

# Documentos del CAPP: La perspectiva del Centro de Análisis de Políticas Públicas frente a la nueva realidad climática



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MEDIO AMBIENTE, ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL Y CAMBIO CLIMÁTICO  
(MA-OT-CC)  
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

## Tabla de contenidos

Presentación	3
1. Contribución al debate constitucional: cambio climático	4
2. Perspectiva del CAPP respecto a las menciones a Chile en el Informe del IPCC	7
2.1. Vulnerabilidad de los bosques nativos ante el cambio climático	7
2.2. Calidad del aire	8
2.3. Precipitaciones y caudales	10
2.4. Inundaciones	12
2.5. Incendios forestales	13
2.6 Nieve y glaciares	15
2.7. Reflexiones y resumen de propuestas	17
3. Referencias bibliográficas	19

## PRESENTACIÓN

Este documento de trabajo surge del interés del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos de la Universidad de Chile de contribuir a la actual discusión sobre el cambio climático y sus consecuencias en nuestro país.

La presente iniciativa se enmarca dentro de un hito relevante: el día 09 de agosto de 2021 el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) publicó su Informe “**Climate Change 2021. The Physical Science Basis**”. Los resultados expuestos por los expertos no son nada alentadores, los impactos del cambio climático son graves y atribuibles, en su totalidad, a la actividad antropogénica.

Desde hace más de una década que el Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), viene advirtiendo de que el cambio climático ha modificado la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos en nuestro país (tormentas, inundaciones, sequías). Prueba de ello son los resultados obtenidos en las diferentes versiones del Informe País (la primera versión data del año 1999). De acuerdo con el CAPP entre los fenómenos en Chile atribuibles al cambio climático se encuentran: **anomalías de las temperaturas extremas, anomalías en las precipitaciones, cambios en los regímenes de precipitaciones (megasequía), olas de calor a nivel nacional por temporada, cambios en el mar y en el borde costero, cambios en los glaciares, cambios en la distribución de la biocenosis, cambios en la vegetación terrestre, y cambios en ambientes marinos**. A más de una década de nuestros primeros hallazgos, aún se carece de los instrumentos normativos adecuados para enfrentar esta latente amenaza.

El presente documento, parte por entregar propuestas constitucionales referentes al cambio climático, luego, se exponen las diferentes menciones a Chile por parte del Informe del IPCC, y la visión del CAPP sobre las mismas. Los temas que se enfatizan son: **1)** vulnerabilidad de los bosques frente al cambio climático, **2)** calidad del aire, **3)** precipitaciones y caudales, **4)** inundaciones, **5)** incendios forestales, **6)** nieve y glaciares. Por último, se exponen una serie de reflexiones y propuestas para enfrentar a la que denominamos como **nueva realidad climática**.

### CÓMO CITAR ESTE DOCUMENTO:

**Orrego, G. (2021). Documentos del CAPP: la perspectiva del Centro de Análisis de Políticas Públicas frente a la nueva realidad climática. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile.**



## 1. Contribución al debate constitucional: cambio climático

De acuerdo con el último informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), publicado el día 09 de agosto del presente año, “es inequívoco que la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra. Se han producido cambios rápidos y generalizados en la atmósfera, el océano, la criósfera y la biósfera”. En otras palabras, el cambio climático y sus consecuencias tienen grandes responsables: los y las habitantes del planeta Tierra.

La evidencia recopilada por este grupo de expertos está indicando que los cambios en el sistema terrestre están ocurriendo a un ritmo más acelerado de lo esperado, sin embargo, la evidencia indica, que las sociedades no se están adaptando a la velocidad necesaria para frenar el calentamiento global, y menos aún para hacer frente a las consecuencias del cambio climático. No obstante, la contribución de Chile a las emisiones de GEI son mínimas, los efectos del cambio climático son una amenaza real actual, ya se dejan sentir dichos efectos en el país, y futura, por lo que las acciones de adaptación deben considerarse con urgencia. El Estado de Chile se encuentra frente a una gran disyuntiva: observar cómo se ve progresivamente afectada la calidad de vida de sus habitantes, o bien, responder con un marco jurídico-institucional ambiental que permita propender a mantener un medio ambiente sano, a conservar la naturaleza y a potenciar la acción climática a nivel nacional y local.

En lo referente a Chile, el ya citado informe del IPCC indica con un nivel de confianza alto que la mega sequía que afecta al país no tiene precedentes en el último milenio. Adicionalmente, los expertos destacan que el 25% de la disminución de las precipitaciones que ha acontecido en los últimos 50 años en la zona central de Chile se puede atribuir a la influencia antropogénica.

También, con un nivel de confianza alto, los expertos pronostican que en el sudoeste de Sudamérica (zona en la que se ubica Chile) se experimentan aumentos en la recurrencia, duración, y gravedad de las sequías. Con tales condiciones climáticas, no sería extraño esperar una mayor cantidad y severidad de incendios forestales en el centro y sur del país. Con el mismo nivel de confianza, el informe agrega que las proyecciones apuntan a una disminución en la extensión y duración de la capa de nieve estacional en la cordillera de los Andes, lo que se traduciría en una reducción de los caudales de los ríos en diferentes zonas del país.

Pese a la actual urgencia climática, el Estado de Chile ha tenido una reacción más reactiva que proactiva, pues desde el 2010 que el país se encuentra inmerso en una mega sequía y aún no se han generado los avances legislativos acordes a la situación.

El 13 de enero de 2020 ingresó al Senado el proyecto de ley marco de cambio climático (Boletín N° 13.191-12) el cual, después de año y medio, aún se encuentra en su primer trámite constitucional. En dicho proyecto de ley, se define una meta de carbono neutralidad al año 2050. Para alcanzar dicha meta, se establecen los siguientes principios rectores: científico, costo-efectividad, enfoque ecosistémico, equidad y justicia climática, precautorio, no-regresión, participación ciudadana, preventivo, progresividad, territorialidad, transparencia y transversalidad. Además, se resalta el desarrollo de instrumentos de gestión a nivel nacional,

regional, y local, entre ellos la Estrategia Climática de Largo Plazo, Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, Planes de Acción Regional de Cambio Climático, Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas y Planes de Acción Comunal de Cambio Climático, varios de estos instrumentos ya se encuentran en proceso de elaboración y/o implementación. Debe igualmente agregarse que, es un proyecto que fortalece las atribuciones del Ministerio del Medio Ambiente, y de la Superintendencia del Medioambiente en la materia.

Por otra parte, desde hace más de 10 años que en el Congreso aún descansa una reforma al Código de Aguas (Boletín N° 7.543-12), proyecto que actualmente se encuentra en su tercer trámite constitucional y a puertas de ser publicado como ley. De dicha iniciativa se destaca que: 1) refuerza la categoría de bien nacional de uso público del agua, ya que señala que su dominio y uso pertenece a todos los habitantes de la nación, 2) define el acceso al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial e irrenunciable, mismo que debe ser garantizado por el Estado, 3) prohíbe constituir derechos de aprovechamiento de agua en glaciares, 4) establece la protección de las aguas que forman parte de territorios indígenas, rol que debe ser cumplido por el Estado, y respetando las leyes y los tratados internacionales ratificados por Chile y que se encuentren actualmente vigentes, 5) establece prioridades de uso (consumo humano, subsistencia y saneamiento), 6) crea nuevos derechos como concesiones de aprovechamiento temporal del recurso hídrico (se otorgan por un plazo de treinta años), 7) otorga la facultad al Presidente de la República para declarar zonas de escasez hídrica por un período máximo de un año, prorrogable previo informe de la Dirección General de las Aguas (en la actualidad es por un periodo máximo de seis meses y no prorrogable).

La nueva realidad climática que le espera al país requiere que ambas iniciativas se aprueben y publiquen en el diario oficial en el corto plazo. Más aún si se considera que en Chile hay 383.204 viviendas que carecen de agua potable. El más perjudicado es el mundo rural, donde el 47,2% de la población no cuenta con un abastecimiento formal del recurso hídrico (Fundación Amulen, 2019).

El debate sobre el cambio climático debe reconocer que sus causas primarias tienen que ver con la degradación ambiental global producto de las presiones del crecimiento demográfico y el desarrollo económico. En el ámbito nacional, dichas causas primarias han sido identificadas y reiteradas por variadas instancias destacándose, entre ellas, los sucesivos informes independientes sobre el Estado del Medio Ambiente que el Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP) viene produciendo desde 1999.

El debate constitucional, por otra parte, no puede ignorar el hecho de que el país, particularmente, la zonas central y sur, como lo hace presente el informe del IPCC en referencia, se verá negativamente afectado por el cambio climático, incluso en escenarios de acciones climáticas efectivas que reduzcan futuros incrementos del calentamiento global. Es necesario reconocer que la degradación del medio ambiente humano – que, desde luego, incluye la naturaleza en toda su complejidad y componentes e interacciones vitales y con la propia humanidad – y el calentamiento global a que da lugar dicha degradación y que la exacerba,

requiere acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, así como acciones de conservación y restauración de la naturaleza, entendida como el entramado de la vida.

Los debates planteados deben ocurrir en el marco del proceso constituyente y quedar plasmados, de un modo u otro, en el texto de la nueva constitución. Se propone que los constitucionales consideren:

- Incluir un principio de desarrollo ambientalmente sustentable, mismo que procure salvaguardar los ecosistemas de los cuales depende el bienestar de las generaciones actuales y futuras.
- Incluir un principio de responsabilidad climática que reconozca que la inacción frente al cambio climático no solo afecta a los habitantes del territorio nacional sino a la comunidad internacional.
- Agregar un principio precautorio, en el que, frente a la presencia de un riesgo o peligro de daño grave o irreversible al medio ambiente, la falta de certeza científica no debe utilizarse como una excusa para no tomar medidas eficaces que permitan impedir dichos riesgos o peligros.
- Incorporar un principio de justicia ambiental, que propenda a una distribución equitativa de los beneficios ambientales y de los costos de la degradación ambiental y de la mitigación y adaptación al cambio climático.
- Integrar el derecho humano al agua, mismo que debiese ser garantizado por el Estado.
- Reconocer la naturaleza como sostén de la vida, con valores intrínsecos, sujeto de derecho.
- Reconocer que la supervivencia de la humanidad en el largo plazo es función de la naturaleza y, por lo tanto, que su conservación y/o restauración sea un deber del Estado.
- Incluir como deber del Estado la adopción de medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático.
- Reconocer que el Estado debe respetar las diferencias territoriales, de tal manera que las medidas de mitigación y adaptación que se pretendan realizar sean coherentes con su contexto de aplicación.

Si bien el contar con un marco normativo sobre cambio climático más robusto es un paso en la dirección correcta, no debe ser visto como la única alternativa destinada a solucionar la gran variedad de problemas sociales, económicos y ambientales referentes a esta temática, pues todo se reduce a la disposición que tenga la sociedad en su conjunto (sociedad civil, actores públicos y privados) para adaptar e incluso transformar su comportamiento en respuesta a lo que será la **nueva realidad climática**.

## 2. Perspectiva del CAPP respecto a las menciones a Chile en el Informe del IPCC

### 2.1. Vulnerabilidad de los bosques nativos ante el cambio climático

De acuerdo al Informe del IPCC: “los registros del ancho de los anillos de los árboles han proporcionado evidencia de que los períodos secos prolongados recientes en el Levante y Chile no tienen precedentes en el último milenio (nivel de confianza alto)”. A lo que agrega que “esto puede ser una señal de forzamiento antropogénico, pero hasta ahora no se puede distinguir de la variabilidad natural”.

Respecto a este punto, el Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018, concuerda con que la actual megasequía es la más larga del último milenio. Reconoce al mismo tiempo que existe evidencia científica robusta acerca de la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de mitigar desde los ecosistemas forestales, los cuales también están siendo y serán cada vez más afectados producto del cambio climático.

También, en el citado informe se declara un efecto significativo directo de la megasequía (2010-2016) sobre la productividad de bosques esclerófilos. Particularmente, se ha registrado una disminución del Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por su sigla en inglés). Un tercio del área estudiada por Miranda et al. (13.000 km<sup>2</sup> entre el Océano Pacífico y la precordillera andina (33.1°-34.1°S- 71.5°-70.2°O), se vio afectada en este periodo por “browning” o decaimiento del verdor de la vegetación asociado a una disminución de su vigor debido a diferentes causas de estrés. El mayor efecto se observó en zonas semiáridas dominadas por especies tolerantes a la sequía.

Por otra parte, el Informe País, señala una reducción del crecimiento radial en distintas especies arbóreas del país. Entre dichas especies se encuentra ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*), araucaria (*Araucaria araucana*), coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), roble del Norte (*Nothofagus macrocarpa*), y alerce (*Fitzroya cupressoides*). Lo anterior, pone una señal de alerta, pues las condiciones de sequía se exacerbarán en las próximas décadas, afectando la supervivencia de algunas de estas especies.

Caso emblemático es el de la araucaria, pues los resultados obtenidos en un estudio reciente indican (hasta el momento) que los bosques de araucaria son un ejemplo claro de cómo las condiciones más secas y calurosas, y la severidad y duración de las sequías, están teniendo una serie de impactos sobrepuestos (Gipoulou, 2019). Estos impactos se refieren al daño foliar causado directa o indirectamente por factores bióticos y/o abióticos y la reducción del crecimiento de los árboles.

Hay casos contrarios, como el de ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) quien reportó un cambio positivo en el crecimiento radial en dos de cuatro sitios estudiados en la Patagonia (47 o 45'S- 48º 05'S, Camarero et al., 2018). O del ya mencionado alerce en la

cordillera de los Andes (Parque Nacional Alerce Andino). Crecimiento que se asocia a condiciones más secas y calurosas.

Por último, el Informe País menciona que un aspecto clave a investigar es la capacidad de los bosques nativos de comportarse como sumideros o fuentes de carbono. Un estudio realizado por Pérez-Quezada et al. (2018) para bosques antiguos de Chiloé documentó que los bosques actuaban como sumideros de carbono a una escala anual (-238 +- 31 g C/m<sup>2</sup>). Sin embargo, el balance del bosque resultó muy sensible a variaciones climáticas, reportándose pulsos importantes de emisión asociados a episodios secos durante el verano (Pérez-Quezada et al., 2018). Los autores reportaron que el escenario proyectado de cambio climático para el sur de Chile puede impactar significativamente el sistema, haciendo que los bosques antiguos estudiados se transformen de sumidero a una fuente de carbono (Pérez-Quezada et al., 2018).

Respecto al bosque nativo, en el Informe País, se recomienda **crear nuevas áreas protegidas para enfrentar las diversas amenazas que se ciernen sobre la conservación y manejo sustentable de los bosques nativos**, resguardando su biodiversidad, su condición de importantes reservorios de carbono y los diversos servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad. **Aplicar una mayor vigilancia de las áreas protegidas públicas y privadas y de bosques nativos no protegidos** para velar por su integridad y evitar su degradación por los fenómenos atribuibles al cambio climático. **Consolidación de un panel de especialistas de diferentes instituciones gubernamentales, académicas, consultores, empresas y organizaciones de la sociedad civil que sea convocado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), dado su rol como institución encargada de la actualización y monitoreo de la cobertura de bosque nativo.** Dicho panel, debiese tener un rol permanente en la definición de una metodología de monitoreo, y de registro de los cambios en el bosque nativo. Finalmente, se propone **incorporar las modificaciones que se estimen necesarias a los textos legales vigentes** (Ley de Bosques, Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, Reglamento de Suelo, Aguas y Humedales) o **promover nuevas leyes** sobre la materia.

## 2.2. Calidad del aire

El Informe del IPCC en referencia reconoce que, las políticas de calidad del aire surgieron hace varias décadas, a escala mundial, y se centraron en la mitigación de las emisiones impulsadas primero por la calidad del aire a escala local y luego por las preocupaciones sobre el daño en la salud y en las aguas marinas y continentales. Dichas políticas han hecho posible reducir o limitar la exposición a la contaminación en muchas megaciudades o regiones densamente pobladas; entre ellas, se cita el caso de **Santiago en Chile** (Gallardo et al., 2018) que, efectivamente, fue el foco de políticas públicas de descontaminación atmosférica desde los años noventa.

No obstante, son reducidos los estudios que han cuantificado el impacto de estas políticas sobre el clima. El Quinto Informe de Evaluación del IPCC concluyó que el control de la calidad del aire tendría consecuencias sobre el clima, con una fuerte variabilidad regional, pero no se dispone de



estimaciones de los impactos de una política específica de calidad del aire. Escasos estudios posteriores al Quinto Informe han proporcionado estimaciones de indicadores climáticos relevantes afectados por cambios significativos en la carga de contaminantes del aire debido a la política de calidad del aire en regiones seleccionadas.

Referido a este punto, el Informe País, señala que en 1998 se comenzó a implementar el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para la Región Metropolitana de Santiago, y a partir de 2009 se continuaron implementando Planes de Descontaminación Atmosférica para otras ciudades y comunas del país.

Como resultado de esta iniciativa, en la Región Metropolitana de Santiago (RM) se ha logrado una significativa reducción de emisiones, principalmente hacia fines de los 90s, misma que continuó, aunque de forma menos acentuada hasta 2005. Sin embargo, en el último quinquenio se ha observado un estancamiento de los valores de MP10 y MP2,5 respecto a la normativa. Para 2018 la RM nuevamente presentó condiciones de Zona Saturada respecto al MP10 y MP2,5 normas diaria y anual.

Una situación similar se da con el ozono troposférico (O<sub>3</sub>) respecto al cumplimiento de la norma de 8 horas, si bien respecto a fines de los 90s ha habido una disminución de las concentraciones, la RM continúa presentando condiciones de Zona Saturada, principalmente por los valores registrados en comunas del sector nororiente de la ciudad, en tanto en otras estaciones de la red los valores, en general, presentan una condición de latencia (entre 80% y 100% de la norma).

La última versión del Informe País concluye también que pese a las actualizaciones del PPDA de la RM (2000, 2005, 2010 y 2015), hasta ahora no se ha logrado alcanzar las metas establecidas, básicamente, cumplir con los valores que establece la normativa para contaminantes como el MP10, O<sub>3</sub> y MP2,5 de modo de proteger la salud de la población. A ello se atribuyen variadas causas: el incesante crecimiento demográfico, del número de fuentes fijas y del parque automotriz, así como la expansión continua e inorgánica de la ciudad y el aumento de uso de la leña como calefacción domiciliaria.

El Informe País estima como insuficiente el apoyo estatal para dar cuenta de la creciente demanda ciudadana sobre las problemáticas ambientales, demandas que se asocian a una percepción de débil fiscalización y a plazos incumplidos respecto a medidas y metas establecidas en estos instrumentos de gestión ambiental.

Por último, en el citado Informe País, se señalan medidas requeridas, discutidas y consensuadas para mejorar la calidad del aire, entre ellas: **promover una descentralización efectiva, detener el crecimiento inorgánico de la ciudad y del parque automotriz, prohibición absoluta del uso de leña en el periodo otoño-invierno, implementar de forma creciente el uso de Energías Renovables No Convencionales (ENRC) y realizar programas eficientes de difusión y educación.**

### 2.3. Precipitaciones y caudales

De acuerdo al Informe del IPCC, varias regiones subtropicales y semiáridas del hemisferio sur han experimentado episodios de sequía a finales del siglo XX. Particularmente:

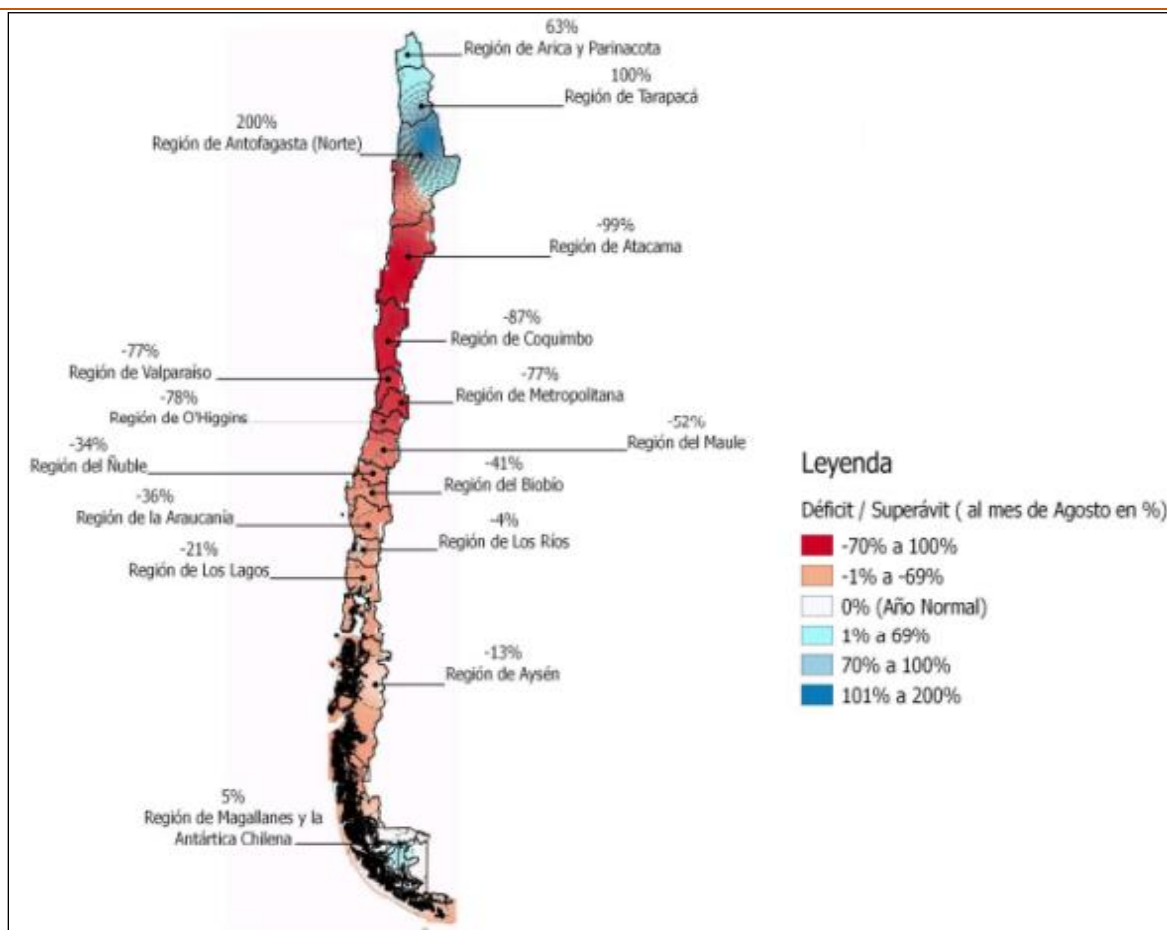
El suroeste de Sudamérica (centro de Chile) experimentó una disminución de varias décadas en las precipitaciones y escorrentía que culminó en una mega sequía posterior a 2010 que se ha atribuido en parte a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero y al agotamiento de la capa de ozono (IPCC, 2021, capítulo 8, página 42).

Adicionalmente, se espera (con una confianza media) que en el suroeste de América del Sur (zona en la que se encuentra Chile) se produzca una reducción de las precipitaciones y un aumento de la demanda evaporativa (confianza alta) (IPCC, 2021). A ello, se suma la probabilidad de que se generen sequías más graves y duraderas (nivel de confianza alto).

Sobre esta temática, el último Informe País, indica que para el año 2019 entre las regiones de Coquimbo y O'Higgins los déficits variaron entre un 60 y casi un 100%. Entre el Maule y Aysén para ese mismo año, los déficits variaron entre un 10% y un 60%. Las únicas zonas con superávit para dicho año correspondieron al altiplano de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, y Antofagasta, con valores que sobrepasan en algunos casos el 200% en relación a un año normal. También, registró un superávit de un 13% la región de Magallanes aquel año.

Al momento de comparar los valores de precipitaciones a agosto de 2019 con el valor promedio a la misma fecha entre los años 1981-2010 (Ver Figura 1), se muestra la existencia de déficits en la mayoría de las regiones del país. Destaca el caso de las regiones de Atacama, Coquimbo, O'Higgins, Valparaíso, Metropolitana y Maule con un déficit de 99%, 87%, 78%, 77%, 77%, y 52% respectivamente. Caso contrario es el de la región de Antofagasta (norte), Tarapacá, Arica y Parinacota, y Magallanes (sur), que cuentan con un superávit de un 200%, 100%, 63% y 5% respectivamente.

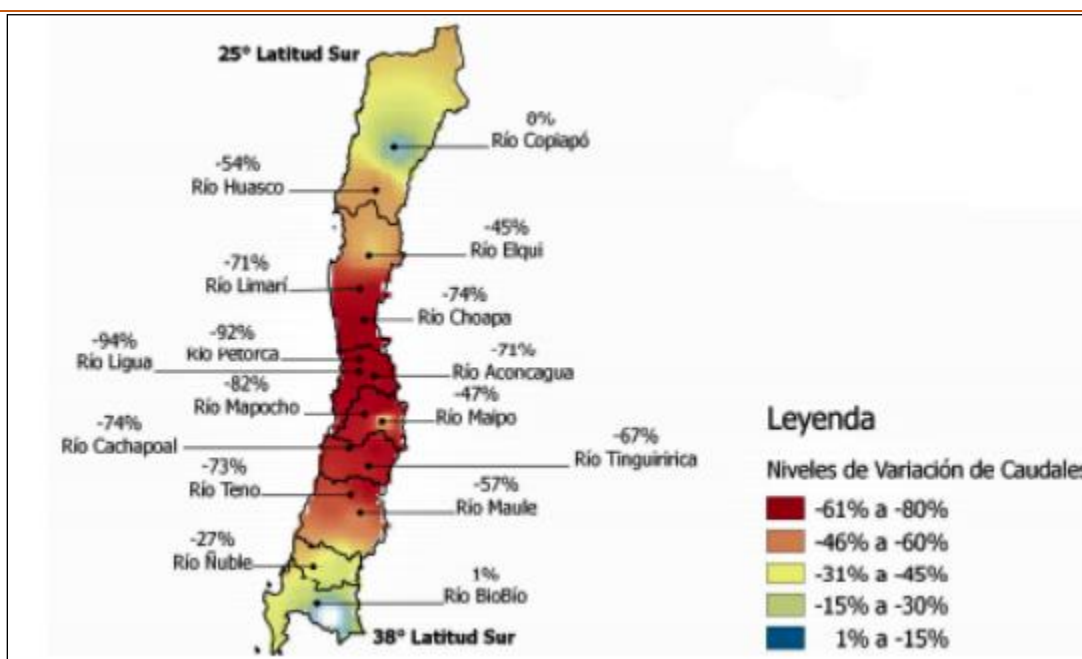
**Figura 1.** Déficits y superávits de las regiones en agosto de 2019 en comparación con promedios a la misma fecha entre los años 1981-2010 (%).



Fuente: CAPP, 2019.

En lo que respecta a los caudales, la situación es similar a lo que sucede para las precipitaciones, pues presentan la misma tendencia, excepto en el altiplano en el extremo norte del país. Precisamente, al comparar el valor de los caudales para el mes de agosto de 2019 con respecto al promedio de agosto para el periodo 1981-2010, solo el río Copiapó y el río Biobío no presentaron un déficit (Ver Figura 2). Aquellos ríos con una mayor variación negativa de sus caudales corresponden al río Ligua (-94%), río Petorca (-92%), y río Mapocho (-82%).

**Figura 2.** Variación de caudales del mes de agosto de 2019 con respecto al promedio de agosto en el período 1981-2010.



Fuente: CAPP, 2019.

Las propuestas del CAPP (2021) en esta temática apuntan a contar con: **1) un Estado con un rol más activo, 2) un marco regulatorio que establezca que el agua (en todos sus estados), es un bien nacional de uso público, 3) entrega de concesiones temporales sujetas al cumplimiento de estándares ambientales, 4) establecimiento de prioridades de uso (al igual que países como Australia o Austria), 5) información sobre los DAA actualizada, transparente, y de libre acceso, 6) reestructuración de la institucionalidad con funciones sobre el recurso hídrico, 7) planificación de la oferta y demanda de acuerdo a las prioridades nacionales y a las proyecciones de las variables relativas al cambio climático.**

## 2.4. Inundaciones

El Informe del IPCC documenta que se esperan cambios continuos en las inundaciones fluviales:

Disminuciones y aumentos en la esorrentía anual en el oeste de la división continental de la Cordillera de los Andes, con las mayores disminuciones en el número de inundaciones bajas (<percentil 10) esorrentía y los mayores incrementos en condiciones de esorrentía alta (> percentil 90) (IPCC, 2021, capítulo 12, página 60).

Los expertos también destacan las inundaciones que se han generado en Concepción y en el Desierto de Atacama. Y a modo de proyecciones, mencionan que en la zona central del país se espera que los caudales máximos de 50 años sean mayores a mediados de siglo que los caudales máximos de 100 años (IPCC, 2021).



En lo que respecta a este punto, el último Informe País, destaca a las inundaciones como el desastre con mayor ocurrencia en el periodo 1906-2017. Específicamente las inundaciones representan el 24% de los desastres naturales acontecidos en Chile para dicho periodo.

Por otra parte, Galilea (2020), en su libro “Cambio climático y desastres naturales: una perspectiva macrorregional”, resalta que las alteraciones al régimen de precipitaciones están generando inundaciones que son mucho más graves que las usuales, viéndose principalmente afectadas aquellas ciudades que carecen de una adecuada planificación urbana, y en las cuales las respuestas gubernamentales, locales, y sociales se ven normalmente sobrepasadas.

El autor reconoce a las inundaciones como un evento extremo que afecta la operación y gestión global de las ciudades, generan un colapso en los sistemas de transporte, y con resultados graves en las zonas marginales informales con equipamientos escasos y donde la localización de las viviendas o campamentos es muy riesgosa.

La presencia de inundaciones cada vez más severas y habituales exige contar urgentemente con **instrumentos de planificación urbana actualizados, que cuenten con nuevas zonificaciones, densidades adecuadas, y en los que se señale precisamente las zonas de riesgo no habitables; construcción de muros de contención que propendan a la generación de respuestas más expeditas y eficientes** (Galilea, 2020). Tampoco, debiese omitirse la **incorporación de las organizaciones locales en la elaboración de estos instrumentos**, tomando especial consideración de aquellas familias que habitan en las calificadas zonas de riesgo.

## 2.5. Incendios forestales

Sobre esta temática, el reciente Informe del IPCC señala que:

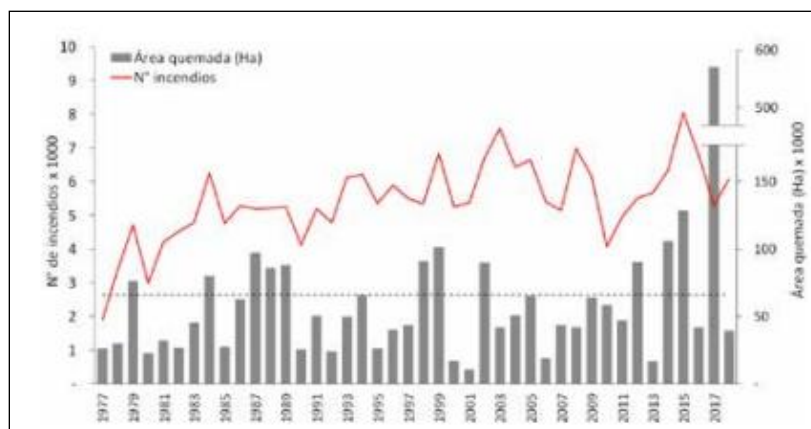
Hay evidencia de aumentos en la actividad de incendios forestales (número de incendios, área quemada y duración de los incendios) como en el centro y centro-sur de Chile, donde se han propuesto condiciones climáticas de incendios más propicias como el principal impulsor (IPCC, 2021, capítulo 12, página 62).

En cuanto al Informe País, expone que en las últimas cuatro décadas (1976-2018) el número promedio anual de incendios y área quemada es de 5.445 eventos y 65.801 ha, respectivamente. Las regiones con mayor ocurrencia de incendios para este periodo corresponden a las regiones de Valparaíso y Araucanía, particularmente en la cordillera de la Costa.

En aquel Informe se destaca una ocurrencia de incendios con una tendencia al alza, que en la temporada 2014-2015 alcanzó un máximo histórico con más de 8.000 eventos. En cuanto a superficie quemada, la temporada 2013-2014 y 2014-2015 sobresalen del promedio histórico, pues entre ambas temporadas se quemaron alrededor de 250.000 ha. Con una superficie

quemada aun mayor que las temporadas 2013-2014 y 2014-2015, se encuentra la temporada 2016-2017 cuya superficie quemada alcanzó las 570.197 ha (Ver Figura 3). Las plantaciones forestales representan el principal tipo de cobertura vegetal afectada por incendios (más del 40% del área quemada) para el periodo 2010-2018.

**Figura 3.** Número de incendios (línea) y área quemada (barras) entre las temporadas de incendio 1976-77 (indicada como 1977) y 2017-2018 (indicada como 2018). La línea horizontal representa el promedio quemado anualmente (65.801 ha) en el periodo.



Fuente: CAPP, 2019.

Galilea (2019), destaca a los incendios forestales de la temporada 2017 como una “Tormenta de Fuego”, con una intensidad de más de 60.000 Kw/metro – hora, y con velocidades de propagación que superaron los 6 km/hora. Elevada magnitud que se ve expresada en 114 mil ha quemadas en 14 horas, superficie afectada que equivale a 1,8 veces a la de Santiago. Este evento fue declarado incendio de “sexta generación”, pues cumplió con las siguientes características: continuidad de combustible, rapidez de propagación, alta intensidad energética, daño a zonas urbanas, simultaneidad de ocurrencia por efecto de cambio climático, y la **capacidad de modificar las condiciones de la atmósfera a escala continental**. No sería de extrañar que producto del cambio climático se repitan eventos igual o mayor catastróficos que la “Tormenta de Fuego” de la temporada 2016-2017.

Este evento tuvo un notorio impacto ambiental, pues de acuerdo a la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2017) se emitieron alrededor de 80 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalentes a 3,5 veces el total de emisiones del parque automotriz chileno.

En resumidas cuentas, el Informe País, al igual que el del IPCC reconoce un aumento en la ocurrencia de incendios forestales en Chile, y a su vez pronostica incendios forestales aún más frecuentes y de mayor magnitud en la zona centro-sur del país. Situación que adquiere gran relevancia, si se considera que para el periodo 2010-2016 la segunda causa de pérdida de bosque nativo corresponde a incendios forestales (26,8%), cifras que probablemente aumente producto de los efectos del cambio climático en el país, si es que no se toman las medidas al caso.

Para enfrentar situaciones de esta índole, Galilea (2019) propone que es necesario contar con: **1) un programa preventivo y de enfrentamiento directo a los incendios, 2) incorporación del riesgo de siniestro en las actividades productivas forestales, eléctricas, camineras y de suministro de agua, 3) Planes de Ordenamiento Territorial que defina en cada comuna e intercomuna un uso óptimo de la zonificación urbano-rural, reduciendo la vulnerabilidad al fuego, 4) Definir en zonas forestales de mayor riesgo al fuego, mapas operativos de gestión del apoyo aéreo y terrestre para enfrentar incendios declarados, 5) la concertación entre privados como condición para una mayor eficiencia, y 6) coordinación pública superior, como condición clave para los avances.**

Por su parte, el Informe País, propone que Chile comprometa dentro de su Contribución Nacional Determinada (NDC por su sigla en inglés) prevenir y reducir efectivamente el riesgo y ocurrencia de incendios. Las acciones para alcanzar este objetivo incluyen: **educar a la población para reducir las igniciones, un ordenamiento territorial que propicie paisajes más heterogéneos que disminuyan el riesgo de propagación de los incendios, silvicultura preventiva (podas, disminución de carga y continuidad de la biomasa combustible de las plantaciones, la mantención de cortafuegos, y líneas de transmisión eléctrica y el control de especies invasoras adaptadas al fuego, estudiar las interrelaciones entre los incendios y los posteriores cambios en la cobertura vegetal / uso del suelo de las áreas quemadas a fin de determinar el grado de traslape entre incendios y pérdida de bosques nativos.**

La sinergia que nace de la implementación de estas diversas acciones podría permitir enfrentar de una manera óptima las futuras “Tormentas de Fuego” que amenazarán al país.

## 2.6 Nieve y glaciares

Referente a esta temática, el Informe del IPCC, recalca que:

La reducción de las nevadas sobre las montañas de los Andes chilenos y argentinos, que ha resultado en reducciones sin precedentes en el caudal de los ríos, los volúmenes de los embalses y los niveles de las aguas subterráneas, provocó la sequía hidrológica más grave y duradera (2010-2015) registrada en las estribaciones semiáridas adyacentes de los Andes centrales (IPCC, 2021, capítulo 12, página 62).

Las proyecciones tampoco son nada favorables pues los expertos apuntan a una continua disminución de la extensión y duración de la capa de nieve estacional en América del Sur (zona en la que se localiza Chile) a medida que el clima global continúa aumentando.

El Informe País por su parte, destaca que el alza de la isoterma cero como resultado de los efectos del cambio climático sumado al aumento de las temperaturas registradas a fines del invierno ha dificultado la acumulación de nieve a los niveles que normalmente se registraban durante los meses invernales.

Esta condición es de extrema gravedad, pues Chile es un país montañoso, donde el 70% de la población se abastece del agua proveniente de las zonas cordilleranas, cuyo respaldo más importante es la nieve y los glaciares que permiten asegurar el agua potable a la población, la mantención de los ecosistemas y la continuidad de las actividades económicas, especialmente la agricultura (CAPP, 2019).

De acuerdo al CAPP, la elevación de la isoterma cero, representa una pérdida entre 400 a 500 millones de metros cúbicos de agua que precipitará en forma líquida, no como nieve escurriendo hacia el mar. La consecuencia de aquello, es que este recurso disminuirá para la temporada de primavera-verano que es cuando se comienza a incrementar la demanda de agua para actividades agrícolas (riego).

Además del cambio climático, en Chile la principal afectación de las nieves y glaciares es producto de la minería. Esta actividad productiva genera un impacto asociado a la construcción de caminos sobre ellos, lo cual genera polvo que se deposita y acelera su derretimiento, perforaciones y remoción masiva de hielo con maquinaria pesada durante la explotación, sepultando los glaciares bajo botaderos de estériles (Contreras e Illanes, Brenning 2008, Chile Sustentable, 2011; Bodin, 2019).

El Informe País se refiere (entre otros) al caso de destrucción de glaciares producto del proyecto Pascua Lama, el cual durante sus exploraciones entre los años 1981 y 2000 destruyó irreversiblemente el 62% del Glaciar Toro 1, y el 71% del Glaciar Toro 2 en la cuenca alta del río Huasco. Situaciones similares a la descrita en dicho informe, han sucedido entre las regiones de Atacama y Metropolitana, generando la pérdida de enormes reservas de agua dulce, y contaminando las aguas, afectando el consumo humano, la agricultura, y los ecosistemas.

Si se suma la afectación producto del cambio climático y de las actividades productivas (como la Minería) los ecosistemas de ambientes glaciares se encuentran en una condición de extrema vulnerabilidad.

Las fuentes apuntan a que el 95% de los glaciares del territorio nacional están en retroceso, mismo que se ha exacerbado (con una muy alta probabilidad) producto de los efectos del cambio climático.

En primer trámite constitucional (Boletín 11.876-12 y 4.205-12 refundidos) se encuentra un proyecto de ley que tiene por objeto la protección de los glaciares, del ambiente periglacial y del permafrost, sus funciones y servicios ecosistémicos. Entre las funciones y servicios que se desea proteger, se encuentran la de ser sustento de la biodiversidad, regulación climática y proporcionar agua para la recarga de cuencas hidrográficas. Así como, su rol de proveer de reservas estratégicas de agua, ser fuente de información científica y de turismo sustentable.

Esta iniciativa (en su artículo tercero) define a los glaciares como bienes nacionales de uso público, los que se encuentran protegidos oficialmente, son inapropiables y no concesionables. Solo se podrán otorgar permisos para la investigación científica siempre que tenga por finalidad



la protección del glaciar o la producción de información sobre sus funciones ecosistémicas. En su artículo quinto, prohíbe desarrollar todo tipo de actividades en glaciares, excepto aquellas destinadas a:

la investigación científica, turismo o actividades deportivas sustentables, prevención de riesgos a la población, en la medida que ello sea estrictamente necesario de conformidad a antecedentes científicos, las propias de las Fuerzas Armadas y de Orden y Seguridad Pública, y las necesarias para la protección de su condición natural, balance de masa y funciones ecosistémicas, que se ejecuten en el ejercicio de funciones públicas (Boletín 11.876-12, 2021).

En otras palabras, quedaría totalmente prohibido realizar actividades productivas como la minería en estos ecosistemas.

En esta materia, se requiere avanzar en la **discusión y posterior promulgación de la ley de protección de glaciares**. También, debiese actualizarse **la actual Política para la Protección y Conservación de Glaciares**, que data del año 2009, teniendo en consideración el panorama actual y futuro producto del cambio climático.

## 2.7. Reflexiones y resumen de propuestas

El cambio climático y sus consecuencias, comprenden quizás el principal desafío que debe enfrentar la humanidad en el siglo XXI. Chile es un país extremadamente vulnerable al cambio climático, en el que se proyectan numerosas y variadas consecuencias. Tomando en consideración lo señalado explícitamente para Chile y al sudoeste de Sudamérica en el Informe del IPCC, los principales efectos podrían resumirse en los siguientes: **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 superen los registros históricos (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, 13) tendencia al enfriamiento de la costa chilena**. Estos efectos son coincidentes con aquellos expuestos por el CAPP en la última versión del Informe País.

El Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos de la Universidad de Chile, en el cumplimiento de su misión de 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 propone una serie de recomendaciones (varias de ellas extraídas de la última versión del Informe País), que en caso de tomarse en cuenta podrían aportar a enfrentar de una forma óptima al cambio climático. Estas podrían resumirse en las siguientes:

**Bosque nativo:** 1) crear nuevas áreas protegidas para enfrentar las diversas amenazas que se ciernen sobre la conservación y manejo sustentable de los bosques nativos, 2) aplicar una mayor vigilancia de las áreas protegidas públicas y privadas y de bosques nativos no protegidos para velar por su integridad y evitar su degradación por los fenómenos atribuibles al cambio climático, 3) consolidación de un panel de especialistas de diferentes instituciones gubernamentales, académicas, consultores, empresas y organizaciones de la sociedad civil que sea convocado por la CONAF, dado su rol como institución encargada de la actualización y monitoreo de la cobertura de bosque nativo, 4) incorporar las modificaciones que se estimen necesarias a los textos legales vigentes (Ley de Bosques, Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, Reglamento de Suelo, Aguas y Humedales) o promover nuevas leyes sobre la materia.

**Calidad del aire:** 1) promover una descentralización efectiva, 2) detener el crecimiento inorgánico de la ciudad y del parque automotriz, 3) prohibición absoluta del uso de leña en el periodo otoño-invierno, 4) implementar de forma creciente el uso de Energías Renovables No Convencionales (ENRC) y 5) realizar programas eficientes de difusión y educación.

**Incendios forestales:** 1) educar a la población para reducir las igniciones, 2) un ordenamiento territorial que propicie paisajes más heterogéneos que disminuyan el riesgo de propagación de los incendios, 3) silvicultura preventiva (podas, disminución de carga y continuidad de la biomasa combustible de las plantaciones, 4) mantención de cortafuegos y líneas de transmisión eléctrica, 5) el control de especies invasoras adaptadas al fuego, 6) estudiar las interrelaciones entre los incendios y los posteriores cambios en la cobertura vegetal / uso del suelo de las áreas quemadas a fin de determinar el grado de traslape entre incendios y pérdida de bosques nativos.

**Inundaciones:** 1) instrumentos de planificación urbana actualizados, que cuenten con nuevas zonificaciones, densidades adecuadas, y en los que se señale precisamente las zonas de riesgo no habitables, 2) construcción de muros de contención que propendan a la generación de respuestas más expeditas y eficientes, y 3) la incorporación de las organizaciones locales en la elaboración de estos instrumentos.

**Precipitaciones y caudales:** 1) Estado con un rol más activo, 2) marco regulatorio que establezca que el agua (en todos sus estados), es un bien nacional de uso público, 3) entrega de concesiones temporales sujetas al cumplimiento de estándares ambientales, 4) establecimiento de uso (al igual que países como Australia o Austria), 5) información sobre los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) actualizada, transparente, y de libre acceso, 6) reestructuración de la institucionalidad con funciones sobre el recurso hídrico, 7) planificación de la oferta y demanda de acuerdo a las prioridades nacionales y a las proyecciones de las variables relativas al cambio climático.

**Nieve y glaciares:** 1) discusión inmediata y posterior promulgación del proyecto de ley de protección de glaciares, 2) actualización de la Política para la Protección y Conservación de Glaciares, teniendo en consideración las consecuencias esperadas producto del cambio climático.

**Transversal:** Se plantea la necesidad de investigar e incorporar, a los modelos de proyección que definen los diversos escenarios de cambio climático, hipótesis sobre los cambios de uso de los territorios y la degradación de los ecosistemas reconociendo explícitamente las interacciones entre estos conceptos y el cambio climático.

Este conjunto de propuestas no debiese ser omitidas de las instancias de discusión actuales y venideras, como lo es la convención constitucional, el congreso, y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26). Mismas propuestas que deberían ser tratadas de una forma integral y no de una forma aislada, alejándose de la usual comprensión del medioambiente como una dimensión externa a las restantes (social y económica).

### 3. Referencias bibliográficas

Bodin, X. (2019). Impactos de la evolución de los glaciares rocosos en los Andes semi-áridos. En *Marc Turrel. Luis Lliboutry - El Hombre que Descifró los Glaciares, Aguas Andinas* (pp. 241-242, 2019).

Boletín N° 4.205-12. (2021). Proyecto de ley sobre protección de glaciares. Recuperado de: [http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin\\_ini=4205-12](http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=4205-12)

Boletín N° 7.543-12. (2021). *Proyecto de ley que Reforma el Código de Aguas*. Recuperado de: [http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin\\_ini=7543-12](http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=7543-12)

Boletín N° 11.876-12. (2021). *Proyecto de ley sobre protección de glaciares*. Recuperado de: [http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin\\_ini=11876-12](http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=11876-12)

Boletín N° 13.191-12. (2021). *Proyecto de ley que fija Ley Marco de Cambio Climático*. Recuperado de: [http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin\\_ini=13191-12](http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=13191-12)

Brenning, A. (2008). The impact of mining on rock glaciers and glaciers: Examples from central Chile. En: Orlove, B., Wiegandt, E. y Luckman, B. (Eds.), *Darkening peaks: Glacier retreat, science and society* (pp. 196-205). University of California Press.

Camarero, J. y Fajardo, A. (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.

- Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP). (2019). *Informe país Estado del medio ambiente en Chile 2018*. Recuperado de <https://inap.uchile.cl/dam/jcr:703c5355-af59-4b3a-ad5d-1b97e64e78e4/informe-pais-2018-web-finalfinal.pdf>
- Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP). (2021). *Documento de trabajo. Contribuciones al debate constitucional*.
- Chile Sustentable. (2011). Glaciares: Reservas Estratégicas de Agua Dulce para la Sociedad y los Ecosistemas en Chile. En Aedo, M. y Montecinos, M. (Eds). *Glaciares Andinos, Recursos Hídricos y Cambio Climático: Desafíos para la Justicia Climática en el Cono Sur* (23-39).
- Contreras, A., e Illanes, J.L. (octubre de 1992). Depósito de lastre glaciar Infiernillo Sur Mina Los Bronces. En *43a Convención del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, La Serena, 1992*. Santiago, Chile.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2017. *Descripción y efectos «Tormenta de Fuego». 18 de enero al 5 de febrero de 2017. Regiones O'Higgins, el Maule y Biobío*. Recuperado de <https://www.conaf.cl/tormenta-de-fuego-2017/DESCRIPCION-Y-EFECTOS-TORMENTA-DE-FUEGO-18-ENERO-AL-5-FEBRERO-2017.pdf>
- Fundación Amulen. (2019). *Pobres de agua. Radiografía del agua rural de Chile: Visualización de un problema oculto*. Recuperado de [https://www.fundacionamulen.cl/wp-content/uploads/2020/07/Informe\\_Amulen.pdf](https://www.fundacionamulen.cl/wp-content/uploads/2020/07/Informe_Amulen.pdf)
- Galilea, S. (2019). *La tormenta de fuego y la nueva Santa Olga*. Recuperado de <https://libros.uchile.cl/1164>
- Galilea, S. (2020). *Cambio climático y los desastres naturales: una perspectiva macrorregional*. Universidad de Chile. Instituto de Asuntos Públicos. Recuperado de <https://www.uchile.cl/documentos/descargue-aqui-el-libro-cambio-climatico-y-desastres-naturales-una-perspectiva-macrorregional-pdf-171536-0-4916.pdf>.
- Gallardo, L., Barraza, F., Ceballos, A., Galleguillos, M., Huneeus Lagos, N., Lambert, F., Ibarra, C., Munizaga Muñoz, M., O'Ryan, R., Osses, M., Tolvett, S., Urquiza Gómez, A. y Veliz, K. (2018). Evolution of air quality in Santiago: The role of mobility and lessons from the science-policy interface. *Elementa*, 6(1), 38, doi:10.1525/elementa.293
- Gipoulou, T. (2019). Evaluación del efecto de la megasequía sobre el crecimiento radial de individuos de *Araucaria araucana* afectados por daño foliar. Tesis de Magíster en Ciencias Mención en Bosques y Medioambiente. Universidad Austral de Chile. 53 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis*.



Pérez-Quezada, J. F., Celis-Diez, J.L., Brito, C.E., Gaxiola, A., Nuñez-Avila, M., Pugnaire, F.I., Armesto, J.J. (2018). Carbon fluxes from a temperate rainforest site in southern South America reveal a very sensitive sink. *Ecosphere*, 9(4). doi: 10.1002/ecs2.2193



**¿QUIERES FORMAR PARTE DE  
NUESTRAS ACTIVIDADES?  
Envíanos tus datos a  
[capp@iap.uchile.cl](mailto:capp@iap.uchile.cl)**

**Integran el grupo de investigación en MA-OT-CC:** Francisco Brzovic Parilo (académico INAP y coordinador del grupo), René Saa Vidal (académico INAP), Sergio Galilea Ocón (académico director del Centro de Análisis de Políticas Públicas y Coordinador del Magíster en Descentralización y Gestión Regional y Local del INAP), César Morales Estupiñán (investigador CAPP), José Enrique Leal Rodríguez (investigador CAPP) y Gustavo Rodrigo Orrego Méndez (asistente del grupo de investigación en MA-OT-CC).