microbasurales (148), Educación Ambiental (142), y Tenencia Responsable de Mascotas (92).

Figura 5.17. Estrategias Ambientales Comunales y sus líneas estratégicas.



Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio del Medio Ambiente, 2021.

5.2.3.2. Evaluación

A partir de los resultados expuestos en el apartado anterior, se observa la necesidad de que los municipios integren dentro de sus líneas estratégicas situaciones emergentes como el cambio climático, aspecto que solo 4 municipios abordan. Asimismo, se destaca el gran desafío de implementar estrategias transversales de planificación territorial, cuestión de suma importancia en la formulación, implementación y evaluación políticas públicas de todo orden, siguiendo la lógica del ordenamiento territorial.

Por último, debe señalarse que para contar con una Estrategia Ambiental Comunal cuyas líneas estratégicas y acciones sean validadas por los actores locales se deben efectuar las instancias de participación que permitan recoger adecuadamente la visión de los diferentes sectores (sociedad civil, público y privado).

6. Bibliografía

Asenjo, R. (2006). Institucionalidad pública y gestión ambiental en Chile en Expansiva, Serie "En foco", No 91.

Belemmi, L. 2015. El Ordenamiento Territorial como Catalizador de Conflictos Ambientales. Memoria de prueba para optar al grade de Licenciado en Ciencias Jurídicas. Universidad de Chile, Facultad de Derecho. 227h.

Bergamini, K., Irarrázabal, R., Monckeberg, J.C., y Pérez, C. (2018). Fiscalización, sanción y control ambiental en Chile. Diagnóstico y propuestas para la Superintendencia del Medio Ambiente y tribunales ambientales. En I. Irrázaval, E. Piña, M. Letelier, M.I. Jeldes (Eds.), *Propuestas para Chile. Concurso Políticas Públicas 2017* (pp. 167-197). Santiago, Chile.

Biblioteca del Congreso Nacional del Chile (BCN). (2022). Zonas de sacrificio en Chile: Quintero-Puchuncaví, Coronel, Mejillones, Tocopilla y Huasco. Componente industrial y salud de la población. Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33401/1/BCN_Zonas_de_sacrificio_en_Chile_2022_FINAL.pdf

Centro de Análisis de Políticas Públicas. (2008). *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2008*. Recuperado de https://gobierno.uchile.cl/dam/jcr:2c3ead3b-4282-46e9-81e3-d8e19fa41755/2008informepais2008.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2005). Evaluaciones de desempeño ambiental. París: Naciones Unidas.

CONAMA. (1998). *Una política ambiental para el desarrollo sustentable*. Recuperado de http://www.tecnologiaslimpias.cl/chile/docs/articles-26000_pdf_politica.pdf

Congreso Nacional. (2022). *Acuerdo por Chile*. Recuperado de https://colegioabogados.cl/wp-content/uploads/2022/12/12-12-22-TEXTO-OFICIAL_Acuerdo-Constitucional.pdf

Cordero-Quinzacara, E. (2016). Evaluación ambiental estratégica y planificación territorial. Análisis ante su regulación legal, reglamentaria y la jurisprudencia administrativa. Revista Chilena de Derecho vol. 43.

Decreto con Fuerza de Ley N° 19.175. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 08 de noviembre de 2005.

Decreto **N°** 32. Reglamento para Evaluación Ambiental Estratégica. [en línea]. 17 agosto 2015. Biblioteca del Congreso Nacional: 6 octubre 2015. Recuperado en: https://mma.gob.cl/wp-

content/uploads/2015/11/REGLAMENTO-EAE-D-S-No32.pdf Consultado el: 15 de agosto de 2022

Decreto N° 40. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 12 de agosto de 2013.

Decreto N° 47. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 05 de junio de 1992.

Dirección General de Aguas. (23 de Diciembre de 2020). Dirección General de Aguas. Obtenido de https://dga.mop.gob.cl/noticias/Paginas/DetalledeNoticias.aspx?item=714

División de Recursos Naturales y Biodiversidad. (2015). Archivos Presidenciales. Obtenido de Plan de Manejo de Recursos Naturales en el marco de la Ley 19.300 Sobre Bases: http://archivospresidenciales.archivonacional.cl/uploads/r/archivo-presidencia-de-la-republica/c/d/7/cd70626d2367802a27bb984367976183030eb00776ff49a07d60e50c9bffa492/Mesa_T__cnica_61.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1993). Plataforma de territorios y paisajes inclusivos y sostenibles. Recuperado de https://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/contexto-general/es/

Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH). (2022). *Mapa de conflictos socioambientales en Chile*. Recuperado de https://mapaconflictos.indh.cl/#/

Ossandón-Rosales, J. (2018). Manejo Integrado de Cuencas como solución jurídico-territorial en la administración ambiental del agua. Justicia Ambiental, 191-212.

Ipsos. (2022). Claves IPSOS Noviembre 2022. Recuperado de https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2022-11/Claves%20Ipsos%20Noviembre%202022%20Medici%C3%B3n%2013%20-%20Especial%20Espacio%20P%C3%BAblico%20VF_0.pdf

Ley N° 19.300. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 09 de marzo de 1994.

Ley N° 20.417. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 26 de enero de 2020.

Ley N° 20.600. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 28 de junio de 2012.

Ley N° 21.455. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de junio de 2022.

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Manual del Sistema de Certificación Ambiental Municipal*. Departamento de Gestión Ambiental Local, División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana. Recuperado de: https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/MANUAL-SCAM-2017.pdf

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). (2019). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad en Chile. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/6NR_FINAL_ALTA-web.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). *Manual del Sistema de Certificación Ambiental Municipal*. Recuperado de https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/MANUAL_SCAM_2020-2021.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Sistema de Certificación Ambiental Municipal*. Recuperado de https://educacion.mma.gob.cl/gestion-local/sistema-de-certificacion-ambiental-municipal/

Ministerio del Medio Ambiente. (2022). ¿Qué es la Evaluación Ambiental Estratégica? Obtenido de https://mma.gob.cl/evaluacion-ambiental-estrategica/eae-que-es-la-evaluacion-ambiental-estrategica/

Municipio Verde. (2018). *Ordenanzas Ambientales*. Recuperado de https://www.municipioverde.cl/ht_project/ordenanzas-ambientales/

Observatorio de la Productividad. (2021). *Informe N° 7 2do semestre 2021. Judicialización de los proyectos de inversión del SEIA*. Recuperado de http://www.cpc.cl/wp-content/uploads/2022/01/Informe-N%C2%B07-Judicializaci%C3%B3n-de-los-proyectos-de-inversi%C3%B3n-del-SEIA-Segundo-semestre-2021.pdf

OCDE. (2017). Evaluación de desempeño ambiental de Chile. Recuperado de https://www.oecd.org/environment/country-reviews/EPR_Chile_Aspectos_Destacados.pdf

Primer Tribunal Ambiental. (2022a). *Causas: Buscador.* Recuperado de https://causas.1ta.cl/

Primer Tribunal Ambiental. (2022b). *Cuenta Pública 2021*. Recuperado de https://www.1ta.cl/cuenta-publica-2020-2/

Resolución 2269 Exenta. Aprueba instructivo para la elaboración y presentación de la memoria explicativa y cartografía de usos preferentes de la zonificación regional del borde costero. [en línea]. 17 de mayo 2021. Biblioteca del Congreso Nacional: 13 de julio 2021. Recuperado

https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1162488 Consultado el: 29 de mayo de 2022.

Rungruangsakorn, C. y Artal, C. (2019). Informe nacional de la encuesta de calidad sobre el proceso de auditoría del Sistema de Certificación Ambiental Municipal SCAM.

Segundo Tribunal Ambiental. (2022a). Búsqueda de causas. Recuperado de https://2ta.lexsoft.cl/2ta/search?proc=4

Segundo Tribunal Ambiental. (2022b). *Cuenta Pública 2021*. Recuperado de https://tribunalambiental.cl/cuenta-publica-2021/

Segundo Tribunal Ambiental. (2022c). *Sentencias*. Recuperado de https://tribunalambiental.cl/sentencias-e-informes/sentencias/

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022a). *¿Qué es una consulta de pertinencia?* Recuperado de https://www.sea.gob.cl/consulta-de-pertinencia/que-es-una-consulta-de-pertinencia3

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022b). *Búsqueda de proyectos*. Recuperado de https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php

Servicio Electoral de Chile (SERVEL). (2022a). Plebiscito Nacional 2020. Recuperado de https://historico.servel.cl/servel/app/index.php?r=EleccionesGenerico&id=10

Servicio Electoral de Chile (SERVEL). (2022b). Plebiscito Nacional 2020. Recuperado de https://historico.servel.cl/servel/app/index.php?r=EleccionesGenerico&id=222

Servicio Electoral de Chile (SERVEL). (2022c). Resultados definitivos Plebiscito Constitucional 2022. Recuperado de https://www.servel.cl/resultados-definitivos-plebiscito-constitucional-2022/

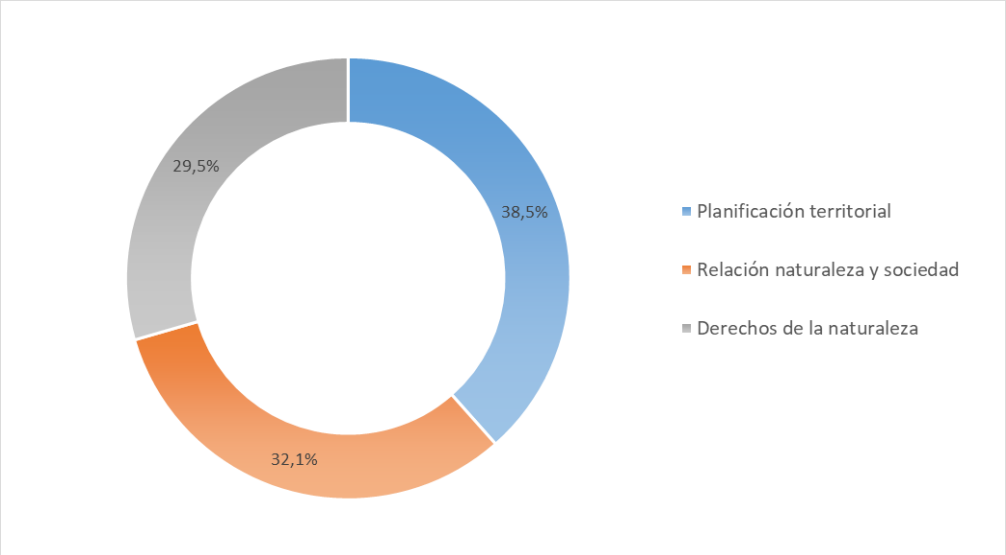
Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). (2017). Bases metodológicas para la determinación de sanciones ambientales, actualización 2017. Recuperado de https://portal.sma.gob.cl/index.php/download/bases-metodologicas-para-la-determinacion-de-sanciones-ambientales-2017/

Tercer Tribunal Ambiental. (2022a). *Causas: Buscador.* Recuperado de https://causas.3ta.cl/

Tercer Tribunal Ambiental. (2022b). *Cuenta Pública 2021*. Recuperado de https://3ta.cl/publicaciones/cuentas-publicas/

7. Anexos

7.1. Anexo 1. Temáticas de artículos con contenido medioambiental



Fuente: Elaboración propia, agosto de 2022.

7.2. Anexo 2. Cuadros y Figuras asociadas a la Evaluación de Impacto Ambiental.

Anexo 2.1. Evolución y aprobaciones y rechazos de DIA y EIA, periodo 1997-2022

Año	Declaraciones de Impacto Ambiental			Estudios de Impacto Ambiental			Total
	Aprobadas	Rechazadas	Subtotal	Aprobados	Rechazados	Subtotal	
1997	69	10	79	35	1	36	115
1998	402	45	447	36	9	45	492
1999	579	23	602	42	2	44	646
2000	677	25	702	35	2	37	739
2001	830	25	855	45	7	52	907
2002	1123	66	1189	43	1	44	1233
2003	806	74	880	33	2	35	915
2004	780	142	922	34	1	35	957
2005	753	52	805	24	2	26	831
2006	786	102	888	31	3	34	922
2007	845	98	943	28	2	30	973
2008	903	43	946	34	0	34	980
2009	1001	79	1080	34	2	36	1116
2010	790	56	846	22	2	24	870
2011	997	45	1042	21	4	25	1067
2012	943	36	979	19	0	19	998
2013	745	22	767	24	2	26	793
2014	657	36	693	21	3	24	717
2015	415	24	439	23	2	25	464

2016	346	28	374	23	2	25	399
2017	337	28	365	19	5	24	389
2018	363	14	377	29	2	31	408
2019	430	19	449	16	3	19	468
2020	409	11	420	19	2	21	441
2021	502	25	528	13	1	14	542
2022	216	25	241	5	5	10	251
Total	16704	1153	17858	708	67	775	18633

a. Proyectos aprobados y rechazados al 01 de julio del 2022.
b. El total corresponde sólo a los proyectos que concluyeron el proceso de evaluación con resoluciones favorables y no favorables; excluye los casos de proyectos no admitidos a trámite, no calificados y los desistimientos que representan más del 50% de los casos de proyectos presentados en el período 2015-2022.

Anexo 2.2. Estado proyectos presentados al Sistema con EIA e inversión asociada. Periodo 2018-2022.

Estado	2018		2019		2020		2021		2022	
	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$
Aprobado	29	14.218,222	16	4.054,110	19	4.551,484	13	10.451,980	5	868,200
Caducado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desistido	10	1.012,577	15	4.843,847	6	1.109,650	17	1.728,733	7	10.886,600
No admitido a tramitación	4	1.067,000	3	15,015	4	55,586	5	1.202,152	3	546,000
No calificado	5	207,150	4	503,500	3	405,400	6	1.083,634	4	701,775
Rechazado	2	68,500	3	183,740	2	392,934	1	5,000	5	3.177,400
Revocado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	50	16573,449	41	9600,212	34	6515,054	42	14471,499	24	16179,975

Fuente: Construido a partir de datos del SEA, en línea, http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php.

Anexo 2.3. Estado proyectos presentados al Sistema con DIA e inversión asociada. Periodo 2018-2022.

Estado	2018		2019		2020		2021		2022	
	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$	Proyectos	MMU$
Aprobado	363	11.341,646	430	11.417,310	409	12.962,819	502	14.695,024	216	6.373,804
Caducado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desistido	132	2.081,013	175	11.860,700	176	19.568,651	231	9.867,959	95	2.322,237
No admitido a tramitación	110	1.055,279	126	1.377,989	93	1.235,449	144	10.624,196	50	1.279,535
No calificado	48	1.073,033	37	8.595,475	96	18.821,491	38	10.269,374	29	1.373,047
Rechazado	14	4.265,199	19	207,837	11	326,888	25	332,583	25	
Revocado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	668	19839,27	788	33559,311	715	41206,033	940	45789,136	406	11158,2364

Fuente: Construido a partir de datos del SEA, en línea, http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php, agosto 2019

Anexo 2.4. Proyectos aprobados en el marco del SEIA, con EIA, por sector productivo. Periodo 2018-2022 y acumulado 1997-2022.

Sector	2018	2019	2020	2021	2022	Total 2018-2022	Total 1997-.2022
Agropecuario	0	0	0	0	0	0	3
Energía	13	6	3	5	3	30	205
Equipamiento	1	0	0	0	0	1	7
Forestal	0	0	0	0	0	0	12
Infraestructura de transporte	0	1	3	1	0	5	32
Infraestructura hidráulica	2	2	2	1	0	7	30
Infraestructura portuaria	1	2	1	0	0	4	30
Inmobiliario	2	1	1	1	1	6	28
Instalaciones fabriles varias	0	1	0	0	0	1	20
Minería	7	3	4	4	0	18	136
Otros	0	0	3	0	1	4	72

Pesca y acuicultura	0	0	0	0	0	0	13
Planificación territorial/inmobiliarios zonas	0	0	0	0	0	0	10
Saneamiento ambiental	3	0	2	1	0	6	110
Totales	29	16	19	13	5	82	708

aDestacados los tres sectores con más proyectos en cada columna.

bHasta julio 2022.

Fuente: Construido a partir información del SEIA en línea-

Anexo 2.5. Proyectos aprobados en el marco del SEIA, con **DIA**, por sector productivo. Periodo 2018-2022 y acumulado 1997-2022.

Sector	2018	2019	2020	2021	2022	Total 2018-2022	Total 1997-2022
Agropecuario	9	10	8	14	6	47	311
Energía	78	115	162	239	116	710	1.820
Equipamiento	0	0	1	2	0	3	594
Forestal	2	5	4	1	1	13	96
Infraestructura de transporte	9	1	2	3	0	15	216
Infraestructura hidráulica	7	18	9	4	4	42	359
Infraestructura portuaria	2	6	2	0	1	11	141
Inmobiliario	81	112	103	74	29	399	1.729
Instalaciones fabriles varias	9	13	4	12	3	41	544
Minería	66	53	43	54	23	239	1.754
Otros	53	29	22	26	7	137	1.501
Pesca y acuicultura	13	24	17	35	9	98	3.694
Planificación territorial/inmobiliarios zonas	0	0	0	0	0	0	683
Saneamiento ambiental	34	44	32	38	17	165	3.262
Totales	363	430	409	502	216	1920	16704

aDestacados los tres sectores con más proyectos en cada columna.

bHasta julio 2022.

Fuente: Construido a partir información del SEIA en línea.

Anexo 2.6. Inversiones de proyectos aprobados en el marco del SEIA, con EIA, por sector productivo. Periodo 2018-2022 y acumulado 1997-2022 (millones de US$).

Sector	2018	2019	2020	2021	2022	Total 2018-2022	Total 1997-2022
Agropecuario	0	0	0	0	0	0	523,500
Energía	3.236,862	1.318,500	844,173	1.585,380	745,000	7729,915	40.262,995

Equipamiento	10,000	0	0	0	0	10	36,561
Forestal	0	0	0	0	0	0	5.475,600
Infraestructura de transporte	0	1.100,000	1.134,465	2.528,000	0	4762,465	8.719,834
Infraestructura hidráulica	670,000	49,110	214,500	18,600	0	952,21	6.589,543
Infraestructura portuaria	500,000	240,000	120,000	0	0	860	4.117,206
Inmobiliario	195,000	92,000	360,000	110,000	12,000	769	2.265,855
Instalaciones fabriles varias	0	1,500	0	0	0	1,5	2.585,020
Minería	9.417,700	1.253,000	1.759,000	6.160,000	0	18589,7	76.301,967
Otros	0	0	63,846	0	111,200	175,046	4.935,863
Pesca y acuicultura	0	0	0	0	0	0	86,130
Planificación territorial/inmobiliarios zonas	0	0	0	0	0	0	0,000
Saneamiento ambiental	188,660	0	55,500	50,000	0	294,16	3.953,266
Totales	14.218,222	4.054,11	4.551,484	10.451,98	868,2	34143,996	155.853,340

aDestacados los tres sectores con mayor inversión en cada columna.

bHasta julio 2022. **Fuente**: SEA en línea.

Anexo 2.7. Inversiones de proyectos aprobados en el marco del SEIA, con **DIA**, por sector productivo. Periodo 2018-2022 y acumulado 1997-2022 (millones de US$).

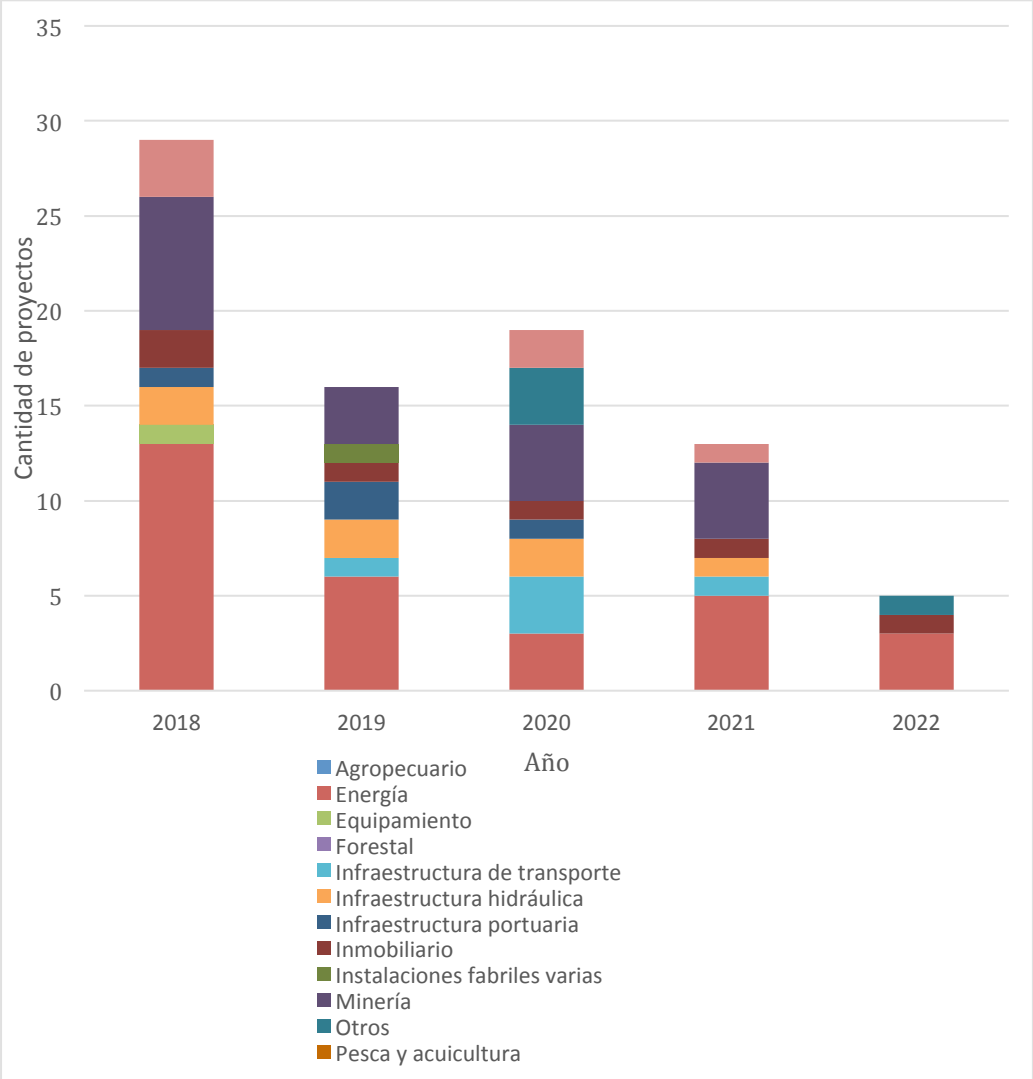
Sector	2018	2019	2020	2021	2022	Total 2018-2022	Total 1997-2022
Agropecuario	177,760	141,231	110,985	148,865	101,695	680,536	2.248,777
Energía	2.708,372	3.531,970	5.875,535	7.275,756	2.705,350	22096,983	99.246,483
Equipamiento	0	0	10,000	19,800	0	29,8	1.398,495
Forestal	0,750	32,159	55,800	2,000	1,000	91,709	1.918,678
Infraestructura de transporte	1.159,162	56,115	30,585	133,000	0	1378,862	8.382,979
Infraestructura hidráulica	28,656	111,135	8,016	34,432	6,246	188,485	1.593,191
Infraestructura portuaria	37,800	216,184	18,600	0	16,200	288,784	2.360,829
Inmobiliario	2.397,216	4.458,709	5.003,282	2.784,437	1.295,664	15939,308	43.558,619
Instalaciones fabriles varias	149,262	162,720	60,360	333,541	21,269	727,152	10.866,253
Minería	2.701,531	1.780,772	1.381,251	2.619,267	1.523,202	10006,023	45.152,277

Otros	1.684,756	399,824	141,849	846,002	210,990	3283,421	12.906,474
Pesca y acuicultura	87,537	343,300	42,601	148,718	23,013	645,169	6.181,169
Planificación territorial/inmobiliarios zonas	0	0	0	0	0	0	79,398
Saneamiento ambiental	208,844	183,191	223,957	349,206	469,175	1434,373	10.975,041
Totales	11341,646	11417,31	12962,821	14695,024	6373,804	56790,605	246868,663

aDestacados los tres sectores con mayor inversión en cada columna.

bHasta julio 2022. **Fuente**: SEA en línea.

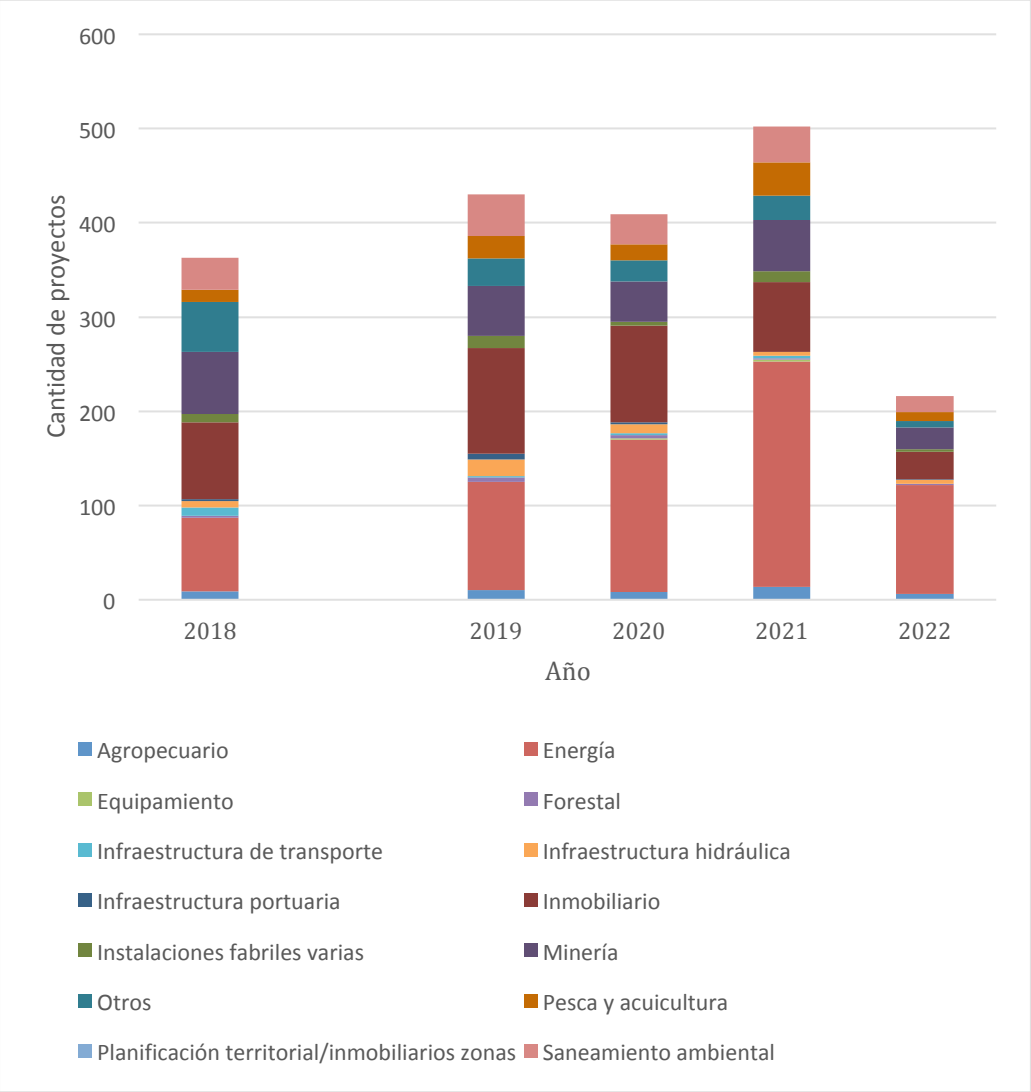
Anexo 2.8. Distribución sectorial de proyectos con EIA aprobados. Periodo 2018-2022.



aDatos considerados hasta 01 de julio de 2022.

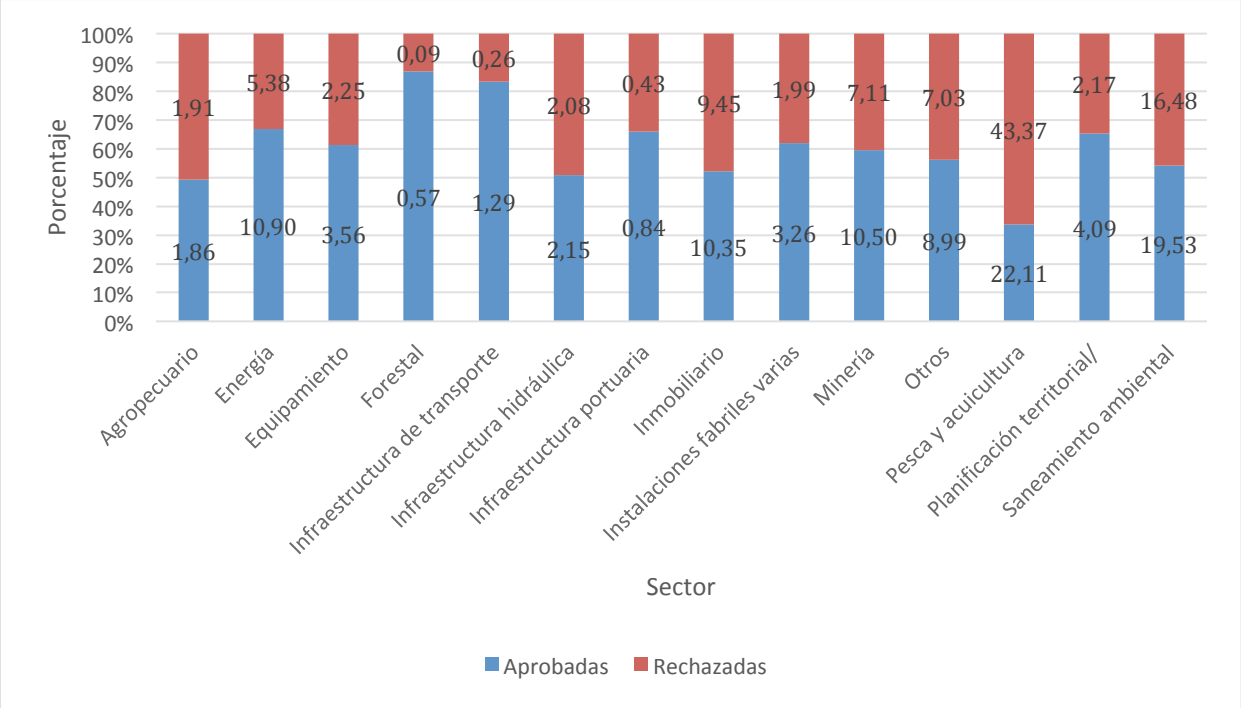
Fuente: Construido a partir datos del SEA en línea, julio de 2022.

Anexo 2.9. Distribución sectorial de proyectos con DIA aprobados. Periodo 2018-2022.



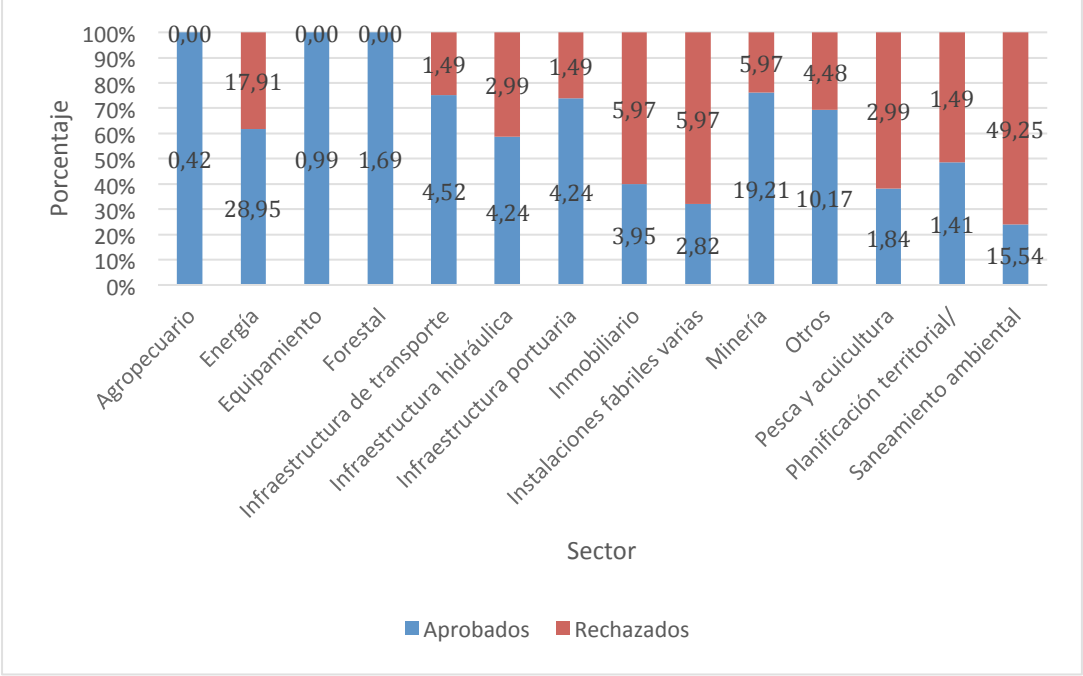
Fuente: Elaboración propia a partir datos del SEA, 2022.

Anexo 2.10. Porcentaje de Declaraciones de Impacto Ambiental aprobadas y rechazadas, por sector productivo. Período 1997-2022.



Fuente: Elaboración propia a partir datos del SEA, 2022.

Anexo 2.11. Porcentaje de Estudios de Impacto Ambiental aprobados y rechazados, por sector productivo. Período 1997-2022.



Fuente: Elaboración propia a partir datos del SEA, 2022.

7.3. Anexo 3. Funciones y atribuciones de la Superintendencia del Medio Ambiente

a) Fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas, condiciones y medidas establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental, sobre la base de las inspecciones, controles, mediciones y análisis que se realicen, de conformidad a lo establecido en esta ley.

b) Velar por el cumplimiento de las medidas e instrumentos establecidos en los Planes de Prevención y,o de Descontaminación Ambiental, sobre la base de las inspecciones, controles, mediciones y análisis que se realicen de conformidad a lo establecido en esta ley.

c) Contratar las labores de inspección, verificación, mediciones y análisis del cumplimiento de las normas, condiciones y medidas de las Resoluciones de Calificación Ambiental, Planes de Prevención y,o de Descontaminación Ambiental, de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, cuando correspondan, y de los Planes de Manejo, cuando procedan, a terceros idóneos debidamente certificados (…).

d) Exigir, examinar y procesar los datos, muestreos, mediciones y análisis que los sujetos fiscalizados deban proporcionar de acuerdo a las normas, medidas y condiciones definidas en sus respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental o en los Planes de Prevención y,o de Descontaminación que les sean aplicables.

e) Requerir de los sujetos sometidos a su fiscalización y de los organismos sectoriales que cumplan labores de fiscalización ambiental, las informaciones y datos que sean necesarios para el debido cumplimiento de sus funciones, de conformidad a lo señalado en la presente ley (…).

f) Establecer normas de carácter general sobre la forma y modo de presentación de los antecedentes a que se refieren los dos literales anteriores.

g) Suspender transitoriamente las autorizaciones de funcionamiento contenidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental o adoptar otras medidas urgentes y transitorias para el resguardo del medio ambiente, cuando la ejecución u operación de un proyecto o actividad genere un daño grave e inminente para el medio ambiente, a consecuencia del incumplimiento grave de las normas, medidas y condiciones previstas en dichas resoluciones.

h) Suspender transitoriamente las autorizaciones de funcionamiento contenidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental o adoptar otras medidas urgentes y transitorias, para el resguardo del medio ambiente, cuando la ejecución u operación de los proyectos o actividades, genere efectos no previstos en la evaluación y como consecuencia de ello se pueda generar un daño inminente y grave para el medio ambiente.

i) Requerir, previo informe del Servicio de Evaluación, mediante resolución fundada y bajo apercibimiento de sanción, a los titulares de proyectos o actividades que conforme al artículo 10 de la ley Nº 19.300, debieron someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y no cuenten con una Resolución de Calificación Ambiental, para que sometan a dicho sistema el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental correspondiente.

j) Requerir, previo informe del Servicio de Evaluación, mediante resolución fundada y bajo apercibimiento de sanción, a los titulares de Resoluciones de Calificación Ambiental, que sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, las modificaciones o ampliaciones de sus proyectos o actividades que, conforme al artículo 10 de la ley Nº 19.300, requieran de una nueva Resolución de Calificación Ambiental.
k) Obligar a los proponentes, previo informe del Servicio de Evaluación Ambiental, a ingresar adecuadamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental cuando éstos hubiesen fraccionado sus proyectos o actividades con el propósito de eludir o variar a sabiendas el ingreso al mismo, sin perjuicio de lo señalado en el inciso segundo del artículo 11 bis de la ley Nº 19.300.

l) Requerir al Servicio de Evaluación Ambiental, la caducidad de una Resolución de Calificación Ambiental, cuando hubieren transcurrido más de cinco años sin que se haya iniciado la ejecución del proyecto o actividad autorizada y en los demás casos en que, atendida la magnitud, gravedad, reiteración o efectos de las infracciones comprobadas durante su ejecución o funcionamiento, resulte procedente.

m) Requerir a los titulares de fuentes sujetas a un Plan de Manejo, Prevención y,o Descontaminación, así como a Normas de Emisión, bajo apercibimiento de sanción, la información necesaria para acreditar el cumplimiento de las medidas de los respectivos planes y las obligaciones contenidas en las respectivas normas.

n) Fiscalizar el cumplimiento de las leyes, reglamentos y demás normas relacionadas con las descargas de residuos líquidos industriales.

ñ) Impartir directrices técnicas de carácter general y obligatorio, definiendo los protocolos, procedimientos y métodos de análisis que los organismos fiscalizadores, las entidades acreditadas conforme a esta ley y, en su caso, los sujetos de fiscalización, deberán aplicar para el examen, control y medición del cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental y de Emisión.

o) Imponer sanciones de conformidad a lo señalado en la presente ley.

p) Administrar un mecanismo de evaluación y certificación de conformidad, respecto de la normativa ambiental aplicable y del cumplimiento de las condiciones de una autorización de funcionamiento ambiental (…).

q) Proporcionar información y absolver las consultas del Ministerio del Medio Ambiente y de los organismos con competencia en fiscalización ambiental, para la elaboración de las normas técnicas que correspondan.

r) Aprobar programas de cumplimiento de la normativa ambiental de conformidad a lo establecido en el artículo 42 de esta ley.

s) Dictar normas e instrucciones de carácter general en el ejercicio de las atribuciones que le confiere esta ley. La normativa que emane de la Superintendencia deberá ser sistematizada de tal forma de facilitar el acceso y conocimiento de la misma.

t) Fiscalizar el cumplimiento de las demás normas e instrumentos de carácter ambiental, que no estén bajo el control y fiscalización de otros órganos del Estado.

u) Proporcionar asistencia a sus regulados para la presentación de planes de cumplimiento o de reparación, así como para orientarlos en la comprensión de las obligaciones que emanan de los instrumentos individualizados en el artículo 2º de esta ley.

v) Administrar un mecanismo de evaluación y verificación de cumplimiento respecto de criterios de sustentabilidad y contribución a la protección del patrimonio ambiental del país, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 48 ter de la ley N° 19.300, así como de excedencias, reducciones o absorciones de emisiones obtenidas mediante la implementación de proyectos realizados al efecto (…).

w) Administrar un mecanismo de evaluación y verificación de cumplimiento, respecto de criterios de sustentabilidad y contribución a la protección del patrimonio ambiental del país, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 48 ter de la ley Nº 19.300 (…).

w) Las demás funciones y atribuciones que le asigne la ley.

Fuente: Ley N° 20.417, 2010.

7.4. Anexo 4. Cuadros asociados a la Justicia Ambiental

Anexo 4.1. Fallos por reclamaciones de ilegalidad del Tribunal Ambiental de Santiago. Período 2013-2022.

Año	Acogidas	Acogidas parcialmente	Rechazadas	Desiertas	Inadmisibles	No se pronuncia	Desistidos	No ha lugar	Invalida la sentencia	Total	Sometidos a la Corte Suprema [51]
2013	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0
2014	6	4	5	0	0	0	0	0	0	15	2
2015	5	2	8	0	0	0	0	0	0	15	6
2016	5	1	17	2	0	0	0	0	0	25	6
2017	6	2	26	1	2	0	0	0	0	37	13
2018	6	2	19	0	0	1	2	1	0	31	13
2019	10	2	10	0	5	0	1	0	0	28	13
2020	6	4	21	0	0	1	0	0	1	33	12
2021	11	6	18	0	3	0	0	0	0	38	13
2022	10	4	16	0	4	0	0	0	0	34	7
Total periodo	67	27	141	3	14	2	3	1	1	259	85
(%)	25,87	10,42	54,44	1,16	5,41	0,77	1,16	0,39	0,39	100	--

Fuente: Elaboración propia a partir del Segundo Tribunal Ambiental, 2022.

Anexo 4.2. Fallos de demandas por daño ambiental del Tribunal Ambiental de Santiago. Período 2013-2022.

Año	Acogidas	Rechazadas	Inadmisibles	Desiertas	Transacción	Avenimiento	Conciliación	Total	Sometidos a la Corte Suprema [52]

[51] Se incluyen dentro del total de fallos.
[52] Idem.

2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	1	0	0	0	1	0	1	3	0
2015	2	2	0	2	0	0	0	6	2
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	2	3	0	0	0	0	0	5	1
2018	8	1	0	0	1	0	0	10	3
2019	1	1	1	0	0	0	1	4	3
2020	1	0	0	0	0	0	1	2	0
2021	1	0	2	0	0	2	2	7	3
2022	0	2	1	0	0	1	0	4	1
Total periodo	16	9	4	2	2	3	5	41	13
Porcentaje	39,02	21,95	9,76	4,88	4,88	7,32	12,20	100	-

Fuente: Elaboración propia a partir del Segundo Tribunal Ambiental, 2022.

Anexo 4.3. Resoluciones por solicitudes de la Superintendencia de Medio Ambiente ingresadas al Tribunal Ambiental de Santiago. Período 2013-2022.

Año	Autoriza	Autoriza parcialmente	Rechazadas	Total
2013	3	0	2	5
2014	4	0	1	5
2015	8	2	0	10
2016	29	0	4	33
2017	5	0	2	7
2018	3	0	0	3
2019	3	0	0	3
2020	0	0	0	0
2021	4	0	0	7
2022	7	0	0	0

Total periodo	66	2	9	73
Porcentaje	90,41	2,74	12,33	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir del Segundo Tribunal Ambiental, 2022.

7.5. Anexo 5. Permisos y pronunciamientos ambientales según OAECA responsable

N°	Tipo de permiso o pronunciamiento	Permiso o Pronunciamiento	OAECA
1	PAS de contenido únicamente ambiental	PAS 111	Autoridad marítima
2		PAS 112	
3		PAS 113	
4		PAS 114	
5		PAS 115	
6		PAS 116	SUBPESCA
7		PAS 117	
8		PAS 118	
9		PAS 119	
10		PAS 120	CMN
11		PAS 121	SERNAGEOMIN
12		PAS 122	
13		PAS 123	SAG
14		PAS 124	
15		PAS 125	MINSAL
16		PAS 126	
17		PAS 127	CONAF
18		PAS 128	
19		PAS 129	
20		PAS 130	DGA
21	PAS mixto	PAS 131	CMN
22		PAS 132	
23		PAS 133	
24		PAS 134	CCHEN
25		PAS 135	SERNAGEOMIN
26		PAS 136	
27		PAS 137	
28		PAS 138	SEREMI de Salud
29		PAS 139	
30		PAS 140	
31		PAS 141	
32		PAS 142	
33		PAS 143	
34		PAS 144	

N°	Tipo de permiso o pronunciamiento	Permiso o Pronunciamiento	OAECA
35		PAS 145	
36		PAS 146	SAG
37		PAS 147	
38		PAS 148	CONAF
39		PAS 149	
40		PAS 150	
41		PAS 151	
42		PAS 152	
43		PAS 153	
44		PAS 154	DGA
45		PAS 155	
46		PAS 156	
47		PAS 157	
48		PAS 158	
49		PAS 159	DGOP
50		PAS 160	SEREMI Agricultura y SEREMI Salud
51	Pronunciamiento	PAS 161	SEREMI MINVU

Fuente: Elaboración propia a partir del Decreto Supremo N° 40, 2022.



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

PROPUESTA DE CAMBIOS SUBSTANTIVOS AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO



FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País

Estado del medio ambiente y del patrimonio natural:

PROPUESTA DE CAMBIOS SUBSTANTIVOS AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO

Autores:
Sergio Galilea, Gustavo Orrego-Méndez, Beatriz Pogorelow, José Leal, César Morales, Antonio Lara, Rocío Urrutia-Jalabert, Alejandro Miranda, Mauro González, Carlos Zamorano-Elgueta, Fabián M. Jaksic, Daniella Mella, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, Erika López, René Saa, Leandro Espíndola, Emilia Ovalle, Camila Inés Cortes, Valentina Escanilla.

FACULTAD DE GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN
Director Sergio Galilea O.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN
Gustavo Orrego M.
Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

CUARTA PARTE: PROPUESTA DE CAMBIOS SUBSTANTIVOS AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO

Sergio Galilea, Gustavo Orrego-Méndez, Beatriz Pogorelow, José Leal, César Morales, Antonio Lara, Rocío Urrutia-Jalabert, Alejandro Miranda, Mauro González, Carlos Zamorano-Elgueta, Fabián M. Jaksic, Daniella Mella, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, Erika López, René Saa, Leandro Espíndola, Emilia Ovalle, Camila Inés Cortes, Valentina Escanilla.

Coordinación: **Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: **Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE **4**

PREFACIO **6**

AGRADECIMIENTOS **8**

CUARTA PARTE: PROPUESTA DE CAMBIOS SUBSTANTIVOS AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO **10**

1. PROPUESTA DE CAMBIO ESTRUCTURAL AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO PARA GENERAR UN GRAN IMPULSO A LA SUSTENTABILIDAD **10**

1.1. La necesidad urgente de modificaciones sustantivas del modelo de desarrollo prevaleciente *10*

1.2. Los desafíos del necesario nuevo desarrollo productivo nacional y regional: las interrelaciones productivas virtuosas y la dimensión ambiental del estilo de desarrollo futuro *14*

2. PROPUESTAS POR COMPONENTE AMBIENTAL **16**

2.1. Aire *16*

2.1.1. Visión 16

2.1.2. Principios 17

2.1.3. Ejes, objetivos y medidas 18

2.1.4. Propuesta constitucional 20

2.2. Aguas continentales *22*

2.2.1. Políticas para incrementar la disponibilidad de aguas 22

2.2.2. Propuesta constitucional e institucional 28

2.3. Bosques nativos *28*

2.3.1. Propuestas de Políticas Públicas 28

2.3.2. Propuesta constitucional 32

2.4. Biodiversidad *33*

2.4.1. Propuesta constitucional 36

2.5. Tierras *37*

2.5.1. Propuesta constitucional 40

2.6. Ecosistemas marinos y del borde costero *41*

2.6.1. Propuesta constitucional 43

2.7. Minería *44*

2.7.1. Propuesta constitucional 45

2.8. Asentamientos humanos *46*

2.8.1. Propuesta constitucional 48

2.9. Energía *49*
2.9.1. Propuesta constitucional 52
2.10. Desastres socionaturales *52*
2.11. Gestión ambiental *54*
2.11.1. Visión 54
2.11.2. Principios 54
2.11.3. Ejes y objetivos estratégicos 55
2.12. BIBLIOGRAFÍA *57*

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el "Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999". A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del "Panorama Global del Medio Ambiente" (Global Enviromental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre "Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad", la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

A **todos y todas las autoras del Informe y sus capítulos.**

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes

señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

CUARTA PARTE: PROPUESTA DE CAMBIOS SUBSTANTIVOS AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO

1. PROPUESTA DE CAMBIO ESTRUCTURAL AL ESTILO DE DESARROLLO CHILENO PARA GENERAR UN GRAN IMPULSO A LA SUSTENTABILIDAD

Mediante el presente **Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2022**, se pudo contextualizar la crisis climática y ecológica en la que nos encontramos. Los hallazgos a la fecha indican que se ha acentuado la problemática medioambiental nacional hacia niveles críticos, existiendo una urgencia de adoptar "cambios substantivos" en las dinámicas de desarrollo prevalecientes en el país.

En la presente sección se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental. Esta propuesta toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones) y segunda (estado por bien de la naturaleza). Se enfatiza el modo en que se propone tratar la estructural escasez, cobertura y calidad del agua, la crisis y cambios irreversibles sobre la biodiversidad, la transición energética hacia una matriz no convencional, el debate sobre los combustibles del futuro y la necesidad de reorientar nuestros modelos productivos.

1.1. La necesidad urgente de modificaciones sustantivas del modelo de desarrollo prevaleciente

Los resultados obtenidos del presente y de los anteriores Informes País, nos muestra algunas tendencias principales, como:

a) Agudización de las problemáticas ambientales, tomando especial relevancia la situación actual del recurso hídrico, cada vez más escaso para el consumo humano, servicios básicos sanitarios, agricultura y para los ecosistemas.

b) Pérdida de biodiversidad e impacto irreversible en ecosistemas naturales terrestres y marinos. Se trata de un fenómeno central en la cuestión ambiental, que afecta la calidad de vida de las poblaciones humanas y no humanas.

c) Descarbonización de la producción energética aún insuficiente y con innovaciones de nuevas variantes de producción eólicas y solares, que aún no adquieren la relevancia porcentual deseable en la matriz energética general.

d) Crecimiento de un conjunto de actividades productivas en base a recursos naturales, las que siguen mostrando un extractivismo dominante, siendo más bien excepcionales las innovaciones ambientales de mayor sustentabilidad.

e) Dificultades de políticas públicas coherentes y sistemáticas con un débil trabajo inter-agencial público, que hace que no se desplieguen las propuestas transformadoras en todas sus fortalezas potenciales. El trabajo en equipo de los entes públicos, que se ha manifestado adecuadamente en tiempos de crisis muy fuertes, debería ser "la norma y no la excepción".

f) Problemas e insuficiencias de la asociatividad público-privada que constituyen un fundamento esencial para políticas, programas y acciones claves en el desarrollo ambiental y sustentable en Chile.

g) Descentralización incipiente en un Chile con tan marcadas diferencias territoriales sustantivas en lo ambiental. Debe reconocerse las particularidades ambientales de los territorios y valorarse a los gobiernos subnacionales (Gobiernos Regionales y Municipios) como entidades favorecedoras de una acción ambiental concreta, efectiva y monitoreable.

h) Aumento en la ocurrencia y magnitud de desastres socio-naturales asociados a aluviones, incendios forestales, marejadas.

Este conjunto de tendencias ambientales fomenta la idea de que, sin efectuar cambios al modelo de desarrollo prevaleciente en Chile, difícilmente se podrá alcanzar una mayor sustentabilidad. Este es un cambio que exige consensos y mayorías sociales duraderas y de largo aliento. Un cambio que esté fundado en el análisis científico pormenorizado de los problemas y las estrategias de solución. Una modificación a nuestro patrón económico que incorpore lo ambiental en el

centro de la acción pública y de la asociación con privados. Una alteración efectiva de nuestros esquemas institucionales hacia entidades subnacionales que hagan del proceso descentralizador una cuestión vital del desarrollo nacional.

Es evidente que un cambio de la magnitud y calidad del señalado requiere claridad estratégica, sostén político y social, base de conocimiento de los graves problemas y de las alternativas científico tecnológica que se presentan, fuerte coherencia de la acción gubernamental, la asociación paralela esencial con los equilibrios fiscales, renovadas estructuras presupuestarias, un enfoque de trabajo de equipo gubernamental integrado de alto nivel y una cartera de proyectos precisa y con un cronograma a cumplir y monitorear.

Esta acción gubernamental (y hasta estatal) coherente, específica y transformadora, sólo se llevará a cabo si el sector privado-productivo colabora y está dispuesto a una "asociación público-privada" superior a la que hemos tenido en el ámbito de la infraestructura y de los servicios fundamentales para la población. El mundo de la inversión debe asumir que las nuevas formas de "producción limpia", que la diversificación energética hacia modalidades no fósiles, que el ahorro y las nuevas fuentes de agua (p. ej. plantas de desalinización, cosechas de aguas lluvia, reusó de aguas servidas), que la mantención de los equilibrios ecosistémicos y que una nueva producción agrícola y alimentaria, se han de constituir en buenos negocios donde se asocia la rentabilidad privada con la pública.

El sentido y la orientación del cambio esencial en el desarrollo es la base de las propuestas de políticas públicas que se derivan del presente "**Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2022**", documento el cual busca concentrarse en los requerimientos urgentes de corto plazo, que tienen como horizonte esta década hasta 2030, en que la sociedad y la economía chilena sean capaces de enfrentar desafíos de cambio esenciales para la dirección estratégica señalada. Se trata de un cambio cualitativo destinado a modificar tendencias pasadas y dirigido a abrir un campo de innovaciones y transformaciones tecnológicas y productivas de gran magnitud. Cambio que implica la adopción de políticas y acciones públicas que variarán esencialmente lo actual, abriéndose a la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) como criterio fundamental. Estas fuerzas transformadoras implicarán la adopción de nuevas formas tecnológicas, proyectos de cambio fundamentales en la totalidad de las actividades productivas y una relación con los ecosistemas naturales de nuevo estilo y contenido.

En lo fundamental, esta nueva estrategia de desarrollo nacional requiere los siguientes énfasis ambientales principales:

a) **Una nueva concepción del desarrollo de los ecosistemas naturales**, particularmente los que muestran condiciones de alta fragilidad, destinada a formas productivas sustentables, donde coexistan la producción innovativa con la conservación ambiental esencial. Ello implica avanzar en una concepción y una práctica empresarial de "nuevo tipo" donde los equilibrios ecosistémicos sean la garantía del desarrollo de largo plazo. Esta nueva mirada empresarial de "largo aliento" implica apostar decididamente por el desarrollo en el largo plazo y evitar a toda costa hipotecar nuestras riquezas naturales propias, evitando así una "tragedia de los comunes" (Hardin, 1968). Ello supondrá avanzar en la mantención de los equilibrios de las especies que conforman nuestra actual biodiversidad entendidos como riqueza central del desarrollo futuro. Aquello implica "apostar" en el largo plazo a la innovación con respeto ambiental y arreglos institucionales eficientes para administrar, proteger y conservar el medio ambiente (Ostrom, 1990). También, comportará modificación hacia la integración de las actividades productivas que sean capaces de generar *clusters* productivos en los territorios, generando una nueva base económica para el desarrollo territorial chileno. La superación de los desarrollos productivos compartimentados en pos de la integración productiva en el territorio será una de las claves a ser construidas, como fundamentos de un nuevo Chile regional y local.

b) **Optar por una nueva matriz energética nacional con énfasis en aumentar la presencia de las producciones eólicas y solares en el conjunto de nuestra geografía y territorios**. Naturalmente ello implica acelerar el término de las productoras energéticas basadas en combustibles fósiles, idealmente en el marco de esta década, con una programación ajustada y precisa, de reemplazo por estas energías renovables, en el marco de una interconexión energética nacional total. La energía renovable debería estar en la base del estilo de desarrollo chileno futuro. Se requerirá adicionalmente estar en línea con los avances científicos y tecnológicos que permitan las rebajas de los costos unitarios en la producción y la distribución en el sistema unificado eléctrico nacional. Ello será posible sobre la base de asociaciones con entes privados y gubernamentales con países en donde dichas tecnologías están a la vanguardia.

c) **Los avances esenciales y decisivos en materia de acceso al agua que incorporen todas las formas de mejoramiento al abastecimiento superficial posible**, las alternativas para embalsar agua, el fortalecimiento de las napas subterráneas y el acceso a las tecnologías para la desalinización del agua oceánica como la alternativa fundamental de abastecimiento futuro. Ello requerirá un amparo constitucional, legal y reglamentario para el uso del recurso hídrico bajo dirección pública que

incorpore una prioridad clara para el abastecimiento humano, para el regadío agrícola (la consecuente protección de la seguridad alimentaria), y las actividades industriales y mineras estratégicas. Las plantas oceánicas en toda la extensión de nuestro extenso litoral serán parte esencial del desafío de largo plazo para dotar al conjunto de la población y las actividades productivas del recurso en oportunidad y calidad suficientes.

d) **En vínculo con lo anterior, Chile debe dar pasos coherentes para la producción del hidrógeno verde como combustible del futuro**. Con energías renovables y abundantes y dotados de las tecnologías adecuadas (en asociación internacional con participación del Estado), y en puntos productivos a lo largo de todo nuestro litoral, se debe optar por la separación electrolítica de las moléculas del hidrógeno del agua, almacenarlo y usarlo paulatinamente en el mercado interno y difundiendo nuestra capacidad exportadora. Esta nueva relación entre energía, agua y combustibles, en el marco de un respeto fundamental por nuestros ecosistemas naturales, fundamenta un desarrollo de "nuevo tipo" para el país. No es solo una apuesta en el largo plazo, es algo que se construye desde ahora.

1.2. Los desafíos del necesario nuevo desarrollo productivo nacional y regional: las interrelaciones productivas virtuosas y la dimensión ambiental del estilo de desarrollo futuro

Los esfuerzos productivos del nuevo estilo de desarrollo requerirán de esfuerzos innovadores en el conjunto de las actividades productivas, en la actitud de consumo de la población y en las acciones ahorrativas y austeras del conjunto de la sociedad en un ambiente de solidaridad y cooperación colectiva.

Este alineamiento productivo deberá, a lo menos, avanzar en las siguientes direcciones principales:

a) **El uso a plenitud de los nuevos fundamentos energéticos, de agua y de combustibles establecidos en la categoría de análisis anterior**. Ello irá asegurando las suficientes "economías de producción" que son la base del desarrollo sostenido en el tiempo. La contribución al uso razonable de los insumos productivos energéticos contribuirá de paso a la disminución constante de los gases de efecto invernadero (GEI) y asegurará el cumplimiento de los objetivos internacionales comprometidos por Chile. En esos campos Chile debe aspirar a desempeñar un rol responsable en el marco internacional, principalmente en la región. En una década deben estar sentadas las bases de estos nuevos fundamentos del desarrollo futuro, que implican de hecho una "nueva forma" de asumir nuestro territorio, sus ecosistemas principales y la integración productiva.

b) **Las nuevas formas productivas significarán grandes esfuerzos de renovación tecnológica en todas las esferas de la producción**. En la extracción y operación minera, en la agricultura y ganadería, en la acuicultura, en las actividades agroindustriales y en la producción manufacturera. La nueva lógica productiva implicará reducir al máximo la huella de carbono y huella ecológica y fomentará el uso de energías renovables.

c) **Se deben aumentar los "encadenamientos productivos" de modo que las actividades se entrelacen virtuosamente, con las consiguientes economías productivas**. Esto debe estar a la base de una política de crecientes clusters productivos, como fundamentos del desarrollo inclusivo territorial de largo plazo. En cada macro territorio deben establecerse las particulares especializaciones productivas, siempre fundadas en adecuada energía, agua disponible, infraestructura, conectividad y carteras de proyectos productivos integrados.

d) **Debe imponerse una planificación descentralizada, generando condiciones sustentables en favor de las consiguientes especializaciones económicas en cada territorio**. Los procesos más avanzados de descentralización e institucionales deben contribuir poderosamente al efecto. El desarrollo productivo nacional será el resultado de estos múltiples (y ojalá integrados) sistemas productivos en cada región del país. En el Norte Grande ya se puede observar un tipo de desarrollo minero fundado en agua oceánica segura, en energías solares de gran magnitud y eventualmente en la naciente producción energética del hidrógeno verde. Se están sentando las bases de un desarrollo regional de nuevo cuño, que permita un desarrollo minero con mayor valor agregado y una diversificación productiva. Es como el cambio que el embalse Chironta en el valle de Yuta implica en la región de Arica y Parinacota, para acentuar el desarrollo agropecuario diversificado y de calidad para la producción nacional e internacional. Otro tanto ocurre con los avances de proyectos de hidrógeno verde en la región de Magallanes, que están destinados a modificar definitivamente los desarrollos productivos patagónicos tradicionales. No son nuevos "enclaves productivos" sino nuevas relaciones productivas integradas en el territorio.

e) **Todo lo anterior supone avanzar decididamente en alianzas estratégicas público-privadas**, en las que predominen las confianzas mutuas y los compromisos de largo aliento. Este tipo de asociatividad que Chile ha conocido de modo virtuoso en general en materia de infraestructura, deben extenderse al conjunto de los ámbitos productivos. Los nuevos desarrollos y emprendimientos productivos irán estableciendo una trayectoria futura de igualación de beneficios privados y sociales en el tiempo. Sin este concurso privado innovador, tecnológico y desafiante, es imposible sostener el desarrollo productivo propuesto. Ello deberá complementarse con la innovación para asociaciones productivas del tipo de sociedades mixtas, con concesiones de largo aliento a los privados y con compromisos mutuos muy exigentes para el cuidado de los ecosistemas naturales particularmente frágiles.

2. PROPUESTAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

En la presenta sección se presentan las propuestas de cambios y acciones innovadoras por componente medioambiental: **1)** aire; **2)** aguas continentales; **3)** bosques nativos; **4)** biodiversidad; **5)** tierras; **6)** ecosistemas marinos y borde costero; **7)** minería; **8)** asentamientos humanos; y **9**) energía. Además, se agregan un conjunto de propuestas para: **a)** reducción del riesgo de desastres socionaturales; y **b)** fortalecer la gestión ambiental.

2.1. Aire

En el presente apartado se proponen una serie de elementos que deberían formar parte de una futura propuesta de política pública para la calidad del aire.

2.1.1. Visión

Una futura propuesta pública para la adecuada calidad del aire (PCA), debiese orientar el conjunto de acciones estatales para reducir los niveles de contaminación atmosférica del país, propiciando así una mejor calidad de vida para los habitantes del territorio nacional. Además, debiese definir y gestionar un conjunto de ejes estratégicos para establecer una norma evaluativa y transparente frente a los niveles de contaminación atmosférica que existen en el país, enfocándose en lograr posicionarse por debajo de los estándares internacionales a través de políticas públicas acordes al contexto nacional.

Para ello, se requiere un uso eficiente de recursos que puedan entregar datos cuantitativos y cualitativos, sobre el estado de la calidad en las diferentes regiones y sobre los efectos que la contaminación atmosférica genera en la salud de la población.

Resulta indispensable realizar las modificaciones para contar con un marco normativo de la calidad del aire, destinado a promover la reducción de la contaminación por debajo de los estándares definidos internacionalmente e integrando adecuadamente las dimensiones social, económica y ambiental de los diferentes territorios del país.

A la par, se requiere fortalecer la institucionalidad pública en materia de calidad de aire para que sea, proactiva, eficaz y eficiente, responsable de conducir adecuadamente la política de calidad de aire. Donde la labor que tiene el Estado de forma activa en la formulación, implementación y evaluación de políticas va acorde a la realidad del país.

Las acciones de una futura PCA deben ser impulsadas mediante políticas públicas concebidas de forma participativa, estratégica y transparente, entre los diferentes actores sociales (públicos, privados y sociedad civil) pertenecientes a las diferentes escalas territoriales.

2.1.2. Principios

La constitución chilena dispone que el Estado debe asegurar y encargarse de que todas las personas tengan el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.

Teniendo en cuenta que el aire de Chile es uno de los más contaminados a nivel latinoamericano, el cual excede la norma tanto nacional como internacional, es que el Estado debe liderar la realización de un conjunto de acciones intersectoriales dirigidas a disminuir los niveles de contaminación del aire en el país.

La definición de un marco de principios busca la generación de propuestas coherentes con las necesidades del territorio nacional y los estándares internacionales.

Se propone como primer principio la **transparencia**, bajo la cual el Estado deberá facilitar el acceso oportuno y adecuado a la información sobre calidad del aire. Incluyendo la información cuantitativa y cualitativa, así como, los mecanismos para la obtención y manipulación de la misma.

A la par, se encuentra la **gradualidad,** principio que considera una materialización paulatina de las acciones asociadas al mejoramiento de la calidad del aire, las que se deben desarrollar en el tiempo y por etapas, permitiendo realizar los ajustes institucionales, normativos e instrumentales necesarios para su ejecución. El periodo propuesto para los cambios es al 2030.

El principio de **participación** permitirá velar por la interacción y trabajo de los diferentes actores, tanto de las instituciones y empresas como también de la ciudadanía, en el rol de diseñar, ejecutar y evaluar las medidas dirigidas a disminuir la contaminación del aire.

Las soluciones respecto a la problemática de la contaminación del aire requieren de un accionar conjunto entre los diversos actores, es por ello que se recomienda como principio la **intersectorialidad** en las acciones propuestas, de forma que las instituciones públicas, empresas privadas y organizaciones representantes de la sociedad civil puedan intervenir de forma activa, coordinada y colaborativa en labor de disminuir la contaminación y velar por la salud de la población.

Por otro lado, la **transversalidad** como principio ampliará el rango de visión y el cómo tratar la problemática de la contaminación del aire desde diferentes aristas, generando así una planificación estratégica que considere medidas que trascienden la acción del Ministerio del Medio Ambiente y que logren posicionarse dentro de todas las instituciones y acciones diarias que estas posean.

El principio de **no regresión** será un impedimento al retroceso de los niveles de emisión y calidad del aire establecidos, al determinar que la normativa ambiental no será revisada si ello significa un retroceso en los niveles de protección establecidos.

Finalmente, para velar por la efectividad y aplicabilidad de las propuestas señaladas, se establece el principio de **coherencia**, el cual promueve la elaboración e implementación de instrumentos y acciones congruentes y sinérgicas entre sí.

2.1.3. Ejes, objetivos y medidas

En el **Cuadro 2.1**, se presenta el conjunto de ejes estratégicos, objetivos estratégicos y medidas que conforman a la propuesta de PCA. Este conjunto de ejes no están ordenados según importancia, es decir, cada uno de ellos posee la misma relevancia.

Cuadro 2.1. Ejes estratégicos, objetivos y medidas de la propuesta de policía de calidad del aire.

Eje estratégico	Objetivo estratégico	Medida
1. Sistema de monitoreo representativo, integrado y eficiente que propenda a entregar información de calidad y útil para la toma de decisiones.	**1.1**. Fortalecer las capacidades del personal destinado a validar y unificar el conjunto de datos pertenecientes a las diferentes estaciones de monitoreo de la calidad del aire.	**1.1.a**. Realizar un diagnóstico de las capacidades y conocimientos del personal encargado de la sistematización y validación de los datos.
		1.1.b. Aumentar el personal y nivelar el conocimiento del equipo dedicado a la sistematización y validación de los datos asociados a la calidad del aire.
	1.2. Definir y establecer estaciones de monitoreo representativas para cada una de las comunas del territorio nacional.	**1.2.a.** Determinar las comunas que carecen de estaciones de monitoreo representativas.
		1.2.b. Establecer estaciones representativas en las comunas que carezcan de ellas.
		1.2.c. Reevaluar la categorización de estaciones de monitoreo representativas ya existentes**.**
	1.3. Propiciar instancias ciudadanas de retroalimentación del sistema de monitoreo de la calidad del aire.	**1.3.a.** Incentivar ciclos de acercamiento ciudadano donde se permita ir instalando la lógica de mejora continua, generando compromisos ambientales orientados al cumplimiento de acciones preventivas.
	1.4. Fortalecer los mecanismos de comunicación de la información a la sociedad de forma simple y clara.	**1.4.a.** Diversificar, mediante la incorporación de medios digitales, la distribución de la información a la ciudadanía.
2. Sistema normativo actualizado y validado internacionalmente que proteja la salud de las personas.	**2.1.** Actualizar periódicamente y crear nuevas normas de calidad del aire nacionales, alcanzando gradualmente los estándares de la Organización Mundial de la Salud para reducir los niveles de contaminación atmosférica.	**2.1.a.** Realizar trianualmente un análisis comparativo de las normas de calidad del aire a nivel internacional.
		2.1.b. Realizar un análisis de cumplimiento de la normativa nacional y sus efectos en la salud de la población.
		2.1.c. Crear un Comité Intersectorial dedicado al proceso de evaluación y reestructuración de la normativa de la calidad del aire.
		2.1.d. Avanzar en la regulación de nuevos tipos de contaminantes atmosféricos nocivos para la salud de la población por parte del Comité Interministerial.
	2.2. Actualizar los criterios para la dictación de Zonas Saturadas/Latentes, elaboración e implementación de Planes de Prevención y/o Descontaminación Ambiental.	**2.2.a.** Realizar un diagnóstico y análisis comparativo de criterios para la dictación de planes de prevención y/o descontaminación ambiental, o instrumentos similares existentes en otros países.
		2.2.b. Definir un marco de solución y corrección para las potenciales deficiencias identificadas en torno a los instrumentos de gestión de calidad del aire (Zonas Saturadas/Latentes, Planes de Prevención/Descontaminación Ambiental).
3. Sistema de fiscalización robusto, moderno, y eficiente para un adecuado cumplimiento de la normativa de la calidad del aire	**3.1**. Fortalecer la fiscalización de los instrumentos de gestión de calidad del aire, incentivando la articulación y coordinación de los organismos de la administración del Estado con competencia ambiental.	**3.1.a.** Impulsar unidades de fiscalización a nivel territorial que velen por el cumplimiento de los instrumentos de gestión de la calidad del aire.
		3.1.b. Interconectar los sistemas de información para la generación de canales de intercambio de datos entre los distintos organismos.
		3.1.c. Reforzar el procedimiento sancionatorio asociado al incumplimiento

		de los instrumentos de gestión de la calidad del aire.
	3.2. Robustecer y modernizar el soporte tecnológico asociado a las actividades de fiscalización de la calidad del aire.	**3.2.a.** Agilizar el acceso y manejo de datos para el óptimo y temprano desarrollo de las actividades de fiscalización.
		3.2.b. Suscitar el desarrollo de trámites digitales donde se facilite la realización de denuncias por parte de la ciudadanía.
	3.3. Potenciar la capacitación de profesionales dedicados a la fiscalización de los instrumentos de gestión de la calidad del aire.	**3.3.a.** Elaborar guías para el manejo y aplicación de los sistemas de fiscalización de la calidad del aire.
		3.3.b. Realizar talleres destinados a la capacitación de las y los profesionales otorgando herramientas actualizadas para el manejo de datos.
		3.3.c. Generar instancias de retroalimentación para la mejora de los instrumentos y mecanismos de fiscalización.

Fuente: Elaboración propia.

Los ejes planteados buscan ser de utilidad para organismos públicos, privados y aquellas organizaciones pertenecientes a la sociedad civil, enfocados en temas de medio ambiente; para la ciudadanía; y también para cualquier persona o institución que contribuya a la construcción y posicionamiento de políticas que atiendan este problema público.

2.1.4. Propuesta constitucional

Como se ha señalado en otras secciones del presente informe, Chile se encuentra actualmente en un proceso dirigido a la elaboración y posterior votación de un proyecto de nueva Constitución.

Uno de los hitos relevantes de este proceso fue la publicación de la propuesta constitucional elaborada por la Convención Constitucional, el 04 de julio del presente año.

El componente “aire” destacó por formar parte de dos artículos: 105 y 134. El primero de ellos, proponía definir constitucionalmente que “Toda persona tiene derecho al aire limpio durante todo su ciclo de vida”, mientras que el segundo categoriza al aire como un “bien común natural inapropiable”, lo que implicaba que el Estado tenía un deber de preservación, conservación, y restauración al efecto (Convención Constitucional, 2022).

No obstante, el 04 de septiembre, la propuesta constitucional fue rechazada por una amplia mayoría, con una opción “rechazo” que obtuvo el 60,56% de los votos

(SERVEL, 2022). Como consecuencia Chile mantiene la constitución de 1981 que carece de artículos relacionados explícitamente a la calidad del aire.

Pese a que se impuso la opción rechazó, la encuesta realizada por Claves Ipsos (2022), la cual tuvo un universo de 801 encuestados, concluyó que el 74% de los chilenos y chilenas se expresa favorable en que exista una nueva Constitución para el país. Además, el medioambiente se posiciona como el segundo contenido (81%) más importante a formar parte de una eventual nueva constitución (Ipsos, 2022).

Dado el posicionamiento de la dimensión ambiental como uno de los temas a incorporar en la futura propuesta constitucional, es que se propone el incluir el componente "aire" de la siguiente manera:

1. Toda persona tiene derecho a respirar aire limpio durante todo su ciclo de vida. Es deber del Estado regular y promover la gestión de la calidad del aire.
2. El Estado deberá garantizar el acceso a la información sobre los niveles de contaminación atmosférica y sus fuentes.
3. El Estado garantiza la participación de la comunidad en la elaboración y evaluación de las políticas públicas relativas a la calidad del aire.

El artículo propuesto retoma parte de lo incluido en el proyecto constitucional del 04 de julio, sin embargo, resalta otros dos elementos basales para la gestión de la calidad del aire: el acceso a la información y la participación ciudadana en la elaboración y evaluación de las políticas públicas de la calidad del aire.

Como potenciales implicancias, se encuentra un rol más activo y transparente del Estado en el desarrollo de instrumentos de gestión de la calidad del aire que propendan a la reducción de la contaminación atmosférica, de tal manera que los habitantes del territorio nacional puedan vivir en entornos que posean aire limpio a lo largo de su vida.

A su vez, avanzar en materia de acceso a la información y garantizar su derecho "fortalece la democracia, y es una herramienta concreta para una mayor dignidad, prosperidad y sostenibilidad de los territorios" (De la Vega, 2020). En otras palabras, abre la posibilidad de transmitir conocimientos sobre la calidad del aire a la ciudadanía, y, en consecuencia, permite una participación y retroalimentación por parte de ella en torno a la materia.

Adicionalmente, incorporar esta propuesta a la constitución genera la oportunidad de fortalecer y crear nuevos mecanismos de participación ciudadana asociados a esta temática, entregando a la ciudadanía un rol más predominante en el desarrollo de políticas públicas que propendan a garantizar su derecho al aire limpio.

Es importante señalar, que la implementación de este artículo debiera operar bajo un **principio de gradualidad**, realizando paulatinamente los ajustes institucionales necesarios que permitan su correcto desarrollo.

Por último, las propuestas señaladas deben ir acompañadas en su práctica de procesos de educación ambiental, donde se construyan en el tiempo comunidades capaces de identificar acciones correctivas a nivel local que permitan avanzar en la solución de la problemática ambiental asociada a la contaminación en el aire, la cual repercute finalmente en la salud misma de la población. Siendo la **participación activa de la ciudadanía** y su involucramiento en los procesos decisionales, una herramienta que permite mantener a los tomadores de decisión en línea con sus compromisos y labores con la ciudadanía y el medio ambiente.

2.2. Aguas continentales

2.2.1. Políticas para incrementar la disponibilidad de aguas

En esta sección se presenta una síntesis de las políticas para incrementar la disponibilidad de aguas desprendidas del capítulo de aguas continentales.

2.2.1.1. Reúso de aguas servidas

La aguda y prolongada sequía vivida por el país, la disminución de las precipitaciones y el aumento de la demanda, han puesto de relieve la importancia y urgencia de buscar nuevas fuentes de aguas y el reúso de aguas servidas tratadas (AST) constituye una de principales alternativas. El reúso de AST contribuiría a aumentar la oferta particularmente para la agricultura, la recarga de acuíferos y para las demandas evapotranspirativas.

Respecto al reúso de AST, se han identificado cuatro líneas de desafíos importantes:

i. **Calidad de las AST para su uso en riego**. Es importante señalar que los parámetros controlados por la norma de vertido (DS 90/2000) no son todos los que exige la normativa para los distintos tipos de aprovechamientos. El cumplimiento de la normativa de vertido por las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas no es un antecedente suficiente para asegurar que el caudal puede ser utilizado en riego sin restricciones, por lo cual es necesario realizar una evaluación caso a caso. Además, los vertidos de emisarios submarinos no son aptos para el uso agrícola, ya que, sus requerimientos de emisión no consideran la calidad exigida y no da cuenta de todos los parámetros exigidos para este uso.

ii. **Marco legal sobre la propiedad de las AST**. Se reitera que es necesario recordar que existe un conflicto de interpretación de las normas respecto de la propiedad de las aguas servidas tratadas. Algunos especialistas sostienen que éstas pertenecen a las empresas sanitarias que hacen el tratamiento de depuración de las aguas. Otros especialistas en cambio afirman que los verdaderos propietarios de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas son sus titulares. El tema de la propiedad sobre las aguas servidas tratadas por las empresas sanitarias, antes de que sean vertidas a cauces naturales, no está resuelto con claridad. Incluso los Servicios Públicos con competencia en la materia no comparten una misma posición al respecto, y los tribunales de justicia no han emitido pronunciamientos claros y persistentes a su respecto.

iii. **Respecto de la capacidad y condiciones técnicas de las plantas de Tratamiento de Aguas Servidas**. El 42% son calificadas como “vulnerables”, lo cual implica que están en riesgo, puesto que están operando cerca de su límite previsto tanto respecto de la capacidad hidráulica como la capacidad de tratamiento orgánico.

iv. **Respecto de los cambios necesarios a la infraestructura regulación para tratamiento de las aguas servidas**. El separar las aguas a nivel domiciliario para conducirla por vías diferenciadas del resto de las aguas servidas, a los lugares de tratamiento, implicaría crear nuevas infraestructuras de transporte y acopio con un costo adicional importante; sin embargo, sería posible iniciarlo, por ejemplo, con conjuntos habitacionales acotados, que estén preparados para separar las aguas grises del resto. También los sistemas diferenciados de separación de las aguas podrían destinarse a el agua de riego no agrícola para los mismos conjuntos habitacionales acotados. Otra opción es tratar todas las aguas servidas vaciadas al mar vía emisarios, dejándolas aptas para usos de riego. Ello implicaría costos adicionales para equipar las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas para realizar tratamientos secundarios y otros que fueran necesarios.

2.2.1.2. Desalación

Chile cuenta con actualmente con 23 plantas desaladoras (con capacidad de producción superior a 10 l/s), las que en conjunto tienen una capacitad de producción de 8.019 l/s. Se espera que al 2023 con la entrada en operaciones de nuevas plantas, la producción llegue a los 10.800 l/s y que para el 2032, se triplique.

Los antecedentes entregados por el IPCC en sus informes destacan claramente la vulnerabilidad de Chile frente a los impactos negativos del Cambio Climático, especialmente respecto a la disponibilidad de recursos hídricos debido a la reducción de las precipitaciones previstas en prácticamente todo el territorio nacional. La megasequía experimentada por varios años y sobre la cual desconocemos hasta cuando puede extenderse a pesar de las precipitaciones registradas en el año 2022, marca un escenario al menos preocupante. Por otro lado, se constata que la demanda nacional por agua ha crecido estrechamente acoplada al desarrollo social y el crecimiento económico. Lo antes señalado pone de relieve la necesidad imperiosa de priorizar el desarrollo de nuevas fuentes de aguas. Al respecto destaca el dinámico crecimiento de las plantas desaladoras de agua para abastecer la minería y el consumo humano en aquellas localidades donde la situación es crítica y no es posible esperar por otro tipo de soluciones.

En este contexto se plantean las siguientes propuestas:

1. **Avanzar en el marco jurídico que asegure un tratamiento adecuado del agua de mar y la sustentabilidad de dicho recurso.** Para ello, es de gran importancia la definición de las autorizaciones, concesiones o derechos para extraer agua de mar para desalar.

2. Coherente con lo anterior formular una **Estrategia Nacional de Desalinización que establezca las orientaciones y prioridades en el uso del agua de mar y de la instalación de plantas desalinizadoras.**

3. **Modificar el procedimiento de solicitud y caducidad de las concesiones marítimas, estableciendo la prevalencia del uso de las aguas para el consumo humano, doméstico y saneamiento, así como,** también, para **la mantención de un caudal ecológico en los acuíferos.**

4. Buscar junto al MOP y otras instancias públicas relacionadas al tema, reducir los tiempos entre la presentación de un proyecto para una desaladora y su puesta en marcha. Actualmente puede llevar seis años en el mejor de los casos.

5. Promover el desarrollo junto a las universidades, otras empresas y el sector público, proyectos de generación de energía renovables y de menor costo que los basados en combustibles convencionales.

6. Reforzar el desarrollo de proyectos multiusos a fin de dar mayor escala y reducir costos unitarios.

7. Preparar formación de recursos humanos capacitados para trabajar en investigación y desarrollo de tecnologías para desalación amigables con el medio ambiente y de menor costos unitarios.

2.2.1.3. Cosecha de Aguas de Lluvias

En Chile destaca la experiencia del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), inicialmente en el secano de la región de O´Higgins, donde las precipitaciones vienen disminuyendo sostenidamente durante los últimos años. Ello ha impulsado a desarrollar e implementar acciones de adaptación, como la instalación de sistemas de captación de agua de lluvias. Como resultado de la sequía, muchas municipalidades de la región tienen que apoyar a las familias con el abastecimiento de agua mediante camión aljibe, entre diciembre y mayo. Esta situación se ve agravada cuando se producen discontinuidades en el suministro; por ejemplo, en el caso de huelgas en el sector de suministro con camiones aljibe, lo que incrementa la probabilidad de conflictos sociales.

En el año 2009-2010, con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Unión Europea, se inició un proyecto para captación de agua de lluvias por pequeños agricultores. En esa época, los agricultores realizaban captación de agua de lluvia mediante almacenamiento en botellas de plástico de diferentes capacidades y depósitos metálicos de 200 litros.

Cabe destacar el potencial del riego tecnificado por goteo en sistemas de producción de hortalizas en pequeños invernaderos familiares aplicando técnicas de cultivo hidropónico que permiten obtener varias cosechas.

Otro aspecto destacable de esta tecnología es la producción de forraje hidropónico, especialmente útil para la alimentación de pollos y conejos, que se comen todo el “pastel de forraje”, incluidas hojas, tallos y raíces, tiernos y nutritivos. Estos sistemas han sido aplicados por agricultores que también son propietarios de restaurantes y que crían conejos para abastecer el negocio.

Otro sistema de captación de agua de lluvia es el tranque acumulador, orientado a pequeños y grandes agricultores. El agua es captada mediante terrazas

colectoras y conducida por caminos con una pendiente ligera que llevan el agua hasta depósitos de entre de 1.000 y 1.500 metros cúbicos.

Con motivo de la gran sequía que afecta al país, durante el segundo período de gobierno de la presidenta Michelle Bachelet, se desarrolló un programa piloto para implementar este tipo de soluciones en regiones del sur del país con graves déficits de precipitaciones. Este programa contribuyó a resolver problemas concretos de las familias campesinas, pero también encontró dificultades imprevistas como por ejemplo la oposición de algunas municipalidades que había desarrollado lazos con los proveedores de agua a través de camiones aljibes.

El recrudecimiento de la sequía y los efectos del cambio climático, hacen necesario retomar estas iniciativas y escalarlas para llegar a muchas más familias rurales.

2.2.1.4. Trasvase de aguas

2.2.1.4.1. Río Submarino

Este proyecto está diseñado para trasladar agua a lo largo de la costa, desde la zona al norte y potencialmente hasta Arica. Según sus promotores, una de las ventajas de este proyecto es que se puede construir por partes de acuerdo con la demanda por agua en las distintas localidades costeras.

Se aprovecharían las aguas de la desembocadura de los ríos, no afectando a ningún usuario, los que, por definición, están aguas arriba. El proyecto del Río Submarino consiste es esencia en transportar aguas, cuyos derechos de aprovechamiento pertenecen a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), es decir, el Estado de Chile.

En cuanto a los beneficiarios, se estima que cerca de 3 millones de personas viven en las zonas necesitadas, las que están agrupadas en distintas organizaciones, tales como los Comités de Agua Potable Rural. A ello se podrían sumar las mineras, particularmente las pequeñas que no tienen acceso a la desalación y el sector agrícola incluyendo pequeños, medianos y grandes propietarios.

Actualmente, el proyecto se encuentra siendo evaluado en el Ministerio de Obras Públicas para determinar si se declara de interés público; si ocurre, entraría a la Etapa de Proposición que incluye la realización de numerosos estudios (ingeniería

de detalle, estudio de impacto ambiental, consulta ciudadana e indígena, permisos, modelo de negocio, etc.) para finalmente entrar a la Licitación y Adjudicación de su construcción que tardaría cuatro años hasta el primer tramo que entregaría agua en el primer destino requerido.

Suponiendo que el proyecto logra obtener el visto bueno de Ministerio de Obras Públicas, su factibilidad definitiva dependerá de varios factores, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

a) de la seguridad de contar con los Derechos de Aprovechamiento de Aguas que pertenecen a la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP y con los caudales que éstos asignan;
b) de los costos directos e indirectos del proyecto;
c) de que la tecnología, que será puesta a prueba en el proyecto piloto a implementar en la isla Huichas en la región de Aysén;
d) Del costo unitario para el consumidor final (Agricultura, Minería); y
e) De la disposición a pagar de los consumidores.

2.2.1.4.2. Carretera Hídrica

La *Carretera Hídrica* consiste en un proyecto de cinco tramos de canalización, los cuales permitirían transportar agua desde el sur hacia el norte del país, específicamente desde la Región del Biobío hasta Atacama. Algunos de los beneficios, serían la duplicación de las exportaciones agroalimentarias de Chile, la generación de 1.000.000 de puestos de empleo, y una inversión estimada de 30.000 millones de dólares.

"La longitud total de los tramos suma cerca de 3.900 kilómetros, ya que se trata de un trazado serpentino entre esas regiones", afirman los impulsores en un comunicado. Además, esperan que la *Carretera Hídrica* se pueda hacer como concesión a través de una alianza público-privada.

El costo del proyecto fluctuaría entre los US$ 19.000 millones hasta un tope máximo de US$ 30.000 millones su implementación requeriría en total de unos doce años entre los estudios detallados de ingeniería (4 años) y su construcción.

Los detractores del proyecto destacan principalmente la menor disponibilidad de agua que implicará el cambio climático y posiblemente la no disponibilidad de los propietarios de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas a desprenderse de ellos. Otro argumento resalta las malas experiencias con los trasvases de agua,

especialmente en España, y, por último, se destacan los impactos negativos que puede implicar sobre las comunidades aledañas al lugar de inicio de la carretera, así como efectos negativos sobre la biodiversidad.

2.2.2. Propuesta constitucional e institucional

El creciente desajuste entre disponibilidad y demanda de agua implica la necesidad de avanzar hacia un nuevo marco regulatorio acorde con la crisis climática y ecológica actual. Es por ello, que se propone cambiar la constitución actual por una que establezca que:

1. El agua, en todos sus estados y fases, es un bien nacional de uso púbico. El Estado debe proteger las aguas, en todos sus estados y fases, y su ciclo hidrológico.
2. Toda persona tiene derecho humano al agua y al saneamiento suficiente, saludable, aceptable, asequible y accesible.
3. El Estado entregará concesiones temporales sujetas al cumplimiento de estándares ambientales.
4. Se priorizará el agua para el consumo humano y el saneamiento, el caudal ecológico y el consumo productivo tradicional.
5. Principio intergeneracional. Es deber del Estado garantizar el agua para las actuales y futuras generaciones.

Por último, y más allá de cambiar la constitución actual, se debiesen priorizar las siguientes medidas: **a)** reestructurar la institucionalidad existente, hay demasiadas entidades que intervienen; **b)** fortalecer el rol de fiscalización por parte de la Dirección General de Aguas (DGA); **c)** la planificación de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas del país, siendo la Ley Marco de Cambio Climático un importante avance en esta arista; y **d)** asociación público-privada para la materialización de las políticas para incrementar la disponibilidad de aguas.

2.3. Bosques nativos

2.3.1. Propuestas de Políticas Públicas

En esta sección se presentan las propuestas de políticas públicas extraídas del capítulo de Bosques Nativos.

1) Dotación de una institucionalidad robusta y actualizada, a través de la creación del Servicio Nacional Forestal (SERNAFOR) que reemplace a la actual

CONAF y del Servicio de Biodiversidad SBAP) están pendientes. Este punto ha sido suficientemente descrito en la sección anterior sobre brechas y desafíos.

2) Aumento significativo del financiamiento para que el Estado de Chile cumpla sus funciones de administración, regulación, protección del bosque nativo, recomendación que está cercanamente vinculada a la anterior. La falta de financiamiento, aunque es transversal, quedó en evidencia respecto de la administración de las Áreas Protegidas del Estado, debido al paro de los guardaparques durante noviembre de 2022, el cual fue difundido ampliamente por los medios y redes. Para ilustrar esta necesidad acuciosa se puede señalar que Chile es uno de los 10 países que menos invierte en gestión para la conservación de su biodiversidad a nivel mundial. El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado SNASPE) que administra la CONAF ha contado con alrededor de 19 mil millones de pesos anuales en la última década $1000/ha/año. A modo de referencia el aporte fiscal al manejo del Parque Metropolitano de Santiago el año 2022 es de más de 35 mil millones de pesos, o aproximadamente de 233 millones de pesos por hectárea.

3) El Estado debe ampliar los espacios para la discusión, para avanzar hacia la generación de acuerdos entre las partes interesadas. Esta falta de acuerdo ha determinado el bloqueo de la aprobación de la Ley que crea el SBAP, la que incorpora todas las plantaciones al SEIA, y de otros instrumentos por parte de algunos actores. El Estado, en los diferentes gobiernos ha creado el Consejo de Política Forestal y diversos espacios de discusión y consulta para diferentes temas y de carácter nacional o regional, lográndose en algunos casos importantes avances, por ejemplo, en el Consejo Consultivo del Alerce, y aquellos de varios Parques Nacionales). Se deben reforzar estos espacios y el diálogo multilateral y bilateral a fin de lograr acuerdos y superar la confrontación entre los gobiernos y algunos grupos de interés, y de las posiciones de algunos de estos grupos entre sí. En estos espacios, el Estado representado por los gobernantes electos a escala nacional, regional o comunal debe ejercer un liderazgo basado en la argumentación sólida, lograr sus objetivos y ejercer la responsabilidad de tomar decisiones y de lograr que las políticas y proyectos de ley (algunas de ellas de largo plazo y que trascienden a un gobierno en particular, por ejemplo, la ley que crea el SBAP) se materialicen.

Por otra parte, es importante aumentar la participación e involucramiento de funcionarios o representantes del Estado en los espacios de discusión a nivel

nacional, regional o comunal organizados por el sector privado, organizaciones ciudadanas, gremiales y otras. Las empresas forestales dedicadas a las plantaciones y otros propietarios de tierras están enfrentando serios problemas de violencia, robo de madera, incendios intencionales y falta de presencia y control territorial por parte del Estado y de sus propietarios en parte de las regiones de Biobío o, la Araucanía y de los Ríos durante los últimos años. Esto debiera dar lugar a un mayor grado de acuerdo entre las diferentes partes interesadas, para lograr avanzar en las diferentes iniciativas legales y otras. El reconocimiento de que estos problemas se deben en parte importante a los impactos sociales, ambientales y económicos del modelo forestal imperante desde 1974 desde la escala local a nacional, debiera llevar a un mayor apoyo por parte de la empresa forestal y de organizaciones gremiales a iniciativas legales propuestas desde 2010 y a una agenda transformadora planteada por este gobierno para el sector forestal, para los bosques nativo y para las plantaciones, las cuales los afectan seriamente, por ejemplo, incendios, invasión, etcétera.

4) El Estado debe promover la coordinación y coherencia entre sus instituciones y políticas, así como ampliar e intensificar la cooperación con propietarios, organizaciones de la sociedad civil y sector privado, así como en el ámbito internacional, construyendo sobre importantes logros alcanzados en materia de restauración y conservación. Respecto a lo primero, para avanzar en el manejo sustentable de los bosques nativos, en su conservación y restauración se requiere mejorar sustancialmente la coherencia entre las políticas sectoriales y avanzar hacia enfoques intersectoriales integradores, tal como en el caso de la política de cambio climático o la definición de las NDC las cuales debieran tomarse como ejemplo. La colaboración y coordinación entre CONAF con el Ministerio de Medio Ambiente son particularmente relevantes, además de aquella con los demás servicios e instancias del Ministerio de Agricultura (por ejemplo, Instituto Forestal, SAG e INDAP). El dialogo y coordinación con otros ministerios y sus servicios incluyendo a los Ministerios de Obras Públicas, Economía, Energía y Vivienda y Urbanismo y Minería también es clave para dar efectividad a las acciones de conservación de los bosques nativos y para evitar aquellas que llevan a la pérdida o degradación de los bosques nativos y sus impactos ambientales y sociales negativos.

Respecto a los beneficios de la colaboración con propietarios de tierras, organizaciones de pueblos originarios y otras de la sociedad civil, a partir de experiencias del programa +Bosque que se ha descrito, su ampliación y

profundización permitirá avanzar hacia metas ambiciosas como es restauración a escala de paisaje de un millón de ha al año 2030 incluida en las NDC.

Otro ejemplo notable de las oportunidades que ofrece la colaboración y la necesidad de reforzarla es la creación de cinco parques nacionales en las Regiones de Los Lagos y Aysén y uno en Tierra del Fuego, a partir de la iniciativa de donación de tierras al Estado por parte de la Fundación Tompkins, entre los años 2015 y 2019 bajo tres gobiernos diferentes (Ricardo Lagos, Sebastián Piñera y Michelle Bachelet). Esto más el aporte del Estado con tierras fiscales para la creación de áreas protegidas, permitió la protección de un total de 5 millones de ha en nuevos parques nacionales, gran parte de los cuales son adyacentes o están cercanos entre sí. Un proceso similar fue la donación de 10.000 ha por parte de The Nature Conservancy (TNC), organización de Conservación basada en Estados Unidos, área que se sumó a tierras fiscales aportadas por el Estado para la creación del Parque Nacional Alerce Costero, en la región de los Ríos de 24.000 ha el cual es emblemático por proteger a la especie alerce y por ser el primer parque nacional ubicado completamente en esta región. El parque es adyacente a la Reserva Costera Valdiviana de propiedad de TNC, totalizando un área bajo protección de 74.000 ha. Todos los casos descritos fueron desarrollados por iniciativa de la parte privada involucrada y contaron con una importante cooperación internacional a través de sus propietarios y de donaciones.

5) Generación y/o fortalecimiento de NDC, incentivos y otras acciones del Estado para promover la adaptación al cambio climático en lo que es pertinente a los bosques nativos. Un aspecto central en la adaptación son las acciones de restauración de los bosques nativos debido al rol clave que tienen para mantener o mejorar la provisión de agua en cantidad y calidad de las cuencas, aumentar la regulación de los caudales y reducir la ocurrencia de inundaciones. Lo anterior en un clima tendiente a la aridificación y al amento de la ocurrencia de eventos extremos. Las acciones de adaptación serían de beneficio para el bienestar de las personas y comunidades sobre todo a escala local, comunal y regional, y aportarían a la recuperación de los ecosistemas a las escalas mencionadas. Estas acciones además ampliarían los beneficios de las NDC relativas a bosques nativos y plantaciones forestales las cuales han priorizado la mitigación a través de acciones para aumentar las capturas y reducir las emisiones de CO_2 con un beneficio global.

2.3.2. Propuesta constitucional

En esta sección se analizan y recogen elementos de la propuesta constitucional elaborada por la Convención Constitucional para un futuro proceso constituyente.

Diversos componentes de la propuesta de constitución relativas a los bosques nativos y los derechos de la naturaleza como marco conceptual han sido propuestos desde hace tiempo y/o han sido incorporados a las Constituciones más modernas de otros países Sudamericanos hace más de 20 años tal como es el caso de Ecuador y Bolivia. En el caso de Chile, el reconocimiento de los derechos de la naturaleza, el deber del Estado de defenderlos y la creación de una unidad y mecanismos independientes para su defensa ya había sido propuesta hace 36 años por Godofredo Stutzin (Stutzin, 1984), uno de los más destacados defensores de la naturaleza y promotor de la conservación en Chile de las últimas décadas hasta su muerte en 2010.

La propuesta elaborada por la convención constituyente respecto a los bosques nativos dentro del marco del reconocimiento de los derechos de la naturaleza es consistente con la evidencia científica y el conocimiento de estos ecosistemas, sus amenazas y potencialidades, así como de las debilidades de la constitución y legislación vigente que han sido discutidas en este capítulo. Por otra parte, estos conceptos también fueron planteados en varios círculos académicos durante 2021, lo cual refuerza su validez.

La única excepción del contenido de la de propuesta de la Convención Constituyente a incorporar en una nueva propuesta de constitución en lo que se refiere a los bosques nativos es la letra h) del artículo 202. Esto ya que otorgar competencias de las regiones autónomas en cuanto a la regulación y administración de los bosques, las reservas y los parques de las áreas silvestres protegidas, no parece deseable. Esto puesto que la experiencia en Chile y en diversos países muestran que el diseño, planificación y administración de las áreas protegidas deben responder a una lógica integrada que asegure la representatividad de los diferentes ecosistemas terrestres y marinos, y un uso más eficiente de los recursos, sin estar sujeto a las presiones debido a intereses locales de determinados grupos. Esto se ha observado en el caso del turismo o proyectos que generan impactos dentro de los Parques Nacionales y otras áreas protegidas, donde un sistema de carácter nacional es más robusto para defenderse de estos intereses particulares, tanto de autoridades como del sector privado. Por otra parte, esta propuesta es contradictoria con el proyecto de ley

SBAP de larga discusión en el Congreso el cual mantiene un enfoque nacional integrado de las áreas protegidas y cuya aprobación es una alta prioridad para avanzar en la conservación. No obstante, es importante que dentro de un sistema nacional integrado las regiones y comunas puedan tener iniciativas de acuerdo a la variabilidad de las condiciones ambientales, sociales, demográficas y culturales en nuestro país. Es importante que existan diversos instrumentos públicos y privados para generar el espacio, incentivos, apoyo técnico y otras medidas para la creación de bosques sometidos a manejo y áreas protegidas de carácter regional y comunal que complementen y refuercen al sistema nacional integrado. Esto sería altamente deseable para la restauración a escala de paisaje.

Respecto a las disposiciones trigésima tercera (que el presidente de la Republica proponga una Política para Restauración de Suelos y Bosque Nativo) y la trigésima séptima (el Presidente de la Republica convocará a la constitución de una comisión de transición ecológica) son altamente deseables, y podrían ser llevadas a cabo en el marco de la Constitución vigente o de una nueva que la reemplace.

Finalmente, del análisis de los artículos de la propuesta de la Convención Constituyente efectuadas en 2022, relativas a los bosques nativos y a los derechos de la naturaleza se propone la incorporación de la perspectiva, conceptos y contenido de estos artículos a una nueva propuesta de constitución, con la única excepción de la letra h) del artículo 202 (administración de los bosques y las áreas protegidas como una atribución de las regiones).

2.4. Biodiversidad

En esta sección se presenta una síntesis de las recomendaciones de políticas desprendidas del capítulo de Biodiversidad.

1) Mejorar el conocimiento sobre biodiversidad. Los resultados obtenidos en el Informe indican que, para avanzar en la protección y conservación de la biodiversidad chilena, se hace necesario mejorar el conocimiento que tenemos sobre ella, más aún al considerar que se estima que faltarían un 90% de especies “chilenas” por descubrir, las que probablemente en más de un 50% corresponderían a artrópodos (insectos y arácnidos). Adicionalmente, aún existen vacíos de conocimiento respecto a las características poblacionales, distribución geográfica, preferencias de hábitat, amenazas ecológicas y climáticas. Como factores que afectan al estudio de la biodiversidad, se encuentra el declive de

especialistas en taxonomía y un reducido financiamiento para la ciencia básica. En otras palabras, **potenciar la dotación de profesionales en el área y aumentar los recursos económicos** son sinónimos de mejorar el conocimiento sobre biodiversidad.

2) Fortalecer la recopilación y sistematización de datos sobre biodiversidad. Se vuelve necesario reducir las brechas vinculadas al acceso, disponibilidad y análisis de los datos asociados a la biodiversidad. Para ello, se requiere **dotar de la infraestructura y equipo necesario, capacitar y fortalecer el capital humano, y crear grupos multidisciplinarios** que permitan entregar una visión holística y generar un valor agregado a los datos vinculados a la biodiversidad. Estas acciones debieran priorizarse para un corto plazo teniendo en cuenta que la recopilación y sistematización de datos en biodiversidad es un mandato legal establecido a través de la Ley N°19.300 y la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB), que responde a los compromisos internacionales que ha asumido el país frente a la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) y las Metas Aichi.

3) Fortalecer y crear nuevos instrumentos para la protección y conservación de la biodiversidad. La protección de la biodiversidad requiere el empleo de una amplia gama de instrumentos. Por un lado, es necesario seguir trabajando, mejorando y fortaleciendo aquellos ya existentes como lo son las áreas protegidas (públicas y privadas) y la conservación *ex situ* (bancos de germoplasma, jardines botánicos). Por otra parte, **debemos avanzar en otras herramientas de gestión** como son el Pago por Servicios Ambientales (PSA) y los Bancos de Compensación de Biodiversidad (BCB). Chile debe aprender de las experiencias internacionales sobre esta materia, particularmente de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México y Perú.

4) Aumentar el presupuesto asignado a la investigación y protección de la biodiversidad. Es fundamental que el Estado (o el sector privado) entregue un **financiamiento permanente y/o de largo plazo a los centros de investigación vinculados al estudio de la biodiversidad**, ya que, la entrega de recursos económicos por periodos acotados (2 a 5 años) impide monitorear adecuadamente los cambios que se producen a nivel de paisaje, ecosistemas, comunidades y especies. Junto con ello, se debiese **aumentar el presupuesto asignado a las áreas de protección públicas que posee el país**

5) Educar e involucrar activamente a la ciudadanía en la protección de la biodiversidad. Una de las bases fundamentales para el resguardo de la biodiversidad es una ciudadanía informada y activa en la materia. Para potenciar los conocimientos de la ciudadanía sobre la biodiversidad, se requiere en primer lugar, potenciar la **dotación de monitores ambientales y profesionales** que puedan hacer llegar la información a los vastos rincones del país. En ese sentido, se recomienda replicar iniciativas como el programa de "Comunicación, Educación y Conciencia Pública en Biodiversidad" (CEPA), que contempla actividades al aire libre en espacios representativos de la diversidad ecológica del país. Una segunda iniciativa, a imitar es el programa "Museo a tu Comuna" (MUVACO), la cual ha permitido generar conciencia sobre la importancia de la biodiversidad y su conservación.

6) Aumentar la representación ecosistémica en el SNASPE. Se propone realizar los estudios técnicos y económicos pertinentes para que el país pueda avanzar hacia la creación de nuevas áreas de protección que permitan alcanzar una protección representativa de los diferentes ecosistemas y especies del país, teniendo en cuenta que hay resultados que indican que 15 ecosistemas sub-representados en el SNASPE, dentro de los cuales aquellos dominados por matorrales y bosques del centro de Chile serían los menos representados (**sólo un 3%).**

7) Actualizar los Planes de Manejo de las Áreas Protegidas del País. Los resultados del capítulo de biodiversidad indican que sólo el 42% de las APs contaban con un plan de manejo vigente (es decir, un plan con antigüedad no superior a 20 años), representando no más de 10% del total de la superficie protegida del país. Es por eso que se propone priorizar la actualización del 58% de los Planes de Manejo que a día de hoy ya no se encuentran vigentes. Urge entonces que las áreas protegidas del país cuenten con un instrumento de gestión que se adapte a los actuales estándares de conservación, teniendo en cuenta que la conservación necesita de sistemas sólidos para la planificación, que consideren la visión ciudadana, permita discernir qué prácticas son las más adecuadas (manejo adaptativo) y que indique cómo los esfuerzos de gestión conducirán a resultados deseados.

8) Contar con un Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. Para la conservación de la biodiversidad y el adecuado manejo de las 229 áreas de protección se requiere de un Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, que

articule a todos los sectores de la sociedad en torno al desafío común de dar protección y uso sustentable a la biodiversidad chilena. El proyecto de ley que crea esta institución se encuentra actualmente en su tercer tramite constitucional, estando en el poder del congreso su aprobación o rechazo.

2.4.1. Propuesta constitucional

Hoy Chile continúa careciendo de una Constitución que recoja adecuadamente el conocimiento que tenemos sobre la crisis ambiental y que entregue las herramientas adecuadas para hacerse cargo de ella. Sin embargo, el tema está instalado. Durante el proceso de elaboración de la propuesta constitucional se hicieron presentes una serie de actores del ámbito académico, político y no gubernamental para poner sobre la mesa el conocimiento acumulado que respalda la necesidad de que Chile tenga una Constitución Ecológica. Un nuevo proceso constitucional, sea cual sea, debe imperativamente considerar la actual crisis climática y ecológica.

En lo que respecta a la **protección de la biodiversidad**, se propone que en un futuro proceso constitucional se recuperen dos artículos de la propuesta constitucional de la Convención Constitucional: **1)** el deber del Estado de "proteger, conservar y restaurar el hábitat de las especies nativas silvestres en la cantidad y distribución adecuada para sostener la viabilidad de sus poblaciones y asegurar las condiciones para su supervivencia y no extinción" y; **2**) el deber del Estado de "garantizar la preservación, restauración y conservación de espacios naturales".

Se espera que con estas definiciones constitucionales se pueda potenciar el rol Estatal, de tal manera que este sea un actor clave y favorable en el resguardo de los paisajes, ecosistemas, especies y genes que forman parte del país, avanzando más allá de ser solo una organización política que tutela la preservación de la naturaleza.

2.5. Tierras

En esta sección se presentan las propuestas que se desprenden de los resultados del capítulo de Degradación de las Tierras.

Para el cumplimiento de las metas de la Neutralidad de la Degradación de las Tierras (NDT) al año 2025, es fundamental que el país realice las siguientes acciones destinadas a evitar, reducir y evitar la degradación de las tierras con el objetivo de neutralidad (CONAF, 2017):

1) Crear programas de adaptación para la gestión de los recursos vegetacionales. Mediante estos programas el país debe busca generar insumos relevantes para el diseño y ejecución de programas de forestación, revegetación, restauración y manejo forestal sustentable. El programa se sustenta sobre la articulación y fortalecimiento de diversas instancias nacionales ya existentes, orientadas al monitoreo de especies vegetales
frente a la sequía, un plan de adaptación integral de los recursos vegetacionales al cambio climático, estudios dirigidos a dinámicas hidrológicas a nivel de cuencas, programas de conservación ex situ, mejoras en métodos silviculturales de forestación, revegetación, restauración y manejo productivo, entre otras medidas. Al año 2025 Chile debe implementar estos programas en a lo menos **80 comunas del país**.

2) Potenciar la reforestación y revegetación en comunas/áreas priorizadas. Esta iniciativa se debe desarrollar en terrenos públicos y privados priorizados en diversas instancias técnicas y participativas. El objetivo de estas forestaciones y revegetaciones es que se establezcan principalmente con especies nativas dirigidas a generar diversos servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación y culturales. Estas acciones deben tener un carácter permanente y ampararse en la nueva Ley de Fomento Forestal. Al año 2025 Chile debe reforestar y revegetar **140.000 hectáreas**.

3) Fomentar la restauración de ecosistemas afectados post incendios forestales. Esta iniciativa se orienta a la a implementación de proyectos de restauración ecológica en áreas públicas y privadas afectadas por incendios a nivel nacional. Un mecanismo que permitirá el desarrollo de esta medida es el Programa Nacional de Restauración Ecológica formalizado el año 2016 en CONAF, el que considera

dentro de sus lineamientos la recuperación de áreas afectadas por incendios que afectan recursos forestales y otros recursos vegetacionales. Al año 2025 se deben realizar proyectos de restauración post incendios forestales que en su conjunto abarquen **10.000 hectáreas acumuladas**.

4) Promover la silvicultura preventiva con énfasis en la interfaz urbana rural. Esta medida está destinada a la implementación de cordones de manejo preventivo en bosques nativos, plantaciones y otras formaciones vegetacionales, ubicadas en áreas públicas y privadas de la interfaz urbana rural. La silvicultura preventiva de incendios forestales busca reducir el daño potencial de los incendios forestales actuando en forma anticipada sobre la vegetación, además, se busca retardar y/o disminuir la propagación y superficie de los incendios forestales, a través de actividades silviculturales. Actualmente, CONAF posee un programa emergente de silvicultura preventiva. Al año 2025 se pretende abarcar una superficie de **8.000 hectáreas acumuladas** con cordones de manejo preventivos.

5) Diseñar un modelo de ordenación forestal institucional enfocado en terrenos públicos y privados. Esta medida se orienta al diseño de un modelo funcional de gestión forestal, coherente con los requerimientos silviculturales de los bosques y otros recursos vegetacionales, y en un contexto de cambio climático y de presión multicausal sobre los recursos vegetacionales. Algunos lineamientos técnicos básicos serán: Análisis territorial para focalizar los esfuerzos de fomento y asistencia técnica; Propuestas de manejo integral para predios o grupos de predios, que incorporen múltiples acciones (manejo silvícola, forestación, revegetación, restauración); Actividades extractivas ajustadas al crecimiento del bosque; Planificaciones de largo plazo, al menos de cinco años; Incorporación de todos los elementos de gestión privada y pública para lograr su funcionamiento adecuado, incluyendo la articulación de los instrumentos de fomento forestal, agrícolas, ganaderos y otros, bajo una lógica común y enfoque de manejo sustentable de la tierra. Al año 2025 se deberán haber elaborado y ejecutado planes de ordenación en terrenos públicos y privados que abarquen **70.000 hectáreas acumuladas**.

6) Fortalecer el programa de dendroenergía y a la matriz energética del país. En el marco de la Estrategia de Dendroenergía de CONAF, se están implementando proyectos integrales de gestión forestal, donde el principal objetivo es la generación de leña certificada para abastecer la demanda de centros de consumo

en comunas priorizadas. Entre los aspectos contenidos en esta medida de acción se encuentran incluidas las siguientes acciones: desarrollo de planes prediales de manejo sustentable de bosques bajo criterios de ordenación; implementación de centros de acopio y secado de leña; desarrollo de sistemas de encadenamiento productivo y comercio justo y; certificación de la leña. Al año 2025 se deben implementar proyectos de gestión forestal en **16.000 hectáreas acumuladas**.

7) Elaborar franjas de amortiguación para actividad ganadera. El objetivo de esta medida es regular el uso de sitios fiscales utilizados habitualmente para el pastoreo con el fin de minimizar el impacto del ganado sobre sitios de importancia por su valor para la conservación o como sumidero de carbono. La implementación de estas áreas de manejo contempla un programa de asistencia dirigido a propietarios de predios que se encuentran colindantes a áreas protegidas (incluidas Reservas de la Biósfera). Al año 2025 se deben haber diseñado y ejecutado franjas de amortiguación que abarquen **800 hectáreas acumuladas**.

8) Fortalecer el Programa de protección fitosanitaria de los recursos vegetacionales nativos. Mediante esta medida se pretende efectuar un fortalecimiento institucional que permita, frente a la desertificación, degradación de las tierras y sequía y al cambio climático, desarrollar y aplicar programas nacionales de prevención y control de plagas con énfasis en recursos nativos y mediante esquemas de manejo integrado de plagas forestales. Al año 2025 se debe efectuar la prospección y monitoreo de los recursos vegetacionales abarcando **300.000 hectáreas acumuladas**.

Más allá de las medidas que el país se ha propuesto cumplir al año 2025, se sugiere que el país adopte una "**Gestión Sostenible de las Tierras Secas**", es decir implementar un proceso que cuenta con **cinco principales ejes: a) cultivos sostenibles**, es decir eliminar de la matriz económica la agricultura convencional dando paso a otros tipos de agricultura que se enfoquen en proteger el suelo, como lo es la agricultura natural u orgánica; **b) gestión de pastizales**, la que implica que el pastoreo sea efectuado por especies herbívoras adaptadas a las condiciones propias de cada territorio; **c) seguridad hídrica**, lo que significa resguardar el agua para la subsistencia humana y de los ecosistemas a partir de un manejo integrado del recurso hídrico; **d) incentivos políticos**, que incidan en una modificación del marco institucional y político que rige a un determinado país acoplándolo a los nuevos desafíos globales, entre ellos el cambio climático; y **e)**

investigación, con estudios que combinen los saberes locales con los conocimientos científicos para reconocer las tecnologías más optimas de usar en las zonas secas.

2.5.1. Propuesta constitucional

La Constitución vigente, menciona en su artículo 19 cuatro numerales que se relacionan de manera directa con los suelos. En primer lugar, el numeral 8˚ garantiza el derecho de las personas a vivir en un medioambiente libre de contaminación, estableciendo que es deber del Estado amparar la preservación de la naturaleza. Además, se pueden citar los numerales 1˚, 9˚ y 24˚ que garantizan los derechos a la vida, a la salud y a la propiedad.

No obstante, la actual constitución, la normativa vigente y las políticas públicas sobre la protección y conservación de los suelos continúan siendo deficientes, lo que se asocia al desconocimiento de su importancia para los ecosistemas y porque, en general, este componente no se considera como un componente fundamental dentro de las políticas públicas del país (Convención Constitucional, 2022).

Para el actual proceso constituyente, se recomienda retomar una iniciativa propuesta en la Convención Constitucional:

> "**Del reconocimiento del suelo**. El Estado reconoce la importancia de los suelos como ecosistemas dinámicos e interrelacionados con otros ecosistemas, sus funciones ecológicas son inherentes a todos los tipos de suelos, los cuales permiten el soporte y desarrollo de la vida. Los suelos tienen un rol fundamental en la regeneración y preservación de la Naturaleza, el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos y la mitigación de la crisis climática y ecológica"
>
> "**De los deberes del Estado en la protección y conservación de los suelos**. Es deber del Estado proteger los suelos ecológicos, conservar los suelos productivos y asegurar su uso racional y equitativo. Así mismo, promoverá el conocimiento de los suelos para evitar su degradación y acciones que aseguren su estudio, monitoreo, preservación, regeneración y restauración".

Estos artículos permitirán definir reconocer a nivel constitucional el rol esencial que poseen los suelos para el enfrentamiento de la crisis climática y ecológica. Además, permite orientar el papel del Estado en la protección y uso sustentable de los suelos.

2.6. Ecosistemas marinos y del borde costero

En la presente sección se detallan las propuestas que se pueden extraer de los resultados del capítulo de "Ecosistemas Marinos y del Borde Costero".

1) Dictar normas de calidad secundaria para aguas y sedimentos marinos. Para mejorar la gestión de las red de Áreas Protegidas y Áreas Marinas Protegidas, es fundamental contar con normas de calidad secundaria que permitan contribuir a la conservación o preservación de los ecosistemas acuáticos marinos y sus servicios ecosistémicos, a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas y sedimentos. Actualmente, solo existe un anteproyecto en esta materia para la protección de la Bahía Quintero-Puchuncaví. Se propone expandir la creación de estas normas en diferentes zonas del país, atendiendo a las características y usos que tengan los diferentes territorios costeros. La creación de estos instrumentos es el primer paso para avanzar hacia futuros Planes de Prevención y Descontaminación de las Aguas y Sedimentos Marinos.

2) Priorizar la elaboración de una Ley de Costas. Los resultados indican la necesidad de que el país cuente con una Ley de Costas efectiva, que permita enfrentar los desafíos de gobernanza que plantea el siglo XXI, en especial para enfocar el desarrollo sostenible y los procesos adaptativos del cambio climático. Esta nueva ley debe avanzar desde el concepto actual de Borde Costero hacia el concepto de Zona Costera. La repercusión de este enfoque es la extensión de la zona costera más allá de la playa y la inclusión dentro del territorio costero, de todos los ecosistemas costeros frágiles que actualmente no cuentan con formas de protección legal. Adicionalmente, esta futura ley debe regirse bajo una serie de principios entre los que se encuentran: **a)** enfoque de gestión integrada de zonas costeras; **b)** enfoque ecosistémico, **c)** enfoque de reducción del riesgo de desastres; **d)** interculturalidad; **e)** coordinación y cooperación; **f)** justicia ambiental, **g)** participativo; **h)** precautorio; **i)** preventivo. Por último, de esta nueva Ley debe desprenderse una futura **Política Nacional Costera** que, sobre la base de estos principios, tenga por objeto determinar las orientaciones, directrices y objetivos generales para abordar la planificación y administración de la zona costera del país (Senado, 2022a).

3) Articular las zonificaciones costeras con los Instrumentos de Planificación Territorial. Es necesario avanzar hacia zonificaciones costeras que sean vinculantes y que tengan criterios especiales para los territorios costeros, puesto

que los actuales instrumentos para regular el uso del suelo (Plan Regulador Comunal, Plan Regulador Intercomunal) carecen de ellos. A pesar de que la Zonificación del Uso del Borde Costero posee un carácter no vinculante, nada obsta a que una futura ley le pueda otorgar fuerza obligatoria (Precht et al., 2016), aunque tal como se expuso en el punto anterior para el futuro planteamiento de zonificaciones se debiese considerar el concepto de "Zona Costera" y no el desactualizado concepto de "Borde Costero".

4) Conformar una red de trabajo para enfrentar los impactos del cambio climático y la acidificación marina. Se propone destinar los recursos económicos y sociales necesarios para conformar una red de trabajo que incluya a científicos y técnicos de diversas áreas de especialización, que abarquen tanto las ciencias naturales, como el desarrollo tecnológico, la cual tenga por propósito analizar los impactos del cambio climático y la acidificación en el territorio costero del país y proponer soluciones al efecto. Esta red de trabajo debería conformar un entre los científicos y los usuarios de los recursos marinos afectados. Para ello, es fundamental tener apoyo estatal y privado, y contar con el trabajo de especialistas en escalas regionales y locales que definan aspectos asociados con zonas más acotadas. Asimismo, esta red debería tener acceso público a los datos de sistemas estuarinos, costeros y del océano abierto, así como contar con los productos informativos relacionados al manejo de pesquerías y de actividades de acuicultura.

5) Fortalecer la evaluación ambiental de proyectos de desalinización de agua de mar. Teniendo en cuenta que el uso de agua de mar para propósitos de enfriamiento y de desalinización y su posterior descarga de aguas hacia el mar, evidentemente provoca efectos negativos en la flora y la fauna marina, se propone fortalecer la evaluación de impacto ambiental de los proyectos o actividades destinadas a la desalinización de agua de mar. Para ello, se requiere la elaboración de una ley que obligue a este tipo de proyectos o actividades a ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En esa línea se encuentra el proyecto de ley "sobre uso de agua de mar para desalinización" (Senado, 2022b). Es fundamental que la evaluación de impacto ambiental de este tipo de proyectos considere no solo los impactos generados de forma aislada, sino también la sumatoria de impactos que estos proyectos pueden generar en los ecosistemas marinos y costeros, en pos de reducir su afectación (Soto y Ramírez, 2022). En esa línea, es igualmente necesario que los titulares mejoren las tecnologías empleadas con tal de que se pueda reducir su impacto ambiental.

En resumidas cuentas, y según lo expuesto en el **capítulo 6** de la segunda parte del presente Informe, urge contar con una planificación diligente del desarrollo y urbanización costera que sea sostenible y que vele por la seguridad de las poblaciones humanas, así como también por la viabilidad de los ecosistemas costeros. Siendo necesario desarrollar y aplicar medidas que frenen la degradación y permitan restaurar estos ecosistemas.

2.6.1. Propuesta constitucional

Considerando el proceso constituyente en el que se encuentra el país la siguiente propuesta pretende constitucionalizar las bases y directrices necesarias para propender al resguardo y conservación de la zona costera. En ese sentido se propone reconocer constitucionalmente la zona costera, para luego establecer deberes del Estado en cuanto a la conservación, preservación y cuidado:

> *1. Chile es un país oceánico que reconoce la existencia de la zona costera como una categoría jurídica que debe contar con regulación normativa específica, que incorpore sus características propias en los ámbitos social, cultural, medioambiental y económico.*
>
> *2. Es deber del Estado la conservación, la preservación y el cuidado de los ecosistemas marinos y costeros continentales, insulares y antártico, propiciando las diversas vocaciones y usos asociados a ellos y asegurando, en todo caso, su preservación, conservación y restauración ecológica.*
>
> *3. Una ley establecerá la ordenación espacial de la zona costera, gestión integrada y los principios básicos que deberán informar los cuerpos legales que materialicen su institucionalización, mediante un trato diferenciado, autónomo y descentralizado, según corresponda, sobre la base de la equidad y justicia territorial.*

Esta propuesta recoge elementos del artículo 139 de la propuesta de la Convención Constitucional, pero integrando el concepto de "Zona Costera". Es fundamental que el Estado en el cumplimiento de su deber asegure los recursos económicos necesarios para efectuar el conjunto de acciones que permitan conservar, preservar y cuidar óptimamente, los ecosistemas marinos y costeros continentales, insulares y antárticos.

2.7. Minería

En esta sección se presentan las propuestas extraídas de los resultados del capítulo de “Minería”.

1) Efectuar una gestión hídrica sustentable. Este un eje estratégico fundamental en cuanto a políticas ambientales mineras, teniendo en cuenta el contexto actual de crisis climática y las problemáticas asociadas. Principalmente, se apunta a priorizar aún más el uso de nuevas tecnologías para enfrentar la crisis hídrica, como plantas desalinizadoras, establecer un sistema de monitoreo permanente y transparente entre entidades públicas y privadas con el fin de mejorar el acceso a la información a nivel de cuenca y mejorar la gestión del recurso hídrico en beneficio de las comunidades y los distintos usos que estas tienen para el buen vivir.

2) Definir una hoja de ruta hacia la carbono neutralidad. Este se ha convertido en un eje estratégico importante, considerando el contexto de acuerdos internacionales. Principalmente se apunta a seguir potenciando la transición a energías limpias en la cadena de procesos del mineral, de esta manera se le otorgaría al principal rubro impulsor de la economía una certificación sustentable y baja en emisiones, y así, a nivel internacional se vería a Chile como un referente minero.

3) Fomentar la adaptación al cambio climático. Se deben realizar acciones que ayuden a enfrentar los efectos de la crisis climática, considerando que Chile históricamente ha crecido gracias a la minería y, por ende, para seguir existiendo como rubro, tiene la obligación de hacer cada vez más sustentables sus procesos. Para una adecuada adaptación al cambio climático es fundamental potenciar la elaboración e implementación del Plan Sectorial de Adaptación al Cambio Climático, el cual a día de hoy sigue sin ser publicado. Entre los elementos claves a incluir en un futuro plan de esta índole se encuentran acciones para reducir los riesgos asociados eventos climáticos sobre los relaves en situación de abandono identificados en el listado que desarrolla SERNAGEOMIN (Mesa Técnica Sectorial de Adaptación Sector Minería, 2020).

4) Potenciar la generación de conocimientos e información. Entre los objetivos a largo plazo del sector minero debieran incluirse el desarrollo de nuevas investigaciones, innovaciones, transferencia tecnológica y capacitación del

personal de tal manera que se puedan enfrentar de mejor manera los impactos de la crisis climática y ecológica. Un ejemplo de una medida al efecto corresponde a destinar recursos económicos para aumentar la investigación en los glaciares debido a la importancia estratégicas de estos en cuanto a la disponibilidad de agua, tanto para consumo humano, para la agricultura, como para las mismas operaciones mineras (Mesa Técnica Sectorial de Adaptación Sector Minería, 2020).

5) Promover el involucramiento ciudadano en la elaboración e implementación de proyectos mineros. Un cambio en el modelo de desarrollo implica necesariamente promover la participación de las comunidades locales en las etapas de elaboración e implementación de los proyectos mineros, ya sean públicos o privados, ya que de esta manera se puede reducir la generación de potenciales conflictos socioambientales (Mesa Técnica Sectorial de Adaptación Sector Minería, 2020). La participación de la ciudadanía debiera avanzar gradualmente hasta alcanzar un carácter vinculante, otorgándole a los territorios la decisión ultima de si desarrollar o no este tipo de iniciativas. Adicionalmente, no se debe omitir la participación y la integración de las comunidades indígenas, en los casos que corresponda.

6) Desarrollar un modelo de Economía Circular para la industria minera. Un sexto eje involucra cambiar desde un modelo económico lineal que extrae, usa y desecha los recursos hacia un modelo de economía circular que utiliza y optimiza los stocks y flujos de materiales, energía y residuos de las operaciones ligadas a la minería (Mesa Técnica Sectorial de Adaptación Sector Minería, 2020). Este modelo de economía circular debe necesariamente aplicarse en la optimización del uso de los recursos energéticos e hídricos. Además, en el diseño e implementación de este nuevo modelo minero debe considerarse la participación ciudadana, tal como se específico en el quinto eje.

2.7.1. Propuesta constitucional

El nuevo modelo de desarrollo requiere incluir disposiciones constitucionales que permitan reducir los impactos ambientales de las actividades mineras. Para ello, se recomienda en primer lugar retomar el artículo 146 de la propuesta elaborada por la Convención Constitucional:

> *Quedan excluidos de toda actividad minera los glaciares, las áreas protegidas, las que por razones de protección hidrográfica establezca la ley y las demás que ella declare.*

De contar con un artículo de esta índole, se podrá proteger adecuadamente las funciones y servicios ecosistémicos provistos por los glaciares y las áreas protegidas. Adicionalmente, ello incidirá en la reducción de potenciales problemas y conflictos socioambientales, que podrían haberse generado en caso de que las actividades mineras se emplacen en tales lugares naturales.

En segundo lugar, se recomienda recuperar el inciso segundo del artículo 147 de la propuesta de la Convención Constitucional:

> *El Estado debe regular los impactos y efectos sinérgicos generados en las distintas etapas de la actividad minera, incluyendo su encadenamiento productivo, cierre o paralización, en la forma que establezca la ley. Es obligación de quien realice la actividad minera destinar recursos para reparar los daños causados, los pasivos ambientales y mitigar sus efectos nocivos en los territorios en que esta se desarrolla, de acuerdo con la ley. La ley especificará el modo en que esta obligación se aplicará a la pequeña minería y pirquineros.*

La importancia de incluir una disposición como la citada previamente, radica en que se le otorga una obligación al Estado de regular los impactos y efectos sinérgicos de las actividades mineras, entre los cuales se incluyen generados a los componentes naturales y a las comunidades aledañas. Adicionalmente, obliga a los titulares de los proyectos y/o actividades mineras a hacerse responsables de los daños ambientales que generan en los diferentes territorios, lo que, promueve la ética ambiental en esta área.

2.8. Asentamientos humanos

En esta sección se presentan las propuestas extraídas de los resultados del capítulo sobre “Asentamientos Humanos”.

1) Elaborar los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial. Una de las principales deficiencias que se mantienen hasta el día de hoy en materia de asentamientos humanos y planificación del territorio, es la ausencia de los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT), lo que se debe a que aún se carece de un reglamento que indique como proceder para su elaboración. Tal como se expuso en la segunda parte de este Informe, estos instrumentos son de

gran relevancia al orientar el desarrollo de la región a través de lineamientos estratégicos y una microzonificación territorial, junto con identificar áreas para la localización preferente de infraestructura y actividades productivas, y al reconocer las áreas que han sido puestas bajo protección oficial. Por ello se propone **priorizar la elaboración del reglamento de los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial**, para luego disponer de los recursos económicos y humanos necesarios para que todas las regiones cuenten con uno de esos instrumentos. Tampoco debe omitirse que este instrumento es de carácter obligatorio para los ministerios y servicios públicos que operen en la región.

2) Modificar el Decreto Ley N° 3.516, que establece normas sobre división de predios rústicos. Como se expuso en el capítulo de Asentamientos Humanos, el aumento de las parcelas de agrado en sectores rurales, al alero del Decreto Ley N° 3.516, genera una presión adicional en el medio natural, especialmente en el sur del país, donde se ha ocasionado una desforestación del bosque nativo, una reducción de los servicios ecosistémicos de humedales, y en general una disminución de la biodiversidad. Por este motivo, se propone efectuar una modificación al decreto en cuestión, con el objeto de regular y reducir el impacto de la división de predios rústicos, incorporando criterios de protección y conservación ambiental.

3) Potenciar la Planificación Ecológica de los Territorios. Una de las maneras de potenciar la integración de la dimensión ambiental en el ordenamiento del territorio, es por medio de la elaboración de una Planificación Ecológica que sea utilizada al momento de elaborar y/o actualizar los instrumentos de planificación territorial (Planes Reguladores Comunales, Planes Reguladores Intercomunales, Planes Reguladores Metropolitanos, Planes Regionales de Ordenamiento Territorial). Al alero del proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, se propone potenciar la elaboración de una Planificación Ecológica a nivel nacional, regional y comunal que identifique los sitios prioritarios para cada una de las escalas, reconozca los diferentes usos del territorio según la normativa vigente, identifique los procesos y categorías de actividades que tengan, o sea probable que tengan, efectos perjudiciales en la conservación de la biodiversidad, y proponga buenas prácticas para la conservación de la biodiversidad que puedan ser implementadas en atención a los distintos usos de territorio.

2.8.1. Propuesta constitucional

La propuesta elaborada por la Convención Constitucional incorporó diversos artículos relacionados con los asentamientos humanos y el ordenamiento del territorio. Por una parte, se destaca la inclusión del derecho a la ciudad y el territorio (Convención Constitucional, 2022):

1. El derecho a la ciudad y al territorio es un derecho colectivo orientado al bien común y se basa en el ejercicio pleno de los derechos humanos en el territorio, en su gestión democrática y en la función social y ecológica de la propiedad.
2. En virtud de ello, toda persona tiene derecho a habitar, producir, gozar y participar en ciudades y asentamientos humanos libres de violencia y en condiciones apropiadas para una vida digna.
3. Es deber del Estado ordenar, planificar y gestionar los territorios, las ciudades y los asentamientos humanos; así como establecer reglas de uso y transformación del suelo, de acuerdo con el interés general, la equidad territorial, sostenibilidad y accesibilidad universal.
4. El Estado garantiza la protección y el acceso equitativo a servicios básicos, bienes y espacios públicos; la movilidad segura y sustentable; la conectividad y seguridad vial. Asimismo, promueve la integración socioespacial y participa en la plusvalía que genere su acción urbanística o regulatoria.
5. El Estado garantiza la participación de la comunidad en los procesos de planificación territorial y políticas habitacionales. Asimismo, promueve y apoya la gestión comunitaria del hábitat.

Teniendo en cuenta que las ciudades correspondes al espacio donde se desarrolla la vida de las personas, se vuelve fundamental que estas cuenten con las condiciones mínimas de sustentabilidad e infraestructura que faculten la protección del ambiente en el cual se desenvuelven. Para ello, el ordenamiento del territorio cobra gran relevancia, ya que, mediante los instrumentos de ordenamiento territorial se definen las vocaciones del territorio, el uso de los componentes naturales y la hoja de ruta de como se irán desarrollando estos espacios (Gumucio et al., 2022). En este proceso, es esencial el papel que los habitantes tengan un rol importante en la decisión sobre los usos que se le pretende otorgar al territorio, razón por la que se valora la inclusión de un inciso que garantiza la participación de la comunidad en este ámbito.

En resumidas cuentas, se propone retomar e incluir el derecho a la ciudad y el territorio, en el eventual nuevo proceso constituyente.

2.9. Energía

En este apartado se mencionan las propuestas que se desprenden de los resultados del capítulo de Energía.

1) Inversión en proyectos de investigación y desarrollo. Para poseer una alta participación de las ENRC y cumplir con los objetivos institucionales, tanto a nivel nacional como internacional, es necesario invertir en proyectos e I+D que permitan la creación y eficacia de estos, haciendo así que estas energías posean un rol más protagónico dentro de la matriz energética. Tal como se presenta el panorama actual hay indicios favorables, aunque no se puede pensar de manera autárquica o behaviorista en la materia, ya que el tema de la energía es crucial en estos tiempos de globalización. Cualquier país puede ver seriamente menoscabados sus deseos de cambio, y la posibilidad de cometer errores graves (como lo fue en su momento confiar en el gas natural importado), debe ser evaluada.

2) Descentralización del sistema energético. Es crucial para el desarrollo del sistema energético en todos sus niveles la existencia de un sistema que permita la descentralización tanto de su uso, como de su fuente, de su manejo, etc. Esto debido a que a través de un sistema descentralizado se podría mejorar la accesibilidad de la energía para todas las personas y el tratamiento de problemas específicos para cada región, un factor fundamental para lograr un desarrollo que efectivamente permia que en las regiones queden los frutos de la utilización sustentable de su patrimonio de recursos naturales

3) Inclusión de criterios de sustentabilidad en el sector energético. Es crucial para la situación ecológica mundial esta línea estratégica, cosa que ya ha ratificado Chile mediante acuerdos y el establecimiento de metas de logro con respecto al sector energético. Por esto, todas las decisiones que se realizan en torno a la energía deben tener como pilar un enfoque sustentable desde el punto de vista de las amenazas del calentamiento global, del cual Chile es un país que se está viendo afectado de manera significativa.

4) Promover la implementación de la Ley de Biocombustibles Sólidos. El 04 de noviembre de 2022 fue publicada en el Diario Oficial la Ley N° 21.499 que regula los biocombustibles sólidos. De acuerdo con la presente ley, todo biocombustible sólido que se comercialice en el país debe cumplir con especificaciones técnicas

mínimas de calidad. En virtud de lo dispuesto en esta ley, resulta esencial que el Ministerio de Energía comience la elaboración del **Plan Nacional para la Modernización del Mercado de los Biocombustibles Sólidos**, el cual debe incluir: **a)** planes de acompañamiento a los pequeños productores y asociatividad entre éstos; **b)** fomento de la certificación de los Centros de Procesamiento de Biomasa y de la inscripción de los Centros de Procesamiento de Biomasa y comercializadores; **c)** coordinación entre los programas de reacondicionamiento térmico de viviendas; **d)** recambio de artefactos residenciales e institucionales; **e)** las medidas atingentes a calefacción contempladas en los PPDA y otras políticas públicas relacionadas con la comercialización, la información y estadísticas relativas a ésta, y el uso de biocombustibles sólidos; y **f)** metas y objetivos a nivel nacional, regional o local, considerando plazos y gradualidad en su cumplimiento.

5) Elaborar una Política energética basada principalmente en Energías Renovables no Convencionales. El cambio en el modelo de desarrollo requiere construir una política energética para el país basada principalmente en las ERNC, lo cual podría ser posible debido a que Chile importa la mayoría de energía primaria de su matriz energética, por lo que sería bastante conveniente empezar a enfocarse en las oportunidades que pueden traer las energías renovables. No solamente en el tema ambiental, sino que también como oportunidad de negocio. Y como se ha señado, nuestra potencialidad nacional en ERNC y ERC es bastante amplia. Ahora bien, una política de promoción de las ERNC debe estar **dirigida al Estado, a las empresas privadas y a los ciudadanos**. Un ejemplo de esto podría ser una campaña de promoción de paneles de energía solar para edificios y casas. Otro ejemplo es la aplicación responsable del principio de eficiencia energética, evitando el derroche y los usos superfluos. A través de una política integral que informe a la ciudadanía e incentive a la empresa privada a invertir en este tipo de sistemas, se podría lograr aumentar la cobertura de energía de manera sustentable para los hogares. Más aún, por ser un fenómeno transversal, la energía puede ser vista desde múltiples perspectivas. Al ser una necesidad social, es necesario verla desde otras perspectivas (género, marginalidad, infancia), puesto que eso asegura que cualquier medida tenga en cuenta a todos los habitantes del territorio chileno, asegurando su acceso y calidad.

Más allá de las propuestas, no hay que olvidar, que existe cierta tendencia mundial a no resignarse a abandonar las energías fósiles, carbón y petróleo fundamentalmente. Esto es inevitable, al haber tantos intereses de por medio. Existen múltiples países que basan su economía en el petróleo u otra energía fósil,

tanto en su exportación como en la creación de materiales entorno a estos, como Arabia Saudita; o que mantienen sus intereses geopolíticos gracias a su influencia en la matriz energética de otros países, como Rusia. O como en el caso de nuestros vecinos Argentina y Bolivia, que tienen potencialidad en materia de gas natural.

Al estar involucrado tanto poder detrás de estas industrias es natural que los países sean reticentes a soltar el aprovechamiento de esos recursos para su desarrollo interno. La mutación en el perfil energético no es un de tema euforias, sino de *realpolitik*.

Una transición energética acelerada o precipitada, al margen de las presiones dialécticas que realizan los sectores productores y distribuidores, movidos por sus intereses, es algo que debe ser impulsado con los recaudos del caso, sobre todo porque estamos hablando de procesos de largo plazo que tendrán expresión solo en el mediano, en el mejor de los casos (Salazar, 2022). El sector energético es activo como lo prueban sus reacciones rápidas y contundentes frente a cambios en lo que llaman “reglas del juego” aplicables al sector (Munita, 2022).

Los sectores productores de energías renovables exigen por su parte flexibilidad para su entrada al sistema interconectado, mayor justicia para el sector dadas sus contribuciones a la sustentabilidad, y el apoyo del estado para impedir los bloqueos que los sectores más poderosos (energías fósiles, gran hidroeléctrica, biomasa) pudieran oponer s sus deseos de ampliación de espacio en los mercados.

2.9.1. Propuesta constitucional

Como propuesta constitucional para el sector energía, se retoma el **artículo 59** del proyecto elaborado por la Convención Constitucional:

1. Toda persona tiene derecho a un mínimo vital de energía asequible y segura.
2. El Estado garantiza el acceso equitativo y no discriminatorio a la energía que permita a las personas satisfacer sus necesidades, velando por la continuidad de los servicios energéticos.
3. Asimismo, regula y fomenta una **matriz energética distribuida**, descentralizada y diversificada, **basada en energías renovables** y de **bajo impacto ambiental**.
4. La infraestructura energética es de interés público.
5. El Estado fomenta y protege las empresas cooperativas de energía y el autoconsumo.

Se destaca particularmente el inciso N° 3, en lo referido a regular y fomentar una matriz energética basada en energías renovables y que posean un reducido impacto con el medio ambiente. Una disposición de esta índole a nivel constitucional se considera un paso favorable para el cambio hacia un modelo de desarrollo con una elevada sustentabilidad ambiental, toda vez que permite reducir la dependencia y uso de los combustibles fósiles, lo que en consecuencia significa una reducción de los impactos al medio ambiente.

2.10. Desastres socionaturales

En el presente apartado el conjunto de propuestas de políticas públicas relativos a los desastres socio-naturales, y que se extraen del capítulo con nombre homónimo.

En el contexto del" cambio estratégico" del estilo de desarrollo predominante, Chile debe realizar acciones específicas en las siguientes líneas fundamentales:

1) Reforzar la profesionalización y descentralización del Sistema Nacional de Protección Civil, convocando al conjunto de los actores claves del Estado y de la iniciativa privada, generando un clima de apoyo a la acción de prevención y acción en desastres de ser necesario, en el que cada uno de los actores "juegue un rol decidido, conocido y entrenado". En particular se debe disponer de recursos extraordinarios destinados a esta vital finalidad pública y ello debe aplicarse con

urgencia en cada región (o macrorregión) del país. De ese modo la respuesta territorial, deberá imponerse como el "esquema de crisis" a privilegiar.

2) Sistematizar, organizar y constituir un "todo coherente" del conjunto de las investigaciones, hallazgos y formulaciones científicas y tecnológicas de la comunidad científica. Particular importancia tiene la sistematización de "experiencias desastrosas", con sus enseñanzas, críticas y tareas pendientes. De ese modo la prevención y las respuestas se deberán enmarcar en el acabado conocimiento científico. Esas comisiones deben ser instancias permanentes de consulta para las decisiones estratégicas específicas en eventuales desastres.

3) Incluir los riesgos de desastres socionaturales en el Ordenamiento Territorial. Es urgente la adopción de acciones fundamentales en el ámbito del Ordenamiento del Territorio, a través de los instrumentos que establecen los Gobiernos Regionales y la supervisión técnica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Es imprescindible, y a breve plazo, la definición y el establecimiento de "zonas de riesgo", a lo menos en aquellos casos en que los desastres precedentes han marcado lugares precisos (como en los tsunamis en zonas costeras, quebradas y cursos de ríos específicos, masas boscosas críticas y otras situaciones que obligan a restricciones de uso evidentemente riesgosas).

4) Acción regional para el enfrentamiento de desastres socionaturales. Es imprescindible que, en cada región, y a cargo de los respectivos Gobiernos Regionales, establezcan a la brevedad, mapas de riesgos en todos sus territorios y particularmente en ciudades y asentamientos humanos principales. Estos instrumentos deberán formar parte del "material fundamental" a nivel de cada comuna, para la definición de acciones preventivas de alistamiento frente a desastres previsibles. Los Gobiernos Regionales deberán constituir, desde ya, Comités Interministeriales de prevención y acción frente a desastres.

5) Catastrar al conjunto de las empresas productivas principales en el territorio de cada región. Es importante definir cuáles son las principales empresas que desarrollan actividades productivas en cada región del país, para posteriormente definir el rol que deberán desempeñar en la prevención y tratamientos de desastres eventuales en cada región. De ese modo, debemos comprometer acciones que sostengan la producción y el abastecimiento y la acción general de remediación y eventual reconstrucción frente a desastres como los que se han presentado en el país.

2.11. Gestión ambiental

Finalmente, en esta sección se presentan y se sugieren un conjunto de elementos que deberían formar parte de una futura **política de gestión ambiental** del país.

2.11.1. Visión

Como visión se propone que la Política de Gestión Ambiental (PGA) oriente las acciones de los actores públicos, privados y de la sociedad civil con el objeto de promover el desarrollo ambientalmente sustentable del país.

Para ello, se entiende que los principios de **Articulación Ambiental, Multiescalaridad, Sustentabilidad, Participación Ciudadana, Transparencia y Transferencia Ambiental y Resiliencia Territorial**, son prerrequisito para habilitar un proceso de gestión ambiental que sea holístico y propenda al cuidado de los recursos naturales y su uso racional, a la conservación de los atributos naturales necesarios para preservar y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas, a un desarrollo humano que conciba al medio ambiente como un sistema que sostiene y permite la vida humana.

Debe ser deber del Estado asegurar la implementación y cumplimiento de las acciones de la PGA, las que son concebidas mediante un enfoque de gobernanza territorial sistémico y estratégico, que promueva la coordinación e integración horizontal y multinivel de los actores territoriales.

2.11.2. Principios

Los principios rectores, que deberían inspirar a la PGA y orientar su implementación, corresponden a los siguientes:

a) Articulación ambiental: Propende a la coordinación horizontal de los actores territoriales de una determinada escala con el objeto de asegurar instancias de encuentro y concertar acciones para la administración del medio ambiente y el resguardo de su integridad.

b) Multiescalaridad: Promueve la **integración** de la **escala** nacional, regional, provincial, comunal y local para efectos de la administración y regulación del medio ambiente.

c) Participación ciudadana: Es deber del Estado contar con los mecanismos que permitan asegurar la participación vinculante de toda persona o agrupación de personas en la gestión ambiental tanto a nivel nacional, como regional y local, según corresponda.

d) Transparencia y transferencia ambiental: Es deber del Estado facilitar y transmitir de forma adecuada y oportuna la información ambiental, fomentando la difusión y sensibilización en la materia, reduciendo las asimetrías de información, a través de un intercambio bilateral entre el conocimiento local e institucional.

e) Sustentabilidad: Promueve el **desarrollo integrado** de las dimensiones ambientales, sociales, económicas y culturales de los territorios, entendiendo estos últimos como **unidades complejas** y únicas.

f) Resiliencia territorial: Promueve la capacidad de los **territorios** para adaptar **su identidad y mantener su funcionalidad** ante perturbaciones **exógenas** propias de las relaciones de exterioridad que establece.

2.11.3. Ejes y objetivos estratégicos

En el **Cuadro 2.2**. se presentan los ejes y objetivos estratégicos propuestos. Tal como ocurrió con la propuesta de la calidad del aire, este conjunto de ejes no se encuentra ordenado según relevancia.

Cuadro 2.2. Ejes y objetivos estratégicos de la propuesta de política de gestión ambiental.

Eje estratégico	Objetivo estratégico
1. Institucionalidad ambiental para el desarrollo sustentable	1.1. Constituir un Comité Interministerial para la Planificación y Gestión Sustentable, encargado de formalizar los mecanismos de implementación y supervisión de los instrumentos de gestión ambiental.
	1.2. Constituir Comités Regionales y Locales para la Planificación y Gestión Sustentable.
	1.3. Asegurar los recursos económicos y técnicos para el funcionamiento de cada comité para la planificación y gestión sustentable.
	1.4. Definir los roles y funciones de cada uno de los integrantes del Comité.
2. Desarrollo de redes regionales y locales tripartitas para la gestión del medio ambiente.	2.1. Articular e implementar instancias de encuentro tripartitas entre el Estado, el sector privado y la sociedad civil.
	2.2. Definir los roles y funciones de cada uno de los

	actores territoriales en base a las componentes ambientales y sociales.
	2.3. Esquematizar y priorizar las principales problemáticas medioambientales regionales, comunales y locales.
	2.4. Elaborar e implementar un plan de acción para las principales problemáticas medioambientales.
3. Manejo integrado del territorio que propenda a la protección y/o conservación de los recursos naturales y sus ecosistemas, y al desarrollo sustentable de las actividades productivas.	3.1. Caracterizar el estado de los instrumentos de conservación, restauración y preservación de los recursos naturales y ecosistemas.
	3.2. Diseñar un instrumento que articule las herramientas existentes para el manejo de los recursos naturales y sus ecosistemas.
	3.3. Implementar el instrumento de articulación considerando una participación ciudadana anticipada e iterativa.
	3.4. Evaluar la eficacia del instrumento para la protección y/o conservación de los recursos naturales y sus ecosistemas a partir de instancias tripartitas.

Fuente: Elaboración propia.

Es relevante enfatizar que cada una de los ejes y objetivos estratégicos planteados incluyen ámbitos críticos para la gestión del medio ambiente, por lo que su tentativa implementación debiera ser efectuada bajo una mirada estratégica e integral y no de forma separada.

2.12. BIBLIOGRAFÍA

CONAF. (2017a). *Reporte de Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT) ante la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULD).* Recuperado de https://redd.unfccc.int/uploads/4833_6_reporte_ldn__282ene2018_29_-_vfpc.pdf

Convención Constitucional. (2022). *Propuesta Constitución Política de la República de Chile 2022*. Recuperado de https://www.chileconvencion.cl/wp-content/uploads/2022/07/Texto-Definitivo-CPR-2022-Tapas.pdf

De la Vega, F. (2020). *Día Nacional del Medio Ambiente. Participación ciudadana y educación ambiental: las claves para avanzar en la Conservación de la Naturaleza*. Recuperado de https://uchile.cl/noticias/169199/participacion-ciudadana-y-educacion-claves-en-conservacion-ambiental

Ipsos. (2022). Claves IPSOS Noviembre 2022. Recuperado de https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2022-11/Claves%20Ipsos%20Noviembre%202022%20Medici%C3%B3n%2013%20-%20Especial%20Espacio%20P%C3%BAblico%20VF_0.pdf

Mesa Técnica Sectorial de Adaptación Sector Minería. (2022). *Reporte Mesa Técnica Sectorial de Adaptación Sector Minería*. Recuperado de https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Reporte-Mineria-12082020.pdf

Munita, I. (08 de diciembre de 2022). Alerta en sector energético: Industria en picada contra nuevo y "crucial" reglamento de potencia que prepara el Gobierno. Emol. Recuperado de https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/12/08/1080499/reglamento-potencia-critica-sector-electrico.html

Precht, A.; S. Reyes. y C. Salamanca. 2016. *El ordenamiento territorial de Chile*. Santiago, Chile: Ediciones UC.

Salazar, D. (09 de diciembre de 2022). Transición Energética Acelerada o Precipitada. La Tercera. Recuperado de https://www.latercera.com/opinion/noticia/columna-de-daniel-salazar-transicion-energetica-acelerada-o-precipitada/2BW2XP2OFJBHJAWAGNWDEQNOYM/

Senado. (2022a). *Boletín 15513-12*. Recuperado de https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php

Senado. (2022b). *Boletín 11608-09*. Recuperado de https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php

Servicio Electoral de Chile. (2022). Resultados definitivos Plebiscito Constitucional 2022. Recuperado de https://www.servel.cl/resultados-definitivos-plebiscito-constitucional-2022/

Soto, E., y Ramírez, H. (2022). *Minuta Impactos Ambientales, Regulación y Evaluación de los Proyectos de Desalinización de Agua de Mar*. Recuperado de https://www.terram.cl/descargar/naturaleza/agua/Minuta-sobre-la-regulacion-de-plantas-desaladoras.pdf


FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS