# Evidencia científica y cambio climático en Chile:
## Resumen para tomadores de decisiones

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
Gobierno de Chile

TIME FOR ACTION
COP25 CHILE 2019

COMITÉ CIENTÍFICO DE CAMBIO CLIMÁTICO

# Evidencia científica y cambio climático en Chile:
## Resumen para tomadores de decisiones


## Autores

**Coordinadora del Comité Científico COP25**
Maisa Rojas

**Coordinadores de las mesas de trabajo**
Paulina Aldunce y Sebastián Vicuña (Adaptación), Laura Farías (Océanos), Humberto González (Criósfera y Antártica), Pablo Marquet (Biodiversidad), Juan Carlos Muñoz (Ciudades), Rodrigo Palma-Behnke (Mitigación y energía) y Alejandra Stehr (Agua)

**Contribuidores de los resúmenes**
Adison Altamirano, Camila Álvarez, Mary T.K. Arroyo, Carlos Barría, Jonathan Barton, Kevin Basoa, Daniela Benavente, Carlos Benavides, Juan Pablo Boisier, Deniz Bozkurt, Alejandro Buschman, Waldo Bustamante, Bruno Campos, Raúl Cordero, Sandra Cortés, Nicolás de la Maza, Verónica Delgado, Miriam Fernández, Laura Gallardo, María José García, Stefan Gelcich, Alex Godoy, Tomás Gómez, Luis E. Gonzáles Carrasco, Konrad Górski, Felipe Guarda, Rubén Guzmán, Evelyn Habit, Alejandro Jofré, Fabrice Lambert, Antonio Lara, Alejandro Maass, Jenny Mager, Richard Martínez, Nicolás de la Maza, James McPhee, Francisco Meza, Marcia Montedonico, Luis Morán, Marcela Munizaga, Leonardo Muñoz, Mauricio Osses, Aníbal Pauchard, Andrés Pica, Patricio Pliscoff, Laura Ramajo, Carolina Rojas, Andrea Rudnick, Horacio Samaniego, Juan Pablo San Martín, Alex Santander, Marius Schaefer, Carlos Silva, Cecilia Smith-Ramírez, Sebastián Tolvett, Rigoberto Torres, Anahí Urquiza, Patricio Valdivia, Ximena Vargas, Elizabeth Wagemann y Mariela Yévenes


Los resúmenes están basados en los informes y los talleres del Comité Científico COP25, a los que contribuyeron investigadores de una red de más de 600 científicos de todas las disciplinas y regiones de Chile, primordialmente de universidades y centros de investigación académicos, pero también de institutos públicos y privados.


## Citar como
Rojas M., P. Aldunce, L. Farías, H. González, P.A. Marquet, J. C. Muñoz, R. Palma-Behnke, A. Stehr y S. Vicuña (editores) (2019). *Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones*. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.


Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
Gobierno de Chile

TIME FOR ACTION
COP25
CHILE
2019

COMITÉ CIENTÍFICO DE CAMBIO CLIMÁTICO

## Colaboradores

**Comité Científico COP25**
Daniela Benavente, Coordinadora Ejecutiva

**Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación**
Leonardo Muñoz Gómez, Asesor

**Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo**
Soledad Ugarte, Encargada Área Contenido y Diálogos
Felipe Guarda, Asesor de Diálogos en Cambio Climático

**Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, CR2**
Bárbara Morales, Encargada Área Diálogo e Interdisciplina

## Agradecimientos

El Comité Científico COP25 agradece al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, al Ministerio del Medio Ambiente, a la Fundación Imagen de Chile, a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y a la Unión Europea por el apoyo en distintas etapas del trabajo del Comité, las mesas y submesas.

Los contenidos de este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representan necesariamente a sus universidades o centros de investigación de afiliación, ni a las instituciones aquí mencionadas.

# Contenidos

**Prólogo** . . . . . 4

**Mesa Mitigación y Energía** . . . . . 12

**Mesa Adaptación** . . . . . 18

**Mesa Agua** . . . . . 24

**Mesa Biodiversidad** . . . . . 32

**Mesa Cuidades** . . . . . 52

**Mesa Criósfera y Antártica** . . . . . 58

**Mesa Océanos** . . . . . 62

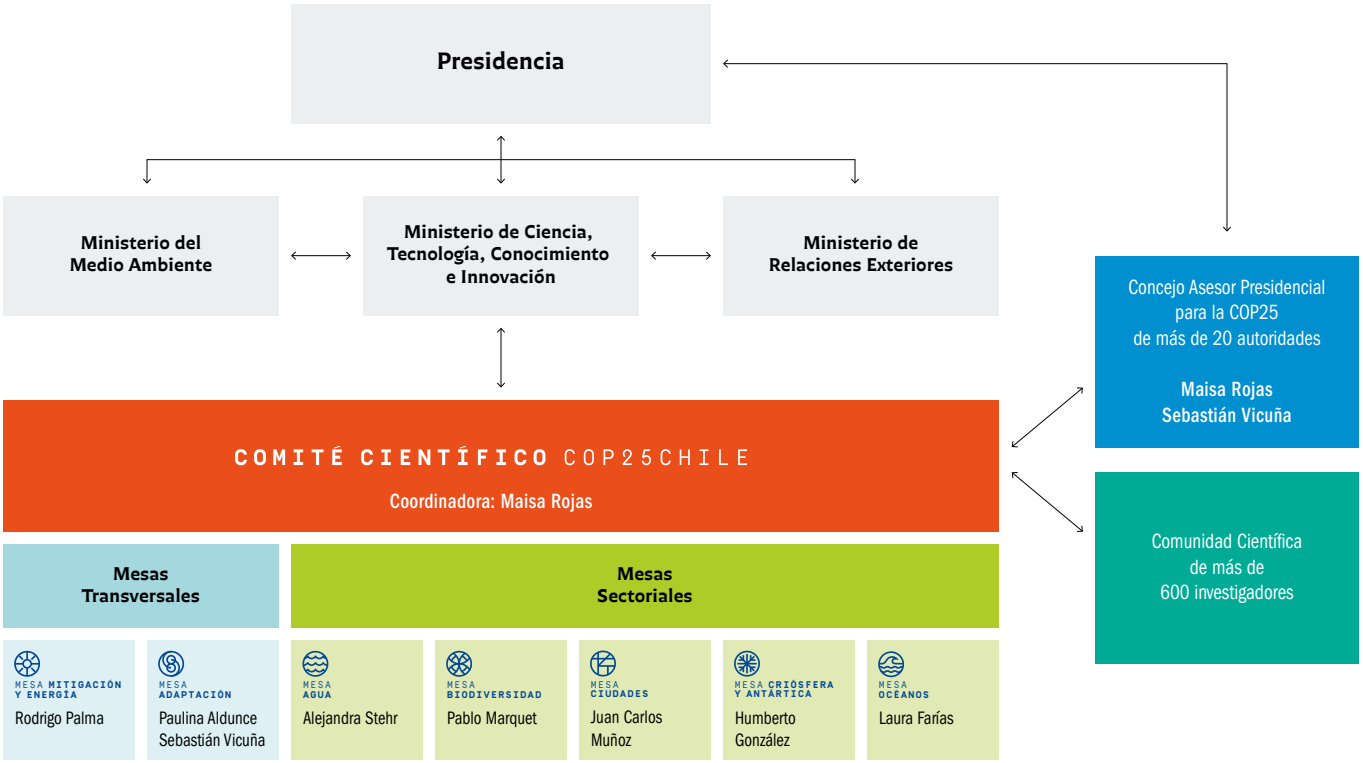
**Anexo 1. Entregables 2019 del Comité Científico COP25** . . . . . 72

**Anexo 2. Cronograma de talleres y actividades** . . . . . 76

**Anexo 3. Integrantes del Comité Científico COP25** . . . 84

# Prólogo

El Comité Científico COP25 fue designado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en abril 2019 para coordinar los aportes de la comunidad científica a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2019. El Comité consta de siete mesas temáticas, divididas en dos mesas transversales (Mitigación y Adaptación) y cinco mesas sectoriales (Agua, Biodiversidad, Ciudades, Criósfera y Océanos).



# Fundamentos

Al comparar los niveles actuales con los del período preindustrial, es posible comprobar que la temperatura en la Tierra ha aumentado en 1 °C en promedio, lo que ha tenido efectos observables en una diversidad de sistemas humanos y ecológicos. Por ello, alcanzar el objetivo del Acuerdo de París de limitar el calentamiento a 1,5 °C requiere acciones de mitigación urgentes.

En este contexto, ha surgido con fuerza el concepto de transformación para enfrentar el cambio climático. Este concepto hace referencia a procesos de cambios profundos, que implican deconstruir la forma actual de hacer las cosas para crear a partir de posibilidades antes inimaginables, junto con desarrollar nuevas formas de pensar, actuar y organizarse.

Enfrentar el cambio climático significa abordar sus causas por medio de la mitigación, y sus consecuencias e impactos por medio de la adaptación. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) entiende por transformación aquellos cambios sistémicos que permiten avances más ambiciosos en mitigación y adaptación, que sean significativos y rápidos, y que al mismo tiempo persigan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

El Comité Científico COP25 se ha enfocado en la sistematización de la evidencia científica que da cuenta de la realidad chilena frente al cambio climático. En este proceso, ha visto la necesidad de promover la adopción de un enfoque de transformación que, en la perspectiva de mediano y largo plazo, sea un insumo central en los procesos de diseño e implementación de política pública para enfrentar el cambio climático.

A partir de la crisis social y política que estalló en el país en octubre 2019, se vuelve evidente que los efectos de la inequidad territorial se agudizan conforme avanza el cambio climático. Desde esta perspectiva, y sobre la base de la evidencia científica recogida por el Comité Científico COP25, hoy es más urgente que antes revisar las bases sobre las que se cimenta el desarrollo, acoger el conocimiento adquirido y orientar a Chile de forma decidida hacia un desarrollo integral, sostenible, e inclusivo.

# Mandato

El mandato del Comité Científico COP25 es identificar evidencia científica y entregar recomendaciones que puedan apoyar el diseño de políticas públicas en cada una de las siete áreas temáticas abordadas. Bajo este propósito, el Comité se impuso como objetivo aportar en el ámbito internacional, relacionado con la COP25 y la Cumbre de Acción Climática de Naciones Unidas y el IPCC, a la agenda nacional y al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

En particular en el ámbito nacional, la agenda de cambio climático incluyó la propuesta y discusión del anteproyecto de ley marco de cambio climático, la actualización de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC) y la elaboración de la Estrategia de Largo Plazo para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Un hito determinante y ordenador del trabajo del Comité para estos instrumentos de política pública ha sido la ambiciosa meta que se ha impuesto Chile de lograr la carbono-neutralidad para el año 2050.

Dados estos amplios objetivos, el Comité Científico COP25 aportó —tras una amplia convocatoria a la comunidad científica nacional de todas las regiones de Chile— con el trabajo de más de 600 investigadores participando de una u otra forma durante 2019. El proceso de trabajo de las mesas fue diverso y se materializó en métodos como encuestas, talleres y reuniones técnicas con actores del sector académico, público y privado (Anexo 2).

Este trabajo se tradujo en la elaboración de una serie de 25 entregables, incluidas dos planillas con resultados de encuestas (sobre el anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático y la actualización de las NDC), dos libros de divulgación científica (en temas océanos y criósfera) e informes temáticos (Anexo 1).

# Evaluación 2019 y recomendaciones a futuro

El presente resumen para tomadores de decisiones presenta los principales temas abordados y las recomendaciones emanadas del trabajo de las siete mesas de trabajo del Comité Científico COP25. A su vez, se puede encontrar más contexto e información en los informes que surgieron de las mesas y en los Anexos.

Cabe destacar que el proceso de trabajo del Comité es un ejercicio inédito en el país, pero también en la estructura de preparación de una COP. Al coincidir con la instalación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Ministerio de Ciencia), muestra que es posible una vinculación robusta del Estado con la comunidad científica para dotar a la política pública de la mejor evidencia científica disponible.

Esta sección presenta recomendaciones respecto de la conformación y operación del Comité, entendiendo que es una iniciativa de relación entre el Estado y el mundo científico que podría repetirse para otros contextos. Se divide en diez temas, ordenados en los tres ámbitos de acción que tuvo el Comité Científico durante el 2019 (relación con el Ministerio de Ciencia y ámbitos nacional e internacional), tanto en lo formal, como en lo sustantivo.

Para cada uno de estos temas se incluyen un párrafo corto descriptivo, que sirve a la vez de diagnóstico y contexto, y las recomendaciones propiamente tales.

1. **Continuidad del Comité dentro del funcionamiento del Estado.** La función principal del Comité durante el año 2019 fue la de proveer y validar la evidencia científica existente en materia de cambio climático para el Estado. En términos generales, la capacidad de convocatoria y los resultados obtenidos por el Comité durante 2019 lleva a recomendar la institucionalización de este Comité dentro del funcionamiento del aparato del Estado. En particular, se recomienda:

   1.1 Dar continuidad al trabajo realizado por el Comité a través de la creación del Comité Científico Asesor para el Cambio Climático que ha sido sugerido en el proyecto de Ley Marco de Cambio Climático.

   1.2 Definir el mandato del Comité con una mirada estratégica, estableciendo, entre otros, las áreas prioritarias de trabajo y los resultados esperados, así como el mecanismo para que los distintos órganos del Estado se relacionen con el Comité y reconozcan la evidencia científica en la elaboración de sus políticas públicas y toma de decisiones.

   1.3 Establecer el rol del Comité respecto de la elaboración de instrumentos de política pública, tales como: Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP) y meta de carbono-neutralidad; Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC); Planes Sectoriales y Regionales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, la Estrategia de Creación y Fortalecimiento de Capacidades (ECFC), y leyes y reglamentos relacionados. Al respecto se esperaría que el Comité tenga en su mandato pronunciarse sobre las bases metodológicas de la elaboración de dichos instrumentos y la manera de tomar en cuenta la evidencia científica en sus contenidos.

   1.4 Permitir la posibilidad de convocar al Comité en otros temas, por ejemplo respecto a la Estrategia Nacional Financiera frente al Cambio Climático o la Estrategia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología.

   1.5 Considerar un diseño flexible del rol del Comité para posibilitar la co-construcción de informes para las políticas públicas, manteniendo la autonomía del primero y preservando de eventuales conflictos de interés, como se hizo en Mitigación para las NDC y en Océanos para el área gobernanza en la propuesta de un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOOC), entre otros.

## Relación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

2. **Institucionalización de la vinculación con el Ministerio de Ciencia.** En 2019, la colaboración del Comité con el Ministerio de Ciencia se fundó en relaciones personales, lo cual permitió una fluidez en el trabajo realizado en conjunto. Sin embargo, la relación institucional puede considerarse como deficiente, probablemente debido al proceso de instalación del Ministerio de Ciencia, que obtuvo la personalidad jurídica recién en octubre 2019. En esta ámbito se recomienda fortalecer los siguientes ámbitos:

   2.1 Crear de manera oficial el Comité Científico Asesor para el Cambio Climático.
   2.2 Definir el vínculo institucional del Comité con el Ministerio, al menos en materia de mecanismos de comunicación, presupuesto y disponibilidad de recursos humanos, así como definir la autonomía del Comité en términos de gestión, retroalimentación y difusión de resultados.
   2.3 Asegurar continuidad y transparencia en las designación de los miembros, pautas, procesos, presupuesto y financiamiento, y que éstos no estén supeditados a los funcionarios ministeriales/ liderazgos científicos de turno.
   2.4 Específicamente, dotar al Comité de una Secretaría Técnica que debería asumir, a lo menos, las siguientes funciones: coordinación entre el Comité y el Ministerio (por ejemplo a través de la Unidad Ciencia y Estado); gestión de la elaboración de los informes del Comité en base a los insumos proporcionados por los miembros del Comité; definición del presupuesto anual del Comité para dar cumplimiento adecuado a sus funciones; y coordinación del trabajo del Comité con los demás Ministerios.
   2.5 Coordinar el trabajo del Comité con la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) para reforzar los lazos con la academia, por ejemplo para la definición de áreas prioritarias.

3. **Consolidación de la contraparte ministerial del Comité en el área comunicacional.** El área comunicacional y de difusión ha sido tal vez el área más débil del Comité el año 2019. Esta carencia se vio agravada pues algunas iniciativas programadas para el año quedaron pendientes a raíz del estallido social (por ejemplo, la elaboración de cápsulas audiovisuales). Al respecto es posible identificar las siguientes necesidades:

   3.1 Definir e implementar una estrategia de comunicaciones.
   3.2 Difundir las actividades y los entregables del Comité, mediante la elaboración de una página web y la participación del Comité en redes sociales con cuentas propias que sirvan, además, para aunar a la comunidad de científicos.
   3.3 Reforzar comunicacionalmente algunos temas claves asociados al cambio climático que surgieron del Comité (presupuesto de carbono, huella hídrica, año *peak* de emisiones, soluciones basadas en la naturaleza, por nombrar algunos).
   3.4 Aterrizar los mensajes instalados en la agenda de las políticas públicas más allá de los instrumentos propios del cambio climático.

# Ámbito nacional

4. **Fortalecimiento de la relación con los demás Ministerios y organismos estatales.** La relación del Comité con el Ministerio del Medio Ambiente fue fluida en 2019, también lo fue con los Ministerios de Energía y Hacienda, en particular en materia de mitigación. La relación con los demás Ministerios sectoriales, sin embargo, no fue homogénea. A modo de ejemplo, existió una limitada vinculación con el Ministerio de Agricultura y nula vinculación con los Ministerios de Educación y Desarrollo Social. En atención a lo anterior se sugiere:

   4.1 Que el rol del Comité se entienda transversal al Estado.
   4.2 Establecer contrapartes en los distintos ministerios, así como mecanismos de coordinación, especialmente en las áreas en las que la gobernanza involucra a más de un Ministerio (Agua, Océanos, Ciudades, Criósfera, Zonas costeras, por nombrar algunas).
   4.3 Establecer un equilibrio adecuado entre autonomía del Comité, por una parte, e impacto e influencia en los Ministerios y Cámaras Legislativas, por otra. En este sentido parece útil aclarar el rol de los coordinadores de mesa (coordinación de insumos, asesores ministeriales, o ambos). En efecto, los tomadores de decisiones requieren de minutas cortas y urgentes, mientras los cuerpos técnicos podrían requerir informes más comprehensivos.
   4.4 Asegurar el impacto de los insumos del Comité, a través, al menos, de la adecuada difusión de los informes del Comité a los órganos pertinentes del Estado. Al respecto, contemplar intercambios y discusiones tipo seminarios entre autoridades políticas, funcionarios técnicos, y científicos, por ejemplo con el Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático (ETICC).

5. **Conformación del Comité.** Fue un acierto constituir el Comité en torno a los centros de excelencia, porque permitió una alta convocatoria y que el trabajo fuese bien acompañado. El proceso de conformación de los nueve miembros, en cambio, fue criticado por la preponderancia de las universidades tradicionales, de la Región Metropolitana, y de las ciencias exactas, aunque hubo buena representación etaria y de género. Para optimizar el proceso de selección de los científicos, se recomienda:

   5.1 Establecer y transparentar los criterios de selección y designación de los nueve científicos que integran el Comité.
   5.2 Establecer un proceso de renovación del Comité que permita tener flexibilidad y equilibrio en representación de disciplinas, temáticas, regional y de género. Entre otras: tener un máximo de cuatro integrantes de la Región Metropolitana y un mínimo de cinco de regiones, contar con al menos un científico por macrozona, contar con a lo menos cuatro hombres y cuatro mujeres, y establecer una alternancia, por ejemplo de un tercio cada año, con mandato de máximo tres años por coordinador.

6. **Relación con la comunidad científica.** El trabajo del Comité tuvo una amplia convocatoria, demostrando el alto interés y compromiso de parte de la comunidad científica nacional por aportar con sus conocimientos a la construcción de políticas públicas basadas en evidencia. Con más de 600 inscritos, se logró buena representatividad y posicionamiento; los científicos que trabajan en cambio climático supieron del Comité. Sin embargo, en algunas de las mesas hubo baja participación en relación al número de científicos inscritos. Algunos lineamientos para el trabajo a futuro:

6.1 Lograr una diversificación desde las ciencias exactas hacia las ciencias sociales, con el debido reconocimiento a las universidades regionales y no tradicionales, por ejemplo mediante una convocatoria especial para la inclusión de expertos en temas como agricultura, economía y finanzas (mercado de bonos de emisiones de GEI), gobernanza e institucionalidad; estos últimos dos temas especialmente sensibles, relevantes y contingentes en el contexto de estallido social que vive el país.

6.2 Siendo el trabajo de los científicos inscritos en la red del Comité 100% *ad honorem*, es importante considerar de parte del Estado una devolución oportuna a la comunidad científica de los resultados obtenidos, incluyendo, por ejemplo, informes de los distintos Ministerios en cuanto al estado de consideración y/o implementación de las recomendaciones del Comité, sobre la base de criterios de prioridad de política pública y costo-efectividad, entre otros.

7. **Definición de temas sectoriales y prioritarios.** El año 2019 el Comité trabajó en torno a siete mesas sectoriales, a cargo de un/a coordinador/a, quien definió la forma de trabajo y los énfasis temáticos. Así por ejemplo, Mitigación y Adaptación trabajaron en colaboración con el sector público; Agua, Biodiversidad y Ciudades se organizaron en submesas; y Criósfera y Océanos elaboraron libros de divulgación científica. De lo anterior, se recomienda:

7.1 En el diseño institucional, mantener la flexibilidad y autonomía de cada mesa o submesa de trabajo en materia de priorización y definición temática y organización.

7.2 Para el futuro, y como parte de la planificación anual, considerar la elaboración de informes acotados en submesas de duración más corta (uno o dos años). Esto debería ocurrir en coordinación con los ministerios sectoriales, por ejemplo en las áreas no abordadas el año 2019 (agricultura, zonas costeras, economía circular, etc.) o en áreas consideradas prioritarias por la ANID.

7.3 La Secretaria Técnica debiera apoyar el trabajo de edición y de estructura de contenidos de los informes, de manera a mantener una línea editorial y estilo adecuado.

7.4 Agregar el tema Gobernanza como un tema transversal adicional a Mitigación y Adaptación.

7.5 Contemplar la fusión de las mesas de Agua y Criósfera en una mesa Recursos hídricos, dejando los temas de pesca y acuicultura para las mesas Océanos y/o Biodiversidad.

8. **Relación entre los cuerpos técnico-científicos de los centros de investigación de gremios privados y organismos no gubernamentales.** Se organizaron algunas mesas con el sector privado, experiencia relevante que pudo verse opacada por la ambigüedad existente respecto del mandato y la duración del Comité (sin perjuicio de la existencia de eventuales sesgos, desconfianzas o conflictos de interés). En este contexto, se sugiere:

8.1 Privilegiar intercambios y colaboración de carácter netamente técnico-científico, por ejemplo en materia de definiciones conceptuales, metodologías, compilación y socialización de datos, estadísticas y metadata, modelos, resultados, estimaciones y/o proyecciones.

8.2 Facilitar la vinculación de los tres estamentos público, privado y académico mediante menciones explícitas de esta eventual vinculación en la definición de la continuidad del Comité, mandato, pautas, áreas prioritarias, vinculaciones ministeriales, etc.

8.3 Transparentar intereses, roles y expectativas de los distintos estamentos que participan en las discusiones.

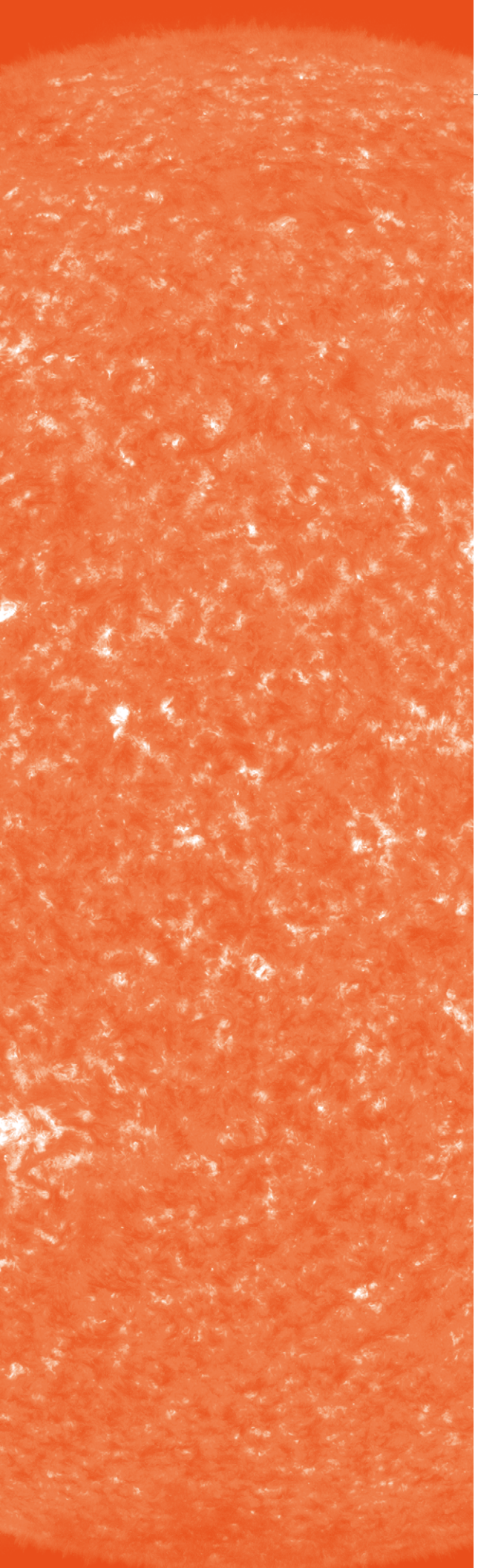
9. **Conexión de la ciencia con la ciudadanía.** Tempranamente el Comité decidió concentrar sus esfuerzos de participación en la COP25 en el ámbito ciudadano de la Zona Verde, mediante la curatoría y administración del Espacio Ciencia, para el cual se hizo un levantamiento de 97 iniciativas científicas. Con el traslado de la COP a Madrid, el foco se orientó hacia la Cumbre Social de Acción Climática, espacio en el cual participaron más de 40 de las iniciativas inicialmente previstas; 15 más fueron llevadas a Madrid, a la Zona Azul oficial (Pabellones Chile, IPCC y Criósfera), y ala Zona Verde ciudadana. De lo anterior es posible indicar la necesidad de:

   9.1 Establecer a futuro mecanismos para difundir y compartir el conocimiento del Comité con la ciudadanía, reconociendo que el año 2019 fue excepcional por la Presidencia de Chile de la COP25.
   9.2 Fortalecer la divulgación científica, a través de la creación de mecanismos permanentes que conecten el trabajo del Comité con la ciudadanía.
   9.3 Continuar con la elaboración de libros digitales de divulgación científica, como los que se elaboraron el año 2019 en Criósfera y Océanos, agregando, por ejemplo, uno o dos títulos al año con un formato similar de 50 preguntas y respuestas con infografías y fotos de divulgación de la ciencia chilena.

## Ámbito internacional

10. **Rol del Comité en las negociaciones internacionales de cambio climático.** La vinculación entre el sector público y la academia, a través del Comité, condujo a importantes hitos para el país. Cabe destacar la contribución del Comité en la instalación del tema océanos tanto a nivel mundial como nacional y en el proceso de actualización de las NDC en mitigación y adaptación que incorporan, entre otros: el concepto de presupuesto de carbono, un año peak de emisiones de GEI, una meta de GEI-neutralidad definida en términos absolutos sobre la base de lo que dicta la ciencia, y la huella hídrica. La realización de un encuentro de Ministros de Ciencia en la COP25 también constituye un sello de la presidencia de Chile. Dicha experiencia permite indicar las siguientes sugerencias:

   10.1 Establecer mecanismos de coordinación entre el Comité y la Cancillería, de manera de proveer los insumos científicos relevantes y relevar a nivel internacional la evidencia científica nacional, especialmente en el marco de la CMNUCC, el IPCC y el IPBES.
   10.2 Incluir la vinculación con la ciencia en la coordinación con la CMNUCC, y en particular con las COP futuras y con los órganos subsidiarios (SBSTA y SBI), por ejemplo, con propuestas para el Research Dialogue o el Earth Information Day, así como con la participación de científicos en estas u otras instancias relevantes, como los workshops de océanos el 2020.
   10.3 Evaluar la pertinencia de que el punto focal del IPCC pase del Ministerio del Medio Ambiente al Ministerio de Ciencia, sobre la base de que el IPCC colaboró estrechamente con el Ministerio de Ciencia y el Comité, entre otras para el Pabellón del IPCC en Madrid y la reunión regional IPCC en Santiago en marzo 2020.
   10.4 Informar oportunamente al Comité de la agenda en negociación para que la comunidad científica se organice y tenga cierta capacidad de respuesta, a diferencia de lo ocurrido, por ejemplo, a propósito de la negociación del artículo 6.3, respecto del cual el Comité no pudo pronunciarse oportunamente.



## MESA **MITIGACIÓN Y ENERGÍA**

**La actualización cada cinco años de la NDC requerirá un trabajo permanente de preparación de información base y de análisis sectoriales y de medidas de mitigación. Estos análisis se desarrollan en un contexto de incertidumbre que requiere de evaluación en sus aspectos de robustez, flexibilidad y resiliencia, a lo que se suma la necesidad de incorporar aspectos sociales, ambientales y del territorio, coherentes con la realidad y cambios que está enfrentando el país.**

# Introducción

El Acuerdo de París de 2015 adoptado en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) contempla la actualización cada cinco años de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC) con la lógica de que cada actualización debe ser más ambiciosa. Para abordar estos desafíos, se consolidó un trabajo cooperativo entre la mesa Mitigación y energía y el resto de los ministerios asociados, con el fin de construir un documento de análisis que sirva de base para priorizar los esfuerzos, tendientes a entregar robustez a la decisión final de actualización de las NDC.

Desde comienzos de este siglo, se ha ido consolidando en el país la elaboración de procesos participativos en el ámbito energético y de cambio climático. Si bien no se ha logrado una institucionalización de estas prácticas, la actualización de las NDC se enmarca en esta lógica, en particular al integrar a la comunidad científica en un proceso de diálogo e intercambio no vinculante. Los ministerios de Energía, Medio Ambiente y Hacienda han creado capacidades propias de investigación, con lo cual han elaborado los análisis y evidencia que sustentan la propuesta. Este proceso ha sido apoyado por estudios solicitados a equipos consultores.

Durante 2019, el trabajo de los ministerios consistió en una proyección de largo plazo con el objetivo de determinar una ruta para alcanzar la meta de neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a 2050, de acuerdo con el compromiso de neutralidad de GEI adquirido por el país. La actualización de las NDC surge como un hito intermedio de este trabajo, identificando los resultados de la planificación a 2030, lo cual es consistente con la mirada de largo plazo. Asimismo, ha sido posible lograr un entendimiento común de la metodología, fuentes de información, herramientas de simulación y criterios de decisión empleados.

Siguiendo recomendaciones para la presentación de la información de las NDC (Paquete de medidas de Katowice) y tendencias internacionales, la actualización de las NDC ha integrado metas absolutas, presupuesto de carbono y máximo (año peak). Asimismo, los estudios específicos han buscado aportar con la evidencia necesaria.

La actualización de las NDC requerirá un trabajo permanente de preparación de información base y de análisis sectoriales y de medidas de mitigación. Estos análisis se desarrollan en un contexto de incertidumbre que requiere de evaluación en sus aspectos de robustez, flexibilidad y resiliencia, a lo que se suma la necesidad de incorporar aspectos sociales, ambientales y del territorio, coherentes con la realidad y cambios que está enfrentando el país.

Es relevante hacer notar el listado de las variables que tendrían un potencial más importante para modificar los resultados y conclusiones del trabajo:

Disponibilidad del recurso hídrico. El cambio climático está teniendo un efecto en la disponibilidad del recurso agua para sus distintos usos, en particular para la generación de energía eléctrica. Sus proyecciones pueden afectar el desempeño de distintas medidas de mitigación.

Velocidad de retiro de centrales a carbón. Este punto es el resultado de negociaciones entre los sectores público y privado, que no involucran costos adicionales para el Estado. El estudio considera dos escenarios

de retiro (base y acelerado), pero podrían plantearse escenarios más rápidos y más lentos de retiro de las centrales a carbón. Es relevante establecer que el retiro de centrales termoeléctricas a carbón es una medida clave y habilitante para los objetivos propuestos. Por lo tanto, se debiera aspirar a un proceso más robusto y jurídicamente vinculante.

Costo de combustibles. El estudio supone que los costos de combustibles irán predominantemente en alza durante el período de análisis. Esto podría no cumplirse, debido a que escenarios de baja en la demanda por disminución en el consumo de combustibles fósiles podrían llevar a menores alzas o estabilizaciones en los precios de dichos combustibles. Se pueden plantear escenarios en que el consumo de fósiles baje por un efecto de baja en la demanda y no por restricciones de oferta, lo que no trae consigo alzas de precio.

Desarrollo del hidrógeno. Aunque los desarrollos tecnológicos disruptivos no pueden predecirse, varias tecnologías de almacenamiento y de producción de combustibles están hoy siendo desarrolladas con el potencial de producir cambios disruptivos. De esta forma, se puede plantear que mientras se desarrolla comercialmente el hidrógeno solar ($H_2$), otras tecnologías alternativas podrían impulsar el área de almacenamiento y energy-to-fuel, como combustibles solares, combustión dual, en base a gas natural licuado y sales fundidas, entre otras.

Costos de tecnologías. Los costos tecnológicos suelen ser poco predecibles en el tiempo, sobre todo en horizontes prolongados. De esta forma, es de interés considerar escenarios con distintas variaciones de costos. De hecho, escenarios en que los costos de las energías renovables bajan de forma relevante y las tecnologías convencionales suben de igual forma (por alza de precios de combustibles), implica conclusiones que deben ser evaluadas a través de escenarios alternativos.

Nivel de penetración de la electrificación y electromovilidad. El análisis muestra una visión de penetración de la electrificación y electromovilidad auspiciosa, pero que puede tener matices, ya sea a través de un desarrollo más rápido o más lento.

Demanda por electricidad. Una demanda creciente es importante para la introducción de nuevas tecnologías. Si la demanda no crece de forma acelerada, el recambio tecnológico puede sufrir un retraso que deberá ser evaluado. De esta forma, es de interés conocer la robustez de los resultados frente a variaciones de la demanda.

Los análisis presentados utilizan las estimaciones disponibles y visiones de las distintas variables que afectan las conclusiones del trabajo. Sin embargo, el equipo investigador entiende que dichos resultados son sensibles a varios de los supuestos que consideró el análisis, los que deben ser reevaluados permanentemente en función de la evidencia disponible.

# Recomendaciones

1. **Mantener un trabajo permanente formal entre los distintos ministerios, organismos internacionales, equipos de investigación, sector privado y sociedad civil que permita un monitoreo y evaluaciones permanentes.** En este ámbito, la necesidad de contribuir al diseño y desarrollo de políticas de base científica es uno de los principales desafíos del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile (Ministerio de Ciencia). Este desafío requiere la construcción de una capacidad institucional permanente para atender las necesidades de la población mediante la sistematización y traducción de la evidencia primaria producida por la comunidad científica nacional. A la luz de la experiencia del Comité Científico COP25, se sugiere que el Ministerio desempeñe un papel de interfaz entre la evidencia y las políticas públicas, generando una interacción activa entre la comunidad científica nacional y las instituciones del sector público involucradas en el cambio climático. Al construir esta capacidad institucional, se prevé que el Comité Científico Asesor para el Cambio Climático propuesto en el proyecto de Ley Marco de Cambio Climático potenciará el capital científico y social a través de un diálogo formal donde el resultado de la comunidad científica será el diseño, implementación y evaluación de políticas públicas, aportes nacionales, estrategias de largo plazo y planes sectoriales para enfrentar los avances e impactos del cambio climático en Chile y sus regiones. Para ello se requiere el desarrollo de un capital humano con competencias específicas como facilitadores entre la ciencia, el sector público, la industria y la comunidad.

2. **En cuanto al nivel de ambición de la propuesta para las NDC en mitigación de Chile:**

   - La meta de neutralidad de GEI adoptada por Chile para el año 2050 está alineada con el Acuerdo de París (COP 21) y la meta de limitar el calentamiento global a menos de 1,5°C con respecto a los niveles pre-industriales.
   - El nivel de ambición de la propuesta de actualización de las NDC es claramente mayor al de las NDC actuales. De hecho, para el escenario *business-as-usual* (BAU), las NDC actuales aumentan las emisiones anuales de GEI para el año 2030.
   - Siguiendo las recomendaciones para la presentación de información sobre las contribuciones (Paquete de medidas de Katowice) y las tendencias internacionales, la actualización de las NDC ha integrado metas en términos de emisiones absolutas, presupuesto de carbono y un año peak de emisiones máximas. En comparación con las NDC actuales, estos cambios suponen un claro avance en el tipo de métrica adoptada, mejorando así la transparencia de los compromisos y los sistemas de vigilancia. Además, se han realizado estudios específicos para proporcionar las pruebas necesarias.

Las medidas de mitigación estudiadas para la propuesta de NDC son coherentes con la neutralidad de GEI para el año 2050. No obstante, estos resultados dependen en gran medida de los niveles de captura de GEI (65 MM $tCO_2e$ anuales). A pesar de estar fuera del alcance de este documento, los autores identifican este tema como una incertidumbre relevante. El plan de eliminación voluntaria de las centrales eléctricas de carbón es también una incertidumbre importante a considerar.

3. **Asegurar la evaluación permanente y estratégica de múltiples escenarios para definir políticas públicas que permitan orientar de mejor forma las decisiones de los distintos actores.**

4. **Seguir avanzando en el análisis y evaluación de políticas e instrumentos que permitan la implementación de las medidas.** Los resultados muestran que el sector energía tiene un alto potencial de abatimiento de GEI en los distintos sectores que lo componen.

5. **Desarrollar el monitoreo de las soluciones existentes respecto de los análisis preliminares.** Esto debido a que la información de base de los análisis integra fuentes de información de diversos orígenes tanto nacionales como internacionales que deben ser revisados y actualizados permanentemente. En particular, mejorar la representatividad local de cada una de las variables, por ejemplo, precios, costos y proyecciones, entre otras.

6. **El uso de curvas tipo Costo de Abatimiento Marginal (MAC, por sus siglas en inglés), en contraste con el uso de modelos sectoriales, requiere de un análisis explícito de coherencia e interacciones usualmente no evaluadas.** Las curvas tipo MAC obtenidas en el análisis de las opciones de mitigación para Chile dan cuenta de la existencia de medidas que tienen costos negativos de mitigación. Esto ocurre por diversos motivos, pero la razón principal puede ser que se trata de medidas intensivas en capital, por lo que, pese a los ahorros operacionales, no se implementan debido a que los tomadores de decisiones cuentan con restricciones presupuestarias o con elevadas tasas de descuento. Otra razón frecuente es que los tomadores de decisiones no cuentan con información perfecta para tomar sus decisiones. Esto hace relevante el análisis detallado de por qué estas medidas no se despliegan —pese a su alta rentabilidad social— en el escenario de referencia, y de las políticas públicas necesarias a su implementación.

7. **Una evaluación macroeconómica de los escenarios con y sin medidas de mitigación debiera ser un elemento clave de la futura metodología de apoyo a las NDC para Chile.** Para hacer frente a este desafío, se propone un circuito metodológico formal que incorpore una evaluación macroeconómica como parte de todo el proceso.

8. **El contexto social, cultural y político debiera ser integrado tempranamente en los análisis, en particular en el diseño, evaluación e implementación de medidas de mitigación.** Se requiere ir más allá del análisis puramente técnico y económico para evaluar la implementación de medidas de mitigación e incorporar los impactos que estas medidas pudieran tener, a la vez de incluir la factibilidad política y la pertinencia cultural de las propuestas. Es fundamental comprender el cambio climático como un riesgo complejo y multidimensional, que no puede entenderse separado de los desafíos que enfrenta el país.

9. **Integrar medidas de mitigación de carbono negro, por los importantes co-beneficios más allá de los efectos en mitigación.**

10. **Las soluciones basadas en la naturaleza no han sido consideradas dentro de las estrategias, por lo que se perfilan como un gran potencial y desafío de estudios sistemáticos para el futuro próximo.** Se requiere elaborar un sistema de evaluación de estas medidas.

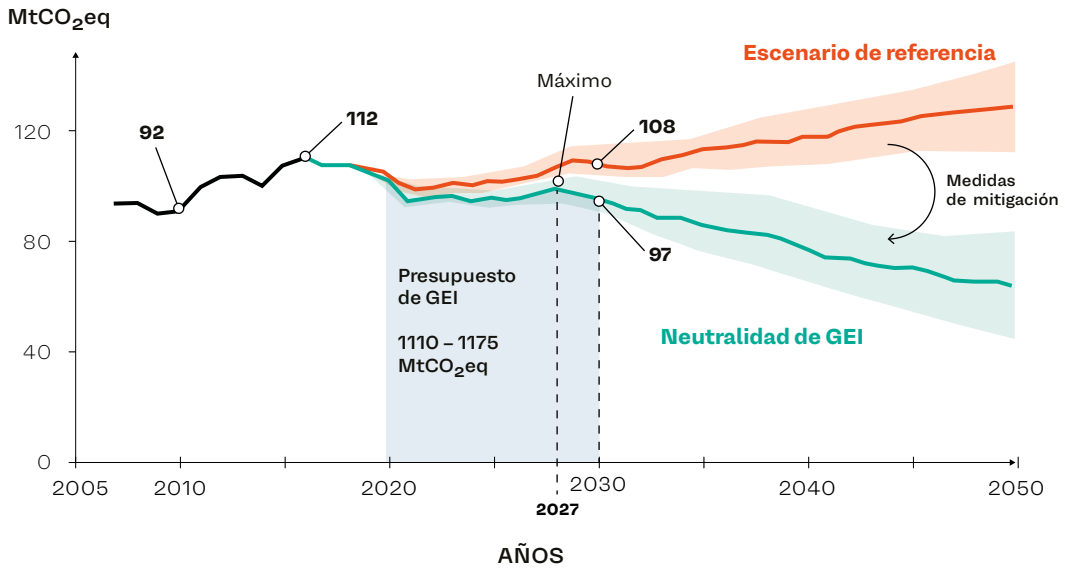
11. **Se requiere estudiar con mayor nivel de profundidad los potenciales de abatimiento de GEI en los sectores no energéticos (procesos industriales, residuos, agropecuario y forestal).**

12. **En cuanto a las limitaciones de este análisis, se debe considerar la incorporación de un escenario de exportación de energía renovable desde Chile.** Esta exportación puede realizarse mediante una combinación de redes eléctricas en América Latina, la producción de combustibles sintéticos (por ejemplo, hidrógeno) o la atracción de la inversión extranjera a Chile. Se debe evaluar el impacto económico de este escenario. Además, este tipo de estrategia contribuiría a la posición de Chile en términos del artículo 6 del Acuerdo de París.

13. **Además, es necesario comprender mejor el rol del artículo 6 en la aplicación de las NDC y si Chile va a utilizar enfoques cooperativos en este contexto.** Estudios recientes del Banco Mundial y de la Asociación Internacional del Comercio de Emisiones indican que este Artículo 6 tiene el potencial de reducir sustancialmente los costos de implementación de las NDC para mediados de siglo, junto con la reducción de las emisiones globales en una porción relevante.

14. **Por último, se debe tener presente que el cambio climático no sólo representa un factor de riesgo para acelerar, reforzar, amplificar y multiplicar las situaciones de incertidumbre, conflicto, violencia y crisis política en el futuro, sino que las medidas de control y mitigación propuestas también pueden generar condiciones de inestabilidad.** Los riesgos climáticos se verán incrementados por las condiciones locales de pobreza y desigualdad, pero pueden abordarse mediante inversiones adecuadas en capacidades institucionales de respuesta y adaptación, lo que implica transformaciones estructurales que fortalecen el tejido social, la preparación de la población y las condiciones de gobernabilidad. Por el contrario, la adopción de políticas inadecuadas puede acelerar o incluso amplificar la incertidumbre y los conflictos. La actual crisis social en Chile es un duro recordatorio de estos dos tipos de condiciones habilitantes a considerar.

**Propuesta de actualización de las NDC de Chile en mitigación: Aspectos metodológicos y soporte para la ambición**




Trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero entre 2005 y 2050. Los datos entre 2005 y 2016 provienen del Inventario Nacional de gases de efecto invernadero (GEI), los de 2017 a 2018 son estimaciones, y los de 2019 a 2050 son proyecciones de dos escenarios. Las áreas sombreadas corresponden a las incertidumbres asociadas a las proyecciones, las que crecen a medida que aumenta el horizonte de tiempo.
Nota: No incluye sector uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS).

# MESA ADAPTACIÓN

**Para hacer frente a los impactos al cambio climático en un país con alta vulnerabilidad, necesidades de desarrollo y crecientes conflictos sociales, se requiere diseñar e implementar distintos niveles de medidas de adaptación y transformación basadas en mejoras institucionales y de gobernanza, diseño de infraestructura, protección de ecosistemas y la formación de comunidades más resilientes.**

# Introducción

Existe consenso científico de que todo calentamiento global observado desde el periodo preindustrial es atribuible a la acción humana, y ya se han observado los impactos en sistemas naturales y humanos de este calentamiento.

Mientras los esfuerzos de mitigación abordan las causas del cambio climático mediante la reducción, captura y secuestro de emisiones de gases de efecto invernadero, la implementación de estrategias de adaptación aborda las consecuencias, los impactos y los riesgos del cambio climático.

Chile es un país con alta vulnerabilidad al cambio climático, entre cuyos principales impactos ha sido la disminución en la disponibilidad de recursos hídricos como consecuencia de la reducción en precipitación, el aumento de la temperatura, el derretimiento acelerado de la criósfera. A su vez, existen impactos asociados a otras amenazas de origen climático, como los aluviones, marejadas, incendios y olas de calor, entre otros. Muchos de estos impactos se han estado manifestando recientemente, con la megasequía que ha afectado la zona central del país como uno de los efectos más severos del cambio climático en Chile. Se espera que estas amenazas sigan aumentando y afecten de forma diferenciada a la población, la infraestructura y los sistemas naturales en función de la intensidad de la amenaza, los distintos niveles de exposición, las capacidades de adaptación y los niveles de vulnerabilidad y resiliencia de los afectados.

Para hacer frente a estos impactos, es necesario diseñar e implementar distintos niveles de medidas de adaptación y transformación basadas en mejoras institucionales y de gobernanza, diseño de infraestructura, protección de ecosistemas y la formación de comunidades más resilientes. A partir de estos desafíos, la mesa Adaptación ha trabajado en talleres, encuestas y discusiones, con participación de más de 100 científicos, para evaluar los avances y desafíos de la implementación de la adaptación en Chile y generar recomendaciones que sirvan para apoyar la toma de decisiones.

El análisis reconoce cuatro grandes categorías de brechas: i) brechas respecto de las capacidades —a distintas escalas— para identificar necesidades de adaptación, con el fin de implementar las medidas requeridas de una manera participativa y legítima; ii) brechas asociadas a los instrumentos de política pública diseñados para promover e implementar la adaptación; iii) brechas en la promoción de facilitadores y la reducción de obstáculos en la implementación de la adaptación al cambio climático; y iv) brechas en la identificación de medidas de tipo transformacional y otros temas emergentes que aún no han sido incorporados del todo en los procesos de adaptación en Chile.

# A. Capacidades para definir e implementar necesidades de adaptación

Para las etapas de un proceso de diseño e implementación de medidas de adaptación, resulta clave tener el conocimiento adecuado respecto de los riesgos, exposición y vulnerabilidades que permitan el correcto diseño de estas medidas y, a la vez, que existan las capacidades para luego poder implementarlas.

## Recomendaciones

1. **Mejorar, actualizar y ampliar los análisis de amenazas y riesgos asociados al cambio climático para permitir tomar decisiones de implementación de estrategias de adaptación.** Es necesario contar con evaluaciones de vulnerabilidad a la escala subnacional y ojalá llegar al nivel comunal. Se deben reconocer los recursos limitados, además de recurrir a espacios de colaboración de los ámbitos público, privado y académico, con el fin de generar capacidades de investigación y análisis en los territorios afectados.

2. **Fortalecer la participación de distintos actores sociales, el sector privado y todos los niveles administrativos del territorio nacional, poniendo énfasis en el nivel local y sus comunidades, ya que son la primera línea en sufrir los impactos y adaptarse al cambio climático.**

3. **Medir el avance en la adaptación por medio de indicadores.** Para ello, se recomienda desarrollar metodologías de evaluación de la adaptación, de modo de contribuir de forma oportuna a la implementación de mejoras.

4. **Generar las capacidades para el desarrollo, la implementación y la adopción de las tecnologías requeridas para la adaptación.** En este sentido, se recomienda finalizar e implementar la Estrategia de Desarrollo y Transferencia Tecnológica del Cambio Climático (EDTTCC), compromiso de contribución determinada a nivel nacional (NDC) del año 2015.

5. **Priorizar estrategias de tipo «sin arrepentimiento» (estrategia no-regret o robustas a escenarios futuros), de manera de poder hacer frente a la incertidumbre asociada a escenarios futuros.** Por ejemplo, hay que considerar medidas relativas a la protección o restauración de ecosistemas para asegurar los servicios que proveen; la reducción del nivel de vulnerabilidad de comunidades rurales y urbanas para hacer frente a la ocurrencia de eventos extremos y asegurar su acceso a agua potable; mejoras institucionales en la gestión con una visión a largo plazo y estratégica de los recursos hídricos a escala de cuenca; y mejoras en la capacidad de gestión de las instituciones dedicadas a la gestión de desastres, como la Oficina Nacional de Emergencia (Onemi).

6. **Contar con políticas interconectadas entre distintos sectores del país, con una coordinación especial por parte del Ministerio del Medio Ambiente.** De manera complementaria a las políticas públicas, los actores privados, la sociedad civil y los gobiernos locales deben generar sus propias formas de respuesta a los desafíos de la adaptación al cambio climático, basadas en sus necesidades, prioridades, recursos disponibles y capacidades.

# B. Instrumentos de política pública para la implementación de la adaptación

Para lograr la adaptación al cambio climático, se han implementado una serie de instrumentos y políticas públicas que ayudan a crear los incentivos, regulaciones e inversiones necesarias para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de distintos sistemas, sectores productivos y regiones del país. Existen dos tipos de instrumentos: compromisos a nivel internacional expresados en las NDC y planes de adaptación sectoriales o territoriales. Hay posibilidades de mejorar lo ya conseguido en términos de la ambición esperada por los compromisos de las NDC, además del diseño, implementación y seguimiento de planes de adaptación.

## Recomendaciones

1. **Reforzar e idealmente adelantar los compromisos asociados al desarrollo de planes de adaptación.** Se requiere desarrollar el Plan de Adaptación en Recursos Hídricos, debido a su transversalidad en el desarrollo de otros sectores, y por los impactos que han tenido la megasequía y la reducción de las precipitaciones.

2. **En el marco de los procesos de descentralización y fortalecimiento de la toma de decisiones a escala regional, se requiere reforzar el desarrollo de planes de acción regionales.**

3. **Incluir una serie de lineamientos en el diseño, implementación y seguimiento de los Planes de Adaptación al Cambio Climático.** Un aspecto clave es incorporar procesos participativos reales en cada etapa de desarrollo. Además, hay que construir indicadores que permitan medir el estado actual de la adaptación y los progresos (o retrocesos) durante la implementación (o maladaptación).

# C. Facilitadores y obstaculizadores de la adaptación

Como parte del aprendizaje de los procesos de adaptación, es clave evaluar factores que, según el contexto, pueden transformarse en facilitadores u obstaculizadores (barreras) a la adaptación.

## Recomendaciones

1. **Utilizar una tipología basada en aspectos institucionales, legales de liderazgo, políticos, sociales, científico-tecnológicos y financieros que permita clasificar y orientar los factores que facilitan u obstaculizan a la adaptación.**

2. **Mejorar la arquitectura institucional, uno de los principales obstáculos, con especial atención en la gestión del territorio.**

3. **El liderazgo que emergió debido a la organización de la COP25 en Chile contribuyó, como facilitador, a tener un avance sustantivo en áreas relacionadas con los desafíos del cambio climático, en particular en temas de adaptación.** Pese al cambio de sede de la COP25 a Madrid, se recomienda aprovechar el camino recorrido y mantener activos los esfuerzos en esta materia por parte del sector público, la sociedad civil y el sector privado.

# D. Temas emergentes y transformación

En los instrumentos y procesos de adaptación hay una serie de temáticas emergentes con poco énfasis en Chile. Conocer y abordar estas temáticas ofrece una oportunidad de mejora de las políticas públicas e instrumentos asociados. Los principales temas emergentes para Chile son equidad, transformación, desastres socionaturales, infraestructura verde y pueblos originarios.

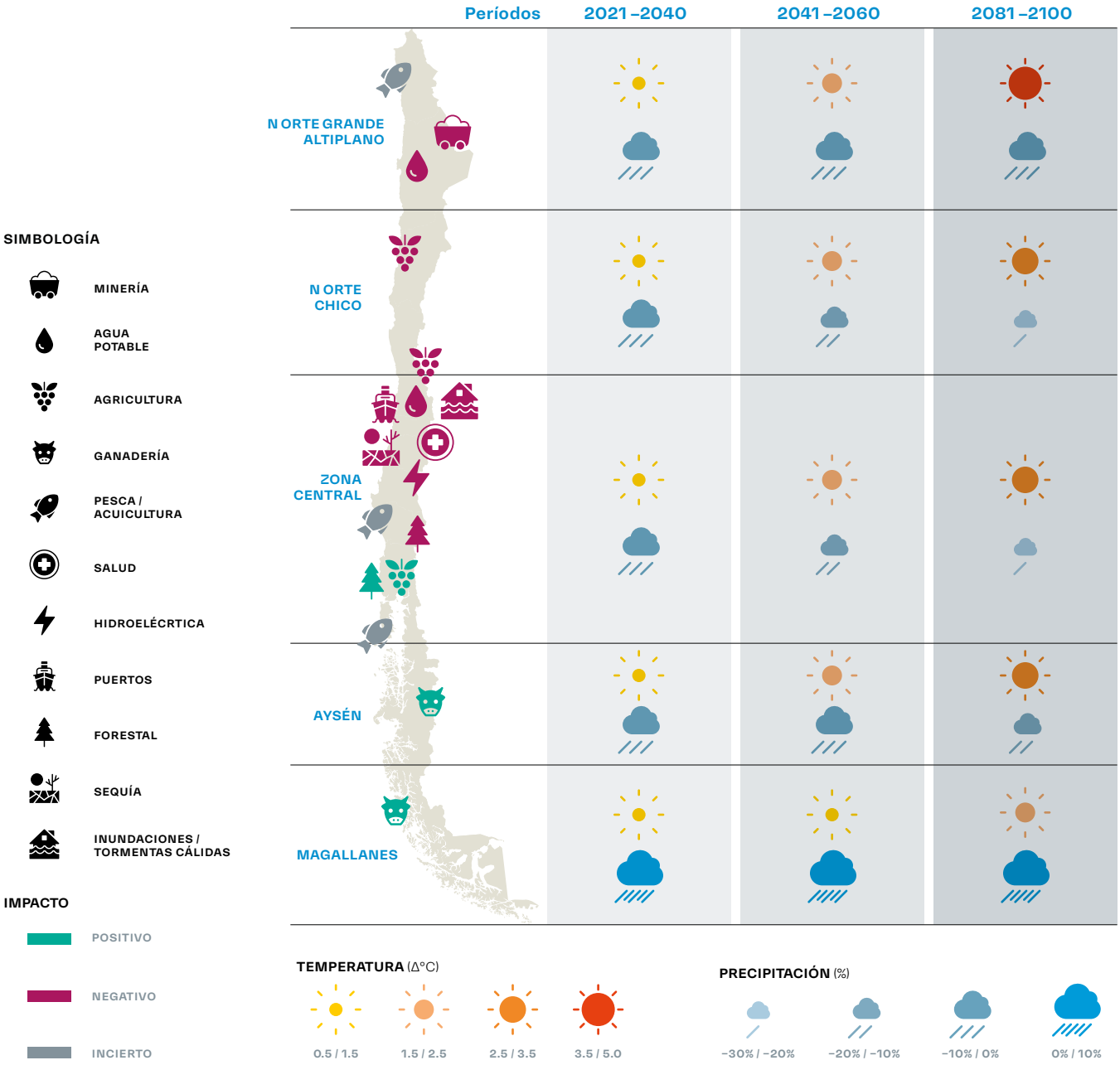
## Recomendaciones

1. **Responder y ajustarse con urgencia y aproximación transversal a los impactos del cambio climático, por medio de la adaptación en distintas escalas administrativas y con participación de diversos actores sociales.**

2. **Los estallidos sociales, tanto a nivel nacional como internacional, se exacerban en el contexto de un clima cambiante.** La transformación —en cuanto proceso consciente y guiado— ofrece la oportunidad de llevar a cabo los cambios estructurales necesarios en la sociedad para alcanzar la definición de objetivos comunes, la creación de nuevos modelos de desarrollo y avanzar en la justicia social y ambiental. Pese a su gran potencial, aún falta diseñar procesos que puedan lograr cambios transformativos, involucren a todos los intereses y cuenten con la mejor información basada en ciencia.

3. **Avanzar en lograr los objetivos de desarrollo enmarcados, por ejemplo, en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).** Reducir brechas respecto del logro del ODS 1 (poner fin a la pobreza en todas sus formas), del ODS 2 (poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible) o del ODS 6 (garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos) son ejemplos de estrategias que ayudan a reducir la vulnerabilidad y los riesgos asociados al cambio climático.

## Resumen del impacto del cambio climático en Chile




Representación esquemática de los impactos actuales y futuros en diversos sectores del Chile y su relación con las proyecciones climáticas futuras. Los cambios en precipitación (%) y de temperatura (°C) se basan en las proyecciones futuras siguiendo un escenario alto de emisiones de gases de efecto invernadero, denominado RCP8.5. Las diferencias son respecto a un periodo base: 1985-2005. Actualizado en base a CEPAL (2009): La economía del cambio climático en Chile.

MESA
AGUA

**La zona centro-sur de Chile lleva diez años con déficit de precipitaciones de entre 25% y 30%, lo que la convierte en la década más seca desde que existe registro, la cual ha sido atribuida en parte al cambio climático. En este contexto, para poder enfrentar este y otros eventos extremos, es fundamental revisar los métodos utilizados para la asignación de recursos hídricos, incluyendo el concepto de un clima e hidrología cambiantes, a la luz de la experiencia comparada.**

# Introducción

El presente documento entrega el trabajo efectuado por la mesa Agua, en la que se inscribieron 156 científicos de todo el país. La mesa trabajó en colaboración de la Red de Investigación de Recursos Hídricos (Red $H_2O$), la cual es coordinada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). El trabajo se enfocó en cuatro temas: i) gobernanza del agua en Chile, ii) escasez hídrica, iii) calidad del agua, y iv) adaptación en recursos hídricos frente al cambio climático; en cambio, el tema nieve y glaciares se abordó en la mesa de Criósfera. La metodología de trabajo consistió en revisar los antecedentes de cada tema, identificar desafíos y brechas existentes, y elaborar recomendaciones para abordar dichos desafíos. En este documento se resume el contexto de la situación hídrica del país y las recomendaciones generadas por la mesa Agua.

La zona centro-sur de Chile lleva una década con déficit de precipitaciones de entre 25% y 30%, lo que la convierte en la década más seca desde que existe registro. Trabajos científicos han demostrado que una parte de esta sequía meteorológica se debe a la acción humana por medio del cambio climático global. Esta sequía, sumada al aumento de las temperaturas, ha impactado con fuerza el régimen de caudales, cuyo déficit varía entre 70% en los ríos de las regiones de Coquimbo y Valparaíso, a valores cercanos al 25% hacia el sur durante el período 2010-2014.

Las proyecciones climáticas para el período 2030-2060, comparadas con el de 1985-2015, indican una disminución generalizada de las precipitaciones promedio de entre 5% y 15% para la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Elqui (región de Coquimbo) y el Baker (región de Aysén). Debido a cómo se mueve el agua dentro de una cuenca, los impactos de los cambios de evapotranspiración sobre la hidrología de la superficie (escorrentía) son, en general, más débiles que los causados por los cambios en precipitación. Por lo tanto, con independencia de si la evapotranspiración aumenta o disminuye, existe una clara reducción de la escorrentía en todos los dominios, con un patrón espacial y una amplitud de cambio similares a los proyectados para la precipitación. Debido a lo anterior, se estima que un área de 71.400 $km^2$ aumentaría en su categoría de aridez, lo que equivale al 10% de la superficie de Chile continental.

Una de las principales brechas identificadas durante la revisión de antecedentes es la falta de datos hidrometeorológicos y de aguas subterráneas, lo que lleva a un alto grado de incertidumbre en la estimación del balance hídrico de la mayoría de las cuencas del país. En Chile se tiene una estación de precipitación por cada 818 $km^2$ y una de temperatura por cada 1.364 $km^2$. Para el monitoreo de aguas subterráneas, la Dirección General de Aguas (DGA) posee 67 pozos distribuidos en 12 regiones y 20 acuíferos, además de haber delimitado 36 sectores acuíferos. Lo anterior deja en evidencia la necesidad de avanzar en una red robusta de información, como ha propuesto la mesa Agua en el capítulo de gobernanza. Por otra parte, se identificaron brechas en cuanto a la gestión integrada de los recursos hídricos.

# A. Gobernanza del agua

Al considerar los cambios observados en el régimen de precipitación, así como las proyecciones hacia el futuro, se requiere una gobernanza del agua —en cuanto derecho y gestión— que sea flexible y resiliente al cambio climático.

## Recomendaciones

1. **Revisar los métodos utilizados para la asignación de recursos hídricos, incluyendo el concepto de un clima e hidrología cambiantes, a la luz de la experiencia comparada; dotar a la autoridad de la posibilidad de revisar las condiciones originales de otorgamiento de los derechos; y entregar mayores atribuciones para enfrentar sequías permanentes y otros eventos extremos, a la luz de la experiencia comparada.**

2. **Integrar el componente medioambiental al derecho y la gestión de las aguas mediante la aprobación de normas protectoras de glaciares y turberas, nuevas atribuciones y deberes ambientales para la DGA y las organizaciones de usuarios del agua (OUA), e impedir que estas organizaciones administren diferentes secciones de un mismo cauce.**

3. **Reformar el régimen legal que regula el acceso al agua (propiedad y mercado), en consideración de los usos prioritarios y la mantención de un sistema hidrológico sustentable.**

4. **Diseñar un modelo de gestión integrada de los recursos hídricos dentro de una cuenca, mediante la creación de organismos de cuenca con importante rol del Estado y participación de todos los interesados.**

5. **Integrar la variable hídrica a la planificación del suelo y el ordenamiento del territorio.**

6. **Mejorar la gestión de cauces y el control de crecidas e inundaciones urbanas con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza.**

7. **Designar una comisión nacional que recomiende la estructura y atribuciones de una autoridad política de jerarquía superior a la actual para la regulación de los recursos hídricos en Chile, con competencias en hidrología, medio ambiente y cambio climático.**

8. **Contar con la asesoría de un consejo asesor científico permanente.**

9. **Disminuir las brechas en información mediante:** i) la elaboración de un protocolo de colaboración y coordinación en información hidrológica y meteorológica, con énfasis en las variables meteorológicas de altura; ii) la implementación de una plataforma de tecnología avanzada sobre cantidad y calidad de agua —incluyendo derechos de agua— que integre la información disponible de la Superintendencia de Medio Ambiente; y iii) la fijación de un plazo a la regularización de derechos de agua y se actualice el Catastro Público de Aguas (CPA).

10. **Que el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación asuma legalmente la función de divulgación, educación y promoción de conocimiento del agua en un contexto de cambio climático.**

# B. Infraestructura para enfrentar la escasez hídrica

Con el fin de responder a la actual escasez hídrica, se han creado diversas iniciativas para asegurar el consumo humano y, a la vez, incentivar el acceso a nuevas fuentes de agua, como la reutilización de las aguas lluvias, la recarga artificial de acuíferos y la desalinización, entre otras. Estas iniciativas requieren obras de infraestructura. El éxito de la planificación de dicha infraestructura debe considerar el hecho de que los ecosistemas naturales son claves en la provisión de agua tanto en cantidad como en calidad. La unidad natural de planificación territorial debe ser la cuenca hidrográfica, medida que exige reformas legales al actual sistema.

## Recomendaciones

1. **Relevar el rol de los ecosistemas naturales en la generación de cantidad y calidad del agua, y avanzar en soluciones basadas en la naturaleza.**

2. **Evaluar distintas alternativas o una combinación de soluciones, en consideración de que los efectos socioambientales son sitio específicos y que no existe una solución única, dada la diversidad geográfica y climática de Chile.**

3. **Considerar los potenciales efectos en el funcionamiento de la cuenca como un todo en las políticas de incentivo a la eficiencia del riego.** Para ello, se debe evitar caer en la paradoja de la eficiencia en las medidas de infraestructura y planificación.

4. **Considerar la interacción de toda nueva obra con los ríos, puesto que son sistemas abiertos que forman parte integral del paisaje circundante, con el cual son altamente interactivos.**

5. **Revisar la política pública proclive a los embalses. Antes de pensar en almacenamiento, es necesario diseñar planes de manejo de agua en las cuencas como alternativa principal a la adaptación al cambio climático.** Por su parte, al decidir las soluciones a implementar, hay que considerar diversas variables y condicionantes, como que el volumen a almacenar sea tal que el caudal promedio estacional del río y el flujo de sedimentos se mantenga estable.

6. **Localizar estratégicamente los embalses en la red hidrográfica, de manera de contribuir a la recarga artificial de acuíferos, en un marco de operación conjunta superficial y subterránea.**

7. **Proteger legalmente a los glaciares, ya que actúan como diques reguladores de los caudales andinos, ganan masa durante los años fríos y húmedos y la pierden durante los años secos y cálidos, cuando la oferta de la nieve precipitada en el invierno no alcanza a satisfacer la demanda hídrica.**

8. **Crear una sólida red de monitoreo y datos hidrometeorológicos, la que permita tener una correcta representación espacial de la oferta y estimar la demanda de mejor manera, es decir, disminuyendo el error en los valores con los que en la actualidad se definen las acciones en materia de gestión del recurso hídrico.** Esto también es coincidente con lo expuesto en la penúltima recomendación de gobernanza del agua.

# C. Calidad del agua

El agua cumple una función ecológica desde la parte alta de los ríos hasta el mar costero, ya que transporta y distribuye elementos químicos esenciales para la vida, además de sustentar diversos ecosistemas y usos como el consumo humano, la actividad agrícola, forestal, de acuicultura, energética y minera, entre otros. En la actualidad, el problema de escasez hídrica en Chile se ha agudizado, lo que pone en evidencia diferentes efectos de variada frecuencia y magnitud que no solo inciden en la disponibilidad de agua, sino que también degradan su calidad.

## Recomendaciones

1. **Implementar la gestión integrada de cuencas en el país.**

2. **Acelerar la protección de las cuencas a través de la implementación más eficiente de un programa de dictación de normas de calidad primaria y secundaria en los ríos y cuerpos de agua de Chile, junto con la posterior dictación de planes de prevención y descontaminación.**

3. **Consagrar legalmente un área de protección de las captaciones de aguas subterráneas para consumo como agua potable, según estándares internacionales.**

4. **Reformar la actual definición legal de «contaminación» que existe en la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, pues ella exige siempre la superación de una norma, pero al no existir un en la realidad, legalmente no existe la contaminación.**

5. **Implementar y fortalecer programas regionales y municipales de monitoreo de la calidad del agua superficial y subterránea.** Estos programas deben integrar esfuerzos de monitoreo públicos, participativos y privados, con ayuda de los gobiernos locales y en colaboración con la sociedad civil, ya sea juntas de vecinos, juntas de vigilancia, ONG y otros.

6. **Aumentar las capacidades analíticas para incluir más parámetros fisicoquímicos (metales raros) y microbiológicos (cianobacterias y bacterias gramnegativas como *Helicobacter pylori*) a medir, que puedan verse potencialmente exacerbados por la variabilidad y el cambio climático.**

7. **Incorporar de forma explícita el cambio climático en el Código de Aguas, para una gestión de riesgos relacionados con el clima a través del proceso de Plan Seguridad del Agua, según lo solicitado por la Organización Mundial de la Salud.**

8. **Incorporar a una norma la medición de contaminantes emergentes en el agua.** En caso de que esta medida sea costosa, se pueden utilizar bioensayos de ecotoxicidad aguda y crónica estandarizados y biomarcadores para diferentes especies, familias o géneros existentes en la literatura científica.

9. **Controlar de forma más efectiva la contaminación difusa del agua conservando la vegetación nativa en la zona ripariana de cuerpos de agua (ríos, lagos, esteros), dado que actúan como filtros de contaminantes, y haciendo mejoras en el sistema de riego tecnificado para los productores agrícolas.**

10. **Promover la educación ambiental a nivel educacional, cultural y político, con el fin de armonizar conceptos ambientales y potenciar la calidad de agua a nivel nacional, por medio de la divulgación de información confiable y precisa.**

11. **Promover tecnologías sustentables para la mejora y protección de la calidad del agua a través de la utilización de sistemas naturales o soluciones basadas en la naturaleza.**

# D. Medidas de adaptación relacionadas con los recursos hídricos

Desde la política pública se ha avanzado en aspectos de adaptación y mitigación del cambio climático por medio de una serie de políticas y planes sectoriales, aunque resta por elaborar el Plan de Adaptación al Cambio Climático para los Recursos Hídricos. No obstante, debido a la transversalidad de estos recursos, ellos ya han sido incluidos en algunos de los planes y políticas sectoriales.

Para este trabajo se revisaron las políticas, planes, y estrategias de 11 sectores económicos, lo que arrojó un total de 95 medidas relacionadas con recursos hídricos, de las cuales 80 tienen alcance nacional. Sobre la base de la información sistematizada, y con miras a la elaboración del Plan de Adaptación al Cambio Climático para los Recursos Hídricos (PACC-RRHH).

## Recomendaciones

1. **Elaborar las acciones del PACC-RRHH aprovechando potenciales sinergias con las acciones de las políticas, planes, y estrategias existentes.**

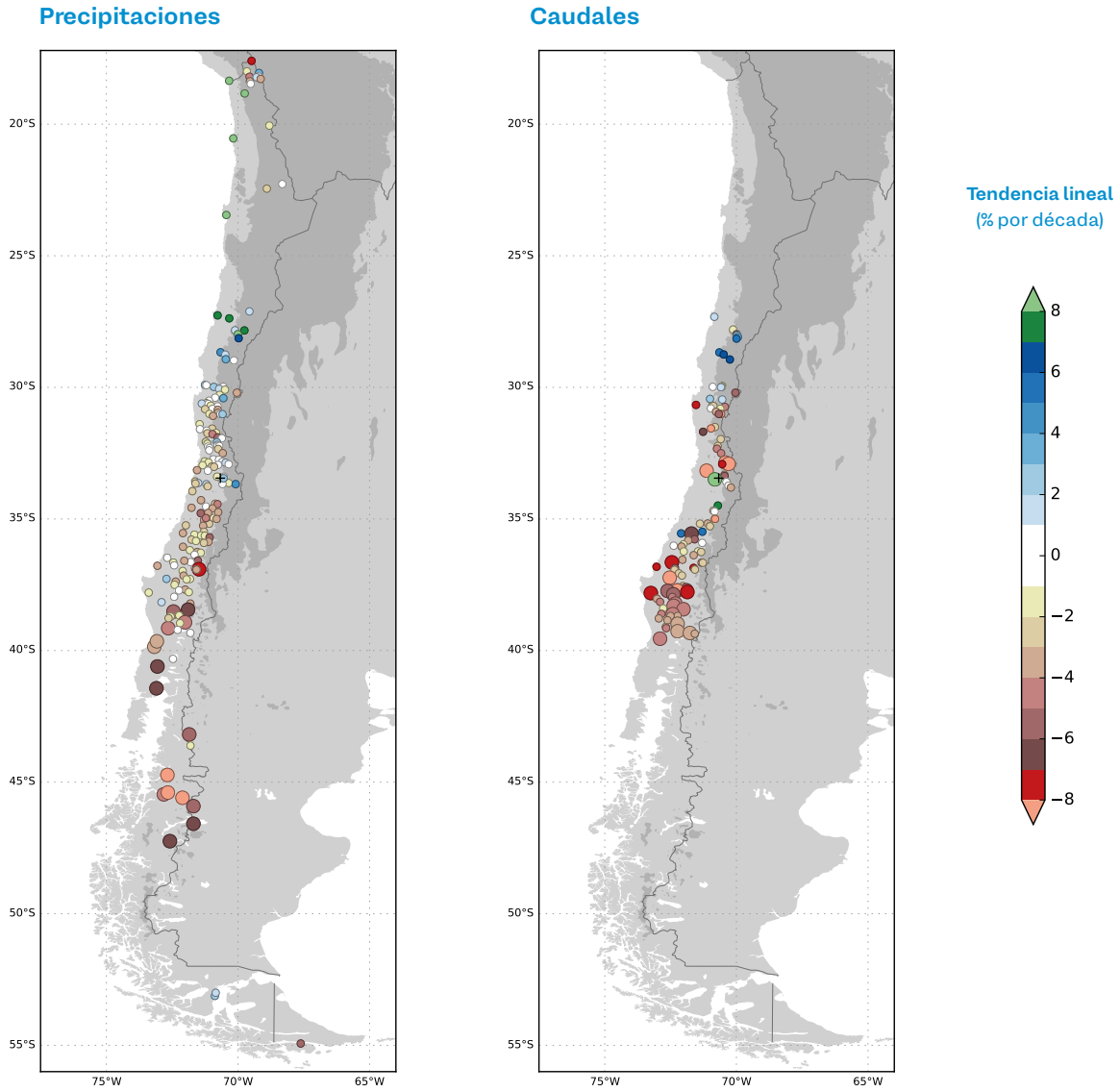
2. **Evitar que se dupliquen esfuerzos, e incluso potenciales conflictos de objetivos entre los las políticas, planes, y estrategias actuales con las acciones que se propondrán como parte del PACC-RRHH.**

3. **Mantener los lineamientos existentes de las políticas, planes, y estrategias: considerar acciones de adaptación con una perspectiva de largo plazo, enfocadas en generar ambientes habilitantes, y con alcance nacional.**

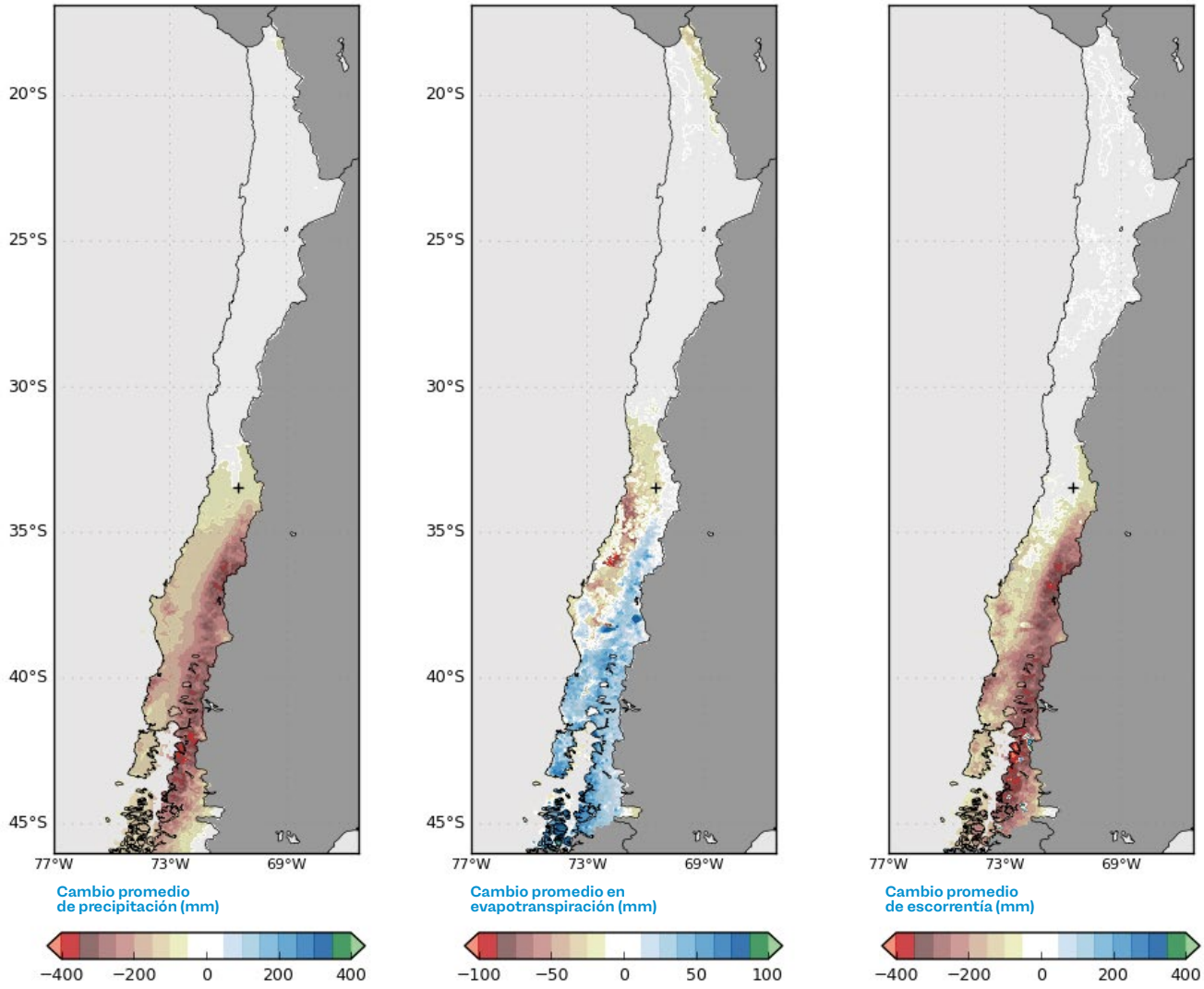
4. **Sobre el alcance nacional, establecer los mecanismos que permitan incluir la heterogeneidad territorial que caracteriza a Chile.**

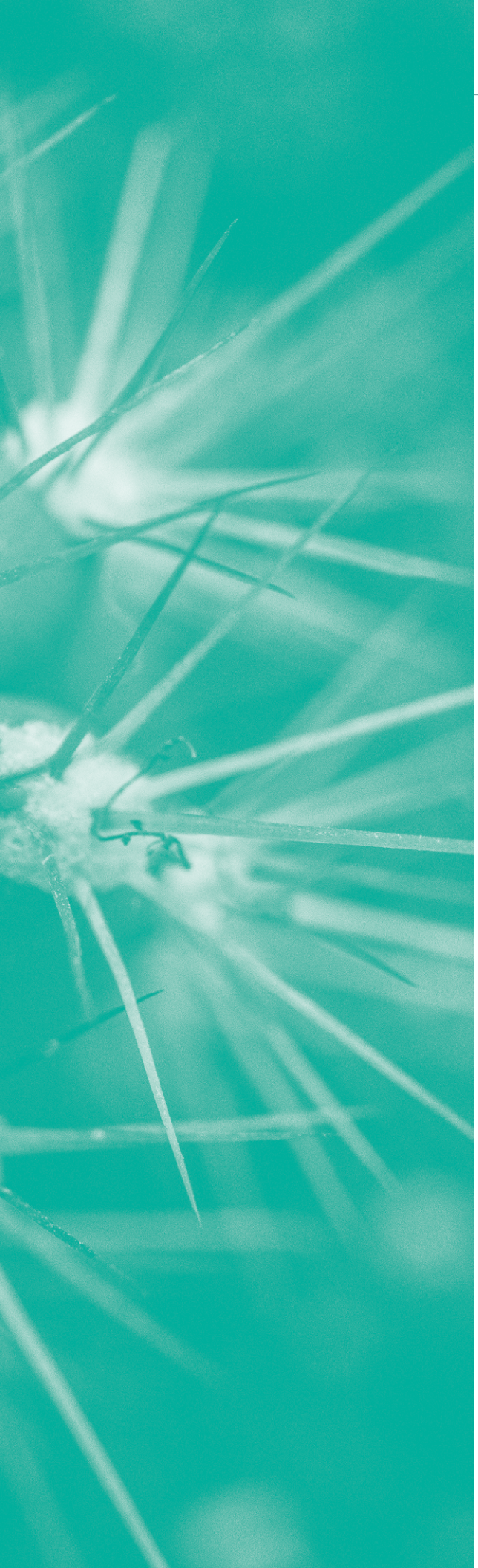
5. **Dados los múltiples usos del agua, ponderar los efectos que las acciones del PACC-RRHH tendrán sobre los sectores sociales, económicos y los ecosistemas.** Esto es relevante cuando las políticas estén en conflicto (por ejemplo, entre biodiversidad y producción agrícola).

Tendencias lineales de precipitación anual y caudales, basado en observaciones locales de 1960 a 2016.



Proyecciones futuras de cambios promedios en precipitación, evapotranspiración y escorrentías. Proyecciones realizadas con el modelo VIC, y basados en un clima futuro que sigue un escenario de altas emisiones denominado RCP8.5. Los cambios son entre los periodos (2030-2060) y (1985-2015). Basado en los resultados de la Actualización del Balance Hídrico de Chile (DGA, 2018)





MESA
**BIODIVERSIDAD**

**La conservación, manejo y restauración de los ecosistemas y el resguardo de la biodiversidad son las bases para la mantención de servicios ecosistémicos como la regulación climática por medio de la captura y secuestro de carbono, la provisión de agua y la mantención de la fertilidad del suelo. Estos servicios deben ser garantizados por el Estado, ya que son fundamentales para la vida, la habitabilidad de los territorios, los sistemas productivos y el bienestar social.**

# Introducción

Durante el año 2019 se presentaron las conclusiones del informe de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), órgano equivalente al Panel Intergubernamental acerca del Cambio Climático (IPCC) en el ámbito de la biodiversidad.

El informe señala que la provisión de servicios ecosistémicos ha ido declinando como consecuencia de la alteración global de los sistemas naturales; se estima que el 75% de la superficie terrestre está significativamente alterada, 66% del área oceánica está bajo impactos acumulativos crecientes, y 85% del área de humedales se ha perdido a nivel global. Producto de lo anterior, se ha reducido la productividad en el 23% de la superficie del planeta y la declinación de los insectos polinizadores ha puesto en riesgo un capital valorado entre los US$ 235.000 millones y US$ 577.000 millones. Por otro lado, la abundancia de las especies nativas ha declinado globalmente, a un punto tal que se presume que un millón de especies podrían declinar hacia la extinción en las próximas décadas, lo que afectará de manera irreversible la contribución que la naturaleza hace a las personas y servicios ecosistémicos, y socavará las bases fundamentales sobre las que se sustentan nuestros sistemas socioeconómicos.

El cambio en el uso de la tierra es el principal motor asociado a la actual declinación de la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, seguido por la sobreexplotación de animales, plantas y otros organismos. En los ecosistemas marinos, la alteración de hábitats en zonas costeras, la explotación directa de organismos por media la pesca, y la creciente actividad de la acuicultura son los principales motores de cambio. En este contexto, el cambio en el clima es particularmente preocupante, por cuanto actúa en forma sinérgica, agrava el impacto de los otros motores de cambio global y potencia la pérdida de biodiversidad y la degradación de los servicios ecosistémicos. Por ello, es prioritario contar con un diagnóstico respecto de la situación de la biodiversidad en el país, las brechas de conocimiento existentes y las prioridades en materia de investigación, gestión y políticas públicas.

Los científicos de la mesa Biodiversidad se dividieron en seis submesas: Áreas Protegidas y Restauración, Biodiversidad en Ecosistemas de Agua Dulce, Biodiversidad y Funciones Ecosistémicas, Datos en Biodiversidad, Cambio en el Uso del Suelo y Pesca y Acuicultura. Este resumen sintetiza el diagnóstico y las recomendaciones de las submesas en el contexto de la emergencia climática, en relación con la situación de la biodiversidad en el país, las brechas de conocimiento existentes y las prioridades en materia de investigación, gestión y políticas públicas.

Las submesas coinciden en cinco grandes recomendaciones para Chile:

1. **Crear un Observatorio Nacional de la Biodiversidad o red de sitios donde monitorear y entender mejor la dinámica de los ecosistemas naturales, el impacto del cambio climático sobre ellos y el ciclo del carbono.** Esto permitirá potenciar de mejor manera las soluciones al cambio climático basadas en la biodiversidad.

2. **Extender la actual red de áreas protegidas terrestres y marinas, con el objetivo de proteger los ecosistemas costeros, humedales, y otros deficientemente representados, incluidos aquellos ecosistemas prístinos que poseen grandes cantidades de carbono acumulado en su biomasa y en sus suelos, stock de carbono que representa un patrimonio natural.**

3. **Organizar una gestión de los recursos y servicios que provee la biodiversidad, como los alimentos y el agua, de una manera integral con una visión ecosistémica y socioecológica que considere a las comunidades.**

4. **Elaborar un plan nacional de restauración que permita iniciar la restauración de ecosistemas degradados, y generar el conocimiento científico que permita hacerlo de manera eficiente y eficaz.**

5. **Instaurar en Chile una política de acceso abierto a los datos de biodiversidad, definir estándares, modernizar protocolos y enfatizar en toda la comunidad (científicos, tomadores de decisiones y la ciudadanía en general) la necesidad e importancia del acceso universal a los datos.**

# A. Cambio de uso de suelo y mitigación

El informe de la submesa Cambio de Uso del Suelo es un esfuerzo colectivo de más de 20 científicos, que reúne la evidencia científica disponible respecto de los efectos del cambio climático desde los sectores del cambio de uso del suelo y la silvicultura (UTCUTS).

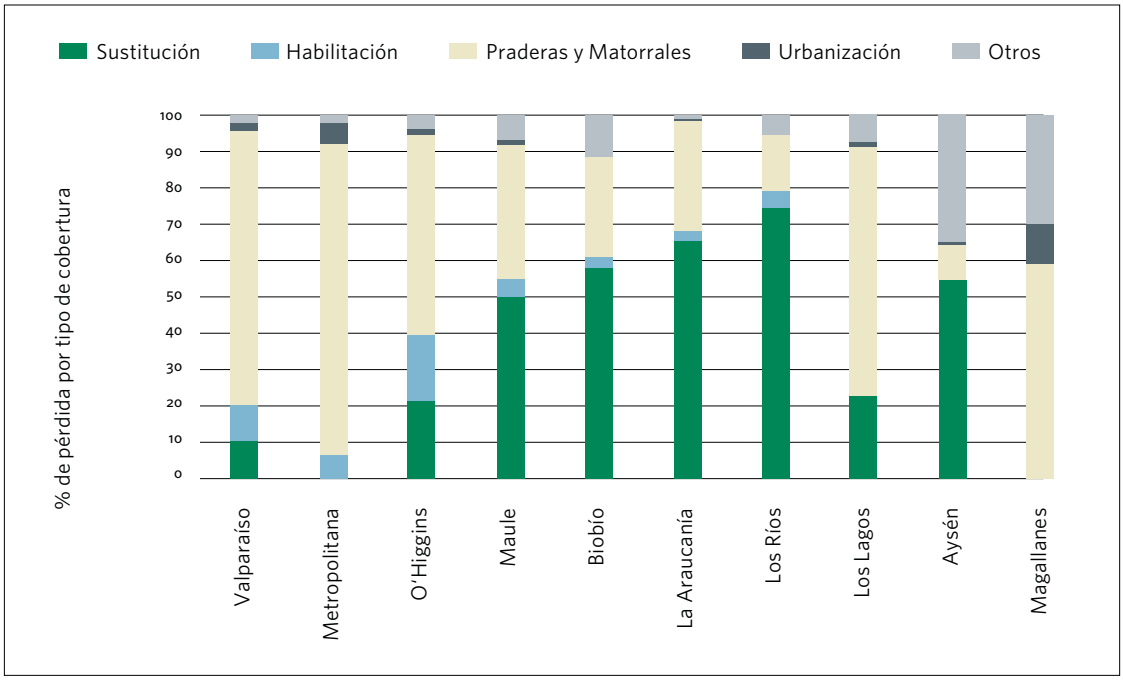
La submesa acordó una serie de principios basados en la evidencia científica que debían guiar las recomendaciones para las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC):

- Maximizar la captura y secuestro de carbono.
- Asegurar que cualquier medida o incentivo considere una perspectiva de largo plazo, en que toda captura adicional de carbono se transforme en secuestro (almacenamiento permanente de carbono según la dinámica del ecosistema respectivo).
- Minimizar las emisiones por pérdidas de cobertura vegetal asociadas a incendios, deforestación, otros cambios de uso de suelo y degradación de bosques, turberas, humedales y otros ecosistemas naturales.
- Todas las regiones biogeográficas, ecosistemas terrestres, regiones administrativas y actividades del sector UTCUTS debieran aportar, según su potencial, al cumplimiento de las metas climáticas de Chile.
- Estimar los compromisos (*trade-offs*), impactos negativos esperados de las medidas de NDC (reducción del albedo, provisión de agua, ecosistemas amenazados, biodiversidad, impactos sociales) e incorporar el análisis de ciclo de vida de los productos.

## Recomendaciones

Siguiendo estos principios, las principales recomendaciones para la NDC de Chile consideran:

1. **Proteger de manera efectiva los ecosistemas naturales: bosques nativos, turberas, humedales, y otros ecosistemas naturales, así como las plantaciones de especies nativas con una cobertura permanente para la restauración ecológica.** De especial relevancia es la protección de los bosques nativos intactos que no han sido intervenidos o han sido muy poco impactados por la acción antrópica, y los bosques ribereños, los cuales son clave para mantener el servicio ecosistémico de provisión de agua en calidad y cantidad.
2. **Restaurar y manejar los ecosistemas naturales mediante el manejo sustentable del bosque nativo (limitado a renovales) con fines de restauración, y la recuperación de bosques nativos, humedales, turberas degradados mediante restauración ecológica.**
3. **Minimizar las emisiones por pérdidas de cobertura vegetal a partir de la situación actual: según cifras oficiales y de otras fuentes, se estima que anualmente 60.000 ha a 70.000 ha de bosque nativo se pierden debido a su conversión a otros usos, se ven afectados por incendios o se degradan.** Numerosos estudios muestran la tendencia general a la disminución de la captura (fijación) y secuestro (acumulación) de carbono al reemplazar los bosques nativos por matorrales, praderas o terrenos agrícolas, así como disminuciones al reemplazar o degradar las turberas. Para ello, una medida urgente y de gran relevancia a incluir en las NDC es prohibir las quemas agrícolas en todas las regiones del país y épocas del año. Además, incluir metas y acciones para mejorar las prácticas agrícolas y de cosecha a tala rasa de las plantaciones, para evitar la erosión del suelo.




Distribución regional de los principales contribuyentes a la pérdida de bosque nativo en el periodo 1995-2016. Habilitaciones se refiere a la habilitación de terrenos agrícolas donde antes existía bosque nativo, sustitución se refiere a la sustitución del bosque nativo por plantaciones forestales (Proyecto Monitoreo de cambios y actualizaciones del catastro).

Nota: La cifra indicada para la región de Biobío incluye la de Ñuble creada en 2018.

4. **Conservar los humedales, en que destacan las turberas en Magallanes y Aysén, los bofedales de gran relevancia en la zona altiplánica entre las regiones de Arica y Parinacota y Coquimbo, vegas, humedales de juncáceas y ciperáceas, bosques pantanosos y hualves.** Estos ecosistemas, además de constituir importantes reservorios de carbono, contribuyen a mantener los flujos de agua y son hábitat de una fauna diversa muy particular. Por lo tanto, se recomienda incorporar a las NDC su protección para poner fin a su intervención, degradación y conversión a otros usos del suelo.

5. **A partir de lo anterior, se elaboraron propuestas de medidas específicas para las NDC en tres ámbitos:**

5a Protección y recuperación: Perfeccionar el manejo de las plantaciones forestales y paisajes dominados por ellas, y tomar otras medidas con el objetivo de reducir las tasas de ocurrencia de incendios (principal causa de emisiones del sector UTCUTS) a un promedio de 60.000 ha anuales para la década 2020-2030, para cada uso del suelo en las diferentes regiones y para el total.

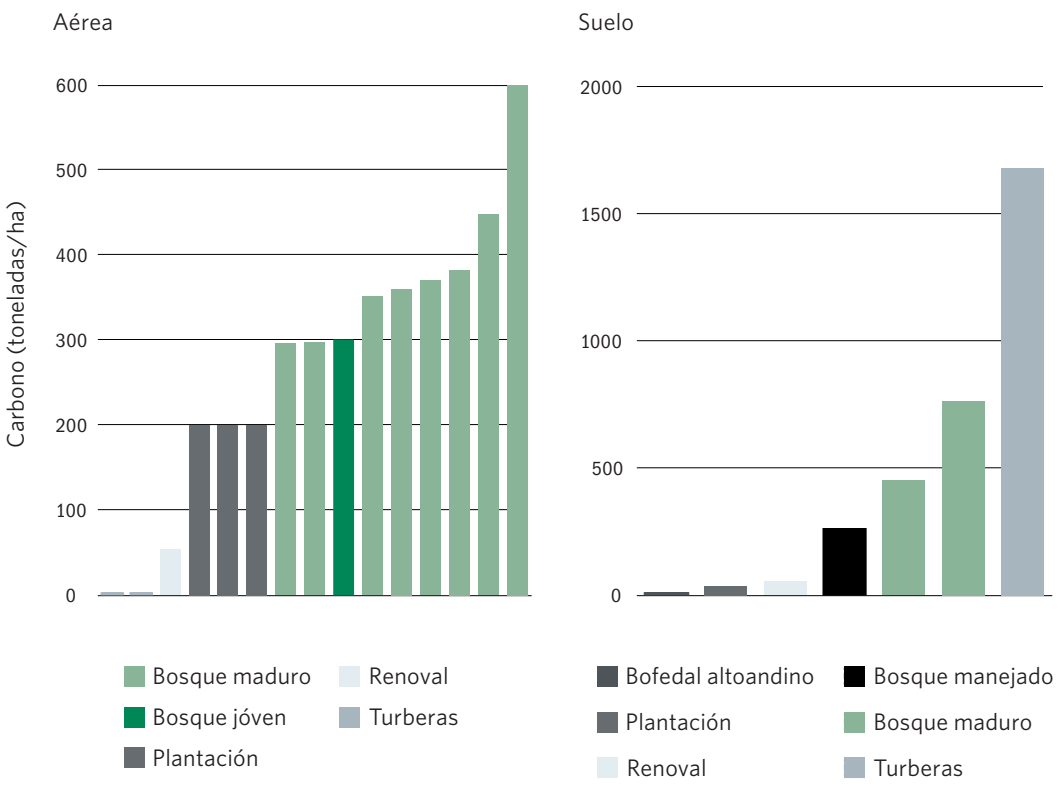
5b Fomento: Diseñar e implementar un Plan de Restauración y Conservación de Ecosistemas (2025-2055), con expresión espacial a escala comunal y un presupuesto anual de al menos US$ 250 millones con un crecimiento de 5% anual, con prioridad en los propietarios de menores recursos, y avanzar en corregir las inequidades en el medio rural.

5c Conocimiento: Chile se compromete a 2025 a constituir por medio de Conaf un panel de expertos en el cual participe el coordinador del equipo del Instituto Forestal a cargo del sector UTCUTS del Inventario Nacional de GEI, además de especialistas de diferentes instituciones gubernamentales, académicas, consultores y organizaciones de la sociedad civil.

# B. Ecosistemas y funciones ecosistémicas

En Chile, si bien la investigación sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas y biodiversidad es aún escasa, existe evidencia que nos permite concluir que los cambios ya han empezado y contamos con modelos predictivos de los cambios esperados con el correr de este siglo. Por ejemplo, en el desierto costero del extremo norte del país se han registrado largos períodos sin floración y una gran mortalidad de cactáceas. El bosque esclerófilo interior de Chile central muestra los primeros indicios de desertificación producto de la megasequía. Para las aves, hay evidencia de cambios de distribución en varias especies y del tiempo de residencia en el sur del país. En la Patagonia argentina que colinda con Chile, se han registrado las primeras señales de un avance de la línea arbórea en la cordillera. El modelamiento bajo diferentes escenarios de emisiones de $CO_2$ muestra que, si la temperatura global continúa aumentando y las precipitaciones disminuyendo en gran parte del país, el paisaje chileno será muy diferente al actual, con grandes cambios en la distribución de los ecosistemas y las especies nativas y exóticas.

Respecto de los polinizadores, los escenarios sugieren cambios complejos y sinérgicos debido a la interacción de factores múltiples, incluyendo cambios en la fenología, desacoples entre polinizadores y las plantas que estos polinizan y un efecto poco entendido sobre la regeneración de las especies vegetales, lo que en un




Diferencias en los reservorios de carbono en distintos ecosistemas de Chile y plantaciones de especies exóticas. Izquierda: Valores de carbono en toneladas por hectárea medido en la biomasa aérea. Derecha: valores de carbono en toneladas por hectárea medido en el suelo a 5-20 cm de profundidad. Los valores se presentan transformados en escala logarítmica base 10 para facilitar la comparación.

círculo vicioso afectará nuevamente a los polinizadores. Por otro lado, cambios en el ciclo del carbono, sobre todo en el tiempo de residencia y secuestro, pueden verse potenciados por las interacciones del cambio climático con otros forzantes como el cambio de uso de suelo y la pérdida de biodiversidad.

El cambio climático y el cambio de uso de suelo sugieren escenarios preocupantes sobre la dinámica de los incendios, que si bien son en su mayoría causados por el ser humano, las condiciones del paisaje promueven que sean cada vez más frecuentes e intensos, lo que tiene impactos ecológicos y socioeconómicos múltiples. En particular, la expansión de las especies invasoras, facilitada por los incendios forestales, podría tener impactos negativos en la biodiversidad y podrían cambiar la dinámica de las comunidades microbianas del suelo, con consecuencias sobre el ciclo del carbono. Por otra parte, el cambio climático podría promover el establecimiento de plagas agrícolas nuevas o aumentar los daños causados por organismos exóticos o nativos ya presentes. Si bien hay evidencia de efectos directos e indirectos del cambio climático en los ecosistemas de Chile, hay grandes brechas de conocimiento debido a una falta de estudios de largo plazo y la corta duración de los proyectos de investigación, entre otras.

## Recomendaciones

- **Crear un Observatorio Nacional de la Biodiversidad y Ecosistemas.** En el escenario actual de cambio climático, es urgente que Chile cuente con un programa de monitoreo y medición sistemática del estado de los ecosistemas a escala local y regional para anticipar, mitigar o reparar impactos negativos sobre la biodiversidad del cambio climático y uso de del suelo. Además, es necesario conocer la capacidad de los ecosistemas y las áreas restauradas para conservar la biodiversidad y capturar y almacenar carbono en el largo plazo. Para avanzar con rapidez, en una primera fase es recomendable fortalecer e incrementar los esfuerzos ya invertidos en el registro de largo plazo de variables socioambientales en el país a través de la Red Chilena de Estudios Socio-ecológicos de Largo Plazo (LTSER).
- **Asegurar el acceso a la información sobre biodiversidad y plataformas digitales.** El modelamiento de la biodiversidad bajo escenarios de cambio climático, así como el entendimiento de la dinámica de los ecosistemas, depende de la disponibilidad de bases de datos georreferenciados de biodiversidad. Mucha de la información sobre biodiversidad en Chile no está fácilmente disponible para su uso en investigación o predicción de escenarios futuros, ya sea porque no está digitalizada o, si está digitalizada, no está disponible de forma pública. En el ámbito de los suelos la situación es similar. La amplia base de datos de series de suelo del país con ortofotos a escala 1:20.000 no es fácilmente disponible para los científicos, ya que se deben adquirir a un alto costo. Sin duda, las restricciones al uso de la información debilitan las posibilidades de modelamiento y predicción, además de causar duplicidad de esfuerzos, lo que produce costos económicos y limita el avance de la ciencia en Chile. En particular, el país tiene una deuda muy grande con las instituciones que cuidan las colecciones biológicas, con escasos o nulos recursos aportados por el Estado. La información de las colecciones biológicas debe estar disponible en línea, e ingresada en plataformas globales como el Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

# C. Biodiversidad de ecosistemas de agua dulce

Los ecosistemas de agua dulce o humedales presentan una enorme diversidad en Chile, desde bofedales, vegas y salares en el norte a bosques pantanosos o hualves, ñadis y turberas en el sur, incluyendo lagos, lagunas, pantanos, ríos, esteros y arroyos, entre otros. Todos ellos tienen en común contar con un cuerpo de agua permanente o intermitente embebido en una matriz terrestre, de la cual depende su estado y calidad, la cuenca hidrográfica. La biodiversidad de estos ecosistemas es desproporcionadamente alta respecto de otros ecosistemas, si consideramos que su superficie cubre menos del 1% del planeta. A nivel mundial, el 50% de los cauces de ríos han sido alterados y el 80% de la superficie de humedales se ha perdido. De manera similar, los ecosistemas de agua dulce de Chile y su biota se encuentran severamente alterados o amenazados, sobre todo en la zona norte y mediterránea del país. En estos ambientes ya se han registrado extinciones de especies (como el pez endémico *Diplomystes chilensis*), así como el colapso de un ecosistema lacustre (laguna de Aculeo). Cuencas completas como las de los ríos Petorca y Aconcagua ya casi no albergan especies de vertebrados nativos dulceacuícolas, debido a las malas prácticas de gestión del recurso hídrico y a la inexistente gestión integrada de cuencas hidrográficas.

## Recomendaciones

**Medidas de conservación y restauración**

1. **Evitar la pérdida de humedales, dado que ello tiene un costo mucho menor en comparación con la restauración de humedales degradados.** La protección de estos ecosistemas de agua dulce es prioritaria no solo como medida de mitigación al cambio climático, sino también como medida de adaptación.
2. **Proteger los humedales utilizando como límites geográficos sus cuencas hidrográficas.** Cuando esto no sea posible, la cuenca debe contar con un manejo apropiado para lograr los objetivos de protección del ecosistema de agua dulce.
3. **Priorizar los humedales captadores de carbono en categorías vulnerables, críticos y refugios climáticos.**
4. **Priorizar la conservación de turberas y bofedales como ecosistemas naturales claves en la mitigación del cambio climático.**
5. **Mantener o restaurar el caudal natural de los ríos, ya que estos transportan cantidades significativas de carbono al océano, el cual tiene una alta capacidad de secuestro.**
6. **Crear una cartera de humedales que representen bancos de compensación, con baja vulnerabilidad y alta adaptabilidad al cambio climático.**
7. **Diseñar acciones e incentivos para los propietarios de tierra o derechos de agua, los que les permitan mantener y restaurar hábitats críticos que conecten áreas de protección o que mantengan servicios ambientales.**

**Medidas asociadas a caudales ecológicos**

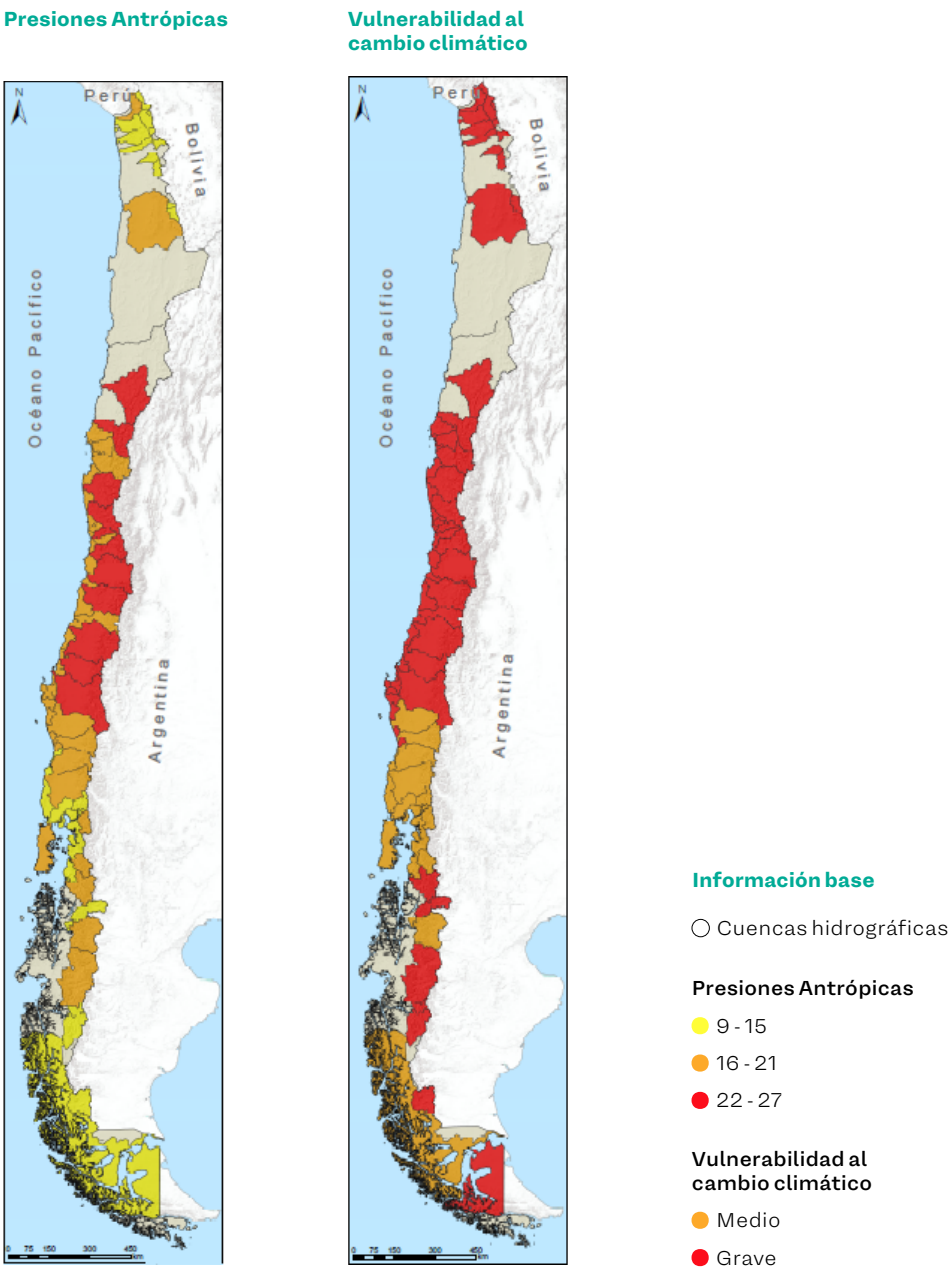
1. **Disponer de un mecanismo para el establecimiento de caudales ecológicos en los ríos y esteros de Chile ajustando los derechos constituidos a las nuevas disponibilidades de caudal y a los requerimientos para el mantenimiento o la recuperación de la biodiversidad.**
2. **Aplicar el caudal mínimo ecológico a todos los derechos de agua, no solo a los nuevos.**

**Medidas asociadas a los derechos de aprovechamiento de agua**

1. **Permitir el solicitar derechos de agua para fines de conservación, sin que se deba pagar patente por no uso.**
2. **Fijar el uso ecosistémico del agua como uso prioritario.**

**Medidas de gestión y asociadas al SEIA**

1. **Contar con gestión integrada a nivel de cuenca hidrográfica como instrumento de gestión ambiental.**
2. **Considerar la biodiversidad en la planificación territorial en el contexto de la adaptación al cambio climático.**




Presiones antrópicas y vulnerabilidad al cambio climático de los ecosistemas de agua dulce del país.

3. **Reformar la legislación tributaria para incentivar «donaciones verdes», que incluya ecosistemas de agua dulce.**
4. **Exigir responsabilidad legal de las personas (consultoras y titulares) que desarrollan las líneas de bases con las cuales se toman decisiones en el país a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).**
5. **Validar, organizar y mantener actualizada la información que se genera a través del SEIA, tanto por medio de las líneas de base como de los programas de seguimiento de las RCA.**
6. **Los nuevos embalses que ingresen al sistema de evaluación ambiental, así como los existentes, deben incluir planes de monitoreo obligatorios de su dinámica de carbono a largo plazo, así como biomonitoreo.**

**Medidas asociadas a la información y monitoreo**

1. **Generar un sistema nacional de monitoreo participativo de la biodiversidad de ecosistemas de agua dulce de Chile.**
2. **Contar con una política pública dirigida a completar inventarios de la biodiversidad de agua dulce, identificar los principales procesos que sustentan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, su rol como secuestradores de carbono y los mecanismos de adaptación de la biodiversidad al cambio climático.**
3. **Incluir el monitoreo biológico obligatorio en las normas de calidad secundaria del agua.**
4. **Aumentar la velocidad de adquisición de información para inventarios de biodiversidad acuática a través del biomonitoreo basado en ADN ambiental.**

**Medidas de reducción del estrés no climático**

1. **Minimizar el cambio del uso del suelo.**
2. **Erradicar, controlar y minimizar el riesgo de ingreso y dispersión de especies exóticas invasoras.**
3. **Reducir la fragmentación física de ecosistemas fluviales.**
4. **Reducir la regulación de caudales.**
5. **Reducir la contaminación de los ecosistemas de agua dulce.**

**Gobernanza**

1. **La gobernanza de la biodiversidad en un contexto de cambio climático debe ser participativa, considerar la opinión de expertos y el conocimiento ciudadano, dar reglas especiales para los grupos vulnerables y, además, ser adaptativa.**
2. **Explorar el otorgamiento de personalidad jurídica a los ríos con el fin de justificar y facilitar su conservación y gestión óptima, incorporando el conocimiento local y de los pueblos originarios a la gestión de estos ecosistemas.**

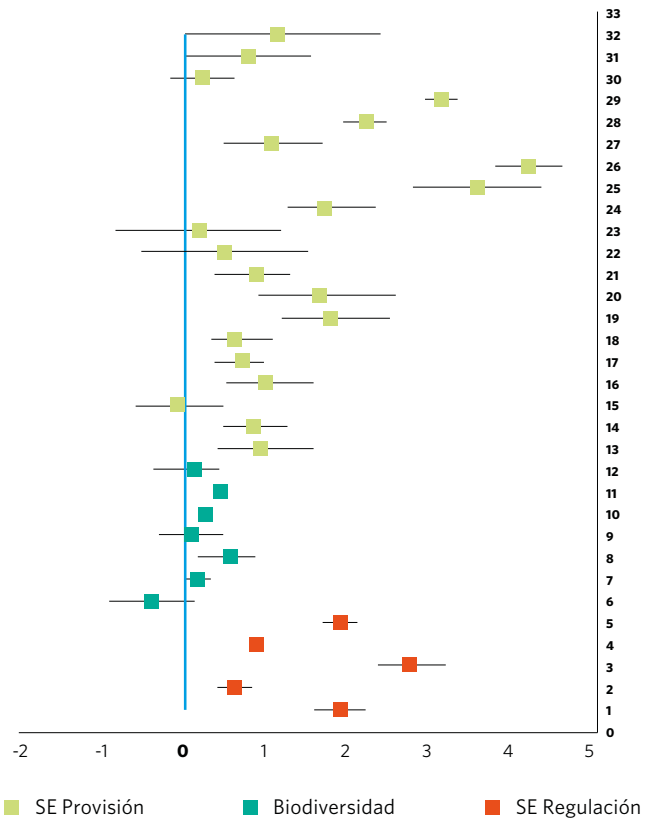
# D. Pesca y acuicultura costera

La sobreexplotación pesquera es reconocida como un problema ambiental y socioeconómico prioritario que ha reducido la biodiversidad y modificado el funcionamiento de los ecosistemas marinos costeros.

Existe consenso en la importancia de fortalecer, evaluar e implementar mecanismos de manejo ecosistémico, el que incluye las interacciones entre los componentes del ecosistema y sus múltiples servicios, los humanos —incluyendo las comunidades y los tomadores de decisiones— y los impactos acumulativos de múltiples actividades, promoviendo tanto la conservación como el uso sostenible de recursos.

Chile ha adoptado un modelo de manejo de sus recursos costeros bentónico innovador, que ha permitido resolver el problema de gobernanza que crea el acceso a un recurso común (conocido como el «problema de los comunes») por medio de la implementación de las llamadas áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB). La gestión pesquera avanzó después hacia el manejo de las zonas de libre acceso mediante la ley que crea los planes de manejo pesquero, que permiten la gestión de diferentes pesquerías tanto bentónicas como pelágicas y demersales.

En Chile, el modelo de gobernanza en la administración de los recursos pesqueros ha experimentado importantes transformaciones, y existen elementos del enfoque ecosistémico que se están aplicando. En lo que sigue, proponemos recomendaciones para asegurar la implementación efectiva del manejo ecosistémico a través de modificaciones del modelo institucional existente en Chile. La piedra angular son las políticas pesqueras de áreas de manejo de explotación de recursos bentónicos y de los planes de manejo pesquero.




Relación de respuesta de cada servicio ecosistémico (provisión, regulación y biodiversidad) para la submuestra de estudios que cuantificaron la provisión de servicios dentro y fuera de la AMERB (n = 13). Los resultados sugieren que las AMERB en general incrementan la provisión de servicios ecosistémicos y pueden desempeñar un papel importante en la creación de condiciones sociales y ecológicas propicias para el co-manejo de múltiples servicios ecosistémicos marinos.

# Recomendaciones

**Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos**

1. **Fortalecer la implementación correcta del modelo AMERB para potenciar los múltiples servicios ecosistémicos que entregan.** La evidencia científica señala que las áreas de manejo tienen el potencial de sustentar la biodiversidad marina y todas las diferentes tipologías de servicios de los ecosistemas cuando se aplican de manera adecuada. Sin embargo, la sola existencia de la política de área de manejo no garantiza la prestación sustentable de servicios ecosistémicos. Esto dependerá de la forma en que la política continúe siendo implementada, operacionalizada, aplicada y adaptada a los nuevos desafíos planteados por los mercados y los distintos forzantes del cambio global como es el cambio climático y la acidificación del océano. Es clave apoyar a comunidades locales de pescadores en el cuidado de las áreas que administran, además de crear capacidades para el desarrollo de nuevas iniciativas de negocios asociadas a los múltiples servicios ecosistémicos que proveen las áreas. Muchas AMERB han fallado o podrían fallar en su implementación cuando se enfrentan a forzantes del cambio global, porque no entendemos lo suficiente las condiciones socioeconómicas locales y las teleconexiones a escala global, que permiten una adaptación exitosa de la política de áreas de manejo. Un modelo interesante que hoy se encuentra bajo consideración y análisis —ya que podría incrementar el potencial de las áreas de manejo en términos de conservación de la biodiversidad— se refiere al establecimiento de las zonas no extractivas (de veda) dentro de una porción de estas. Estudios iniciales de casos pilotos para probar esta alternativa se han desarrollado con resultados preliminares prometedores, sin embargo, es importante investigar las formas en que el modelo puede ser institucionalizado, así como los modelos de negocios asociados a los servicios ecosistémicos que producen estas áreas.

**Planes de manejo**

La implementación de los planes de manejo por parte de los Comités de Manejo ha sido estudiada por varios autores mediante una evaluación temprana llevada a cabo por entrevistas, talleres individuales y síntesis de actas e informes existentes.

Se han identificado los principales desafíos para la correcta implementación de la política de la Ley General de Pesca y Acuicultura, orientada al manejo ecosistémico, para lo cual se llegó a las siguientes recomendaciones:

1. **Instalar correctamente el nuevo modelo institucional, lo que requiere generar confianza entre los actores y asegurar los recursos presupuestarios y capacidades humanas necesarias.**
2. **Incorporar plenamente el enfoque ecosistémico a dicho modelo, lo que requiere participación y representatividad adecuada de los actores y mejores procesos de producción e integración de conocimiento científico, burocrático y local.**
3. **Otorgar mayor acceso a la información a todos los actores interesados en el plan de manejo, y adoptar mejores prácticas de transparencia y en general procesos de estandarización y mejoras de acceso a la información de relevancia.**
4. **Asignar recursos presupuestarios y capacidades humanas suficientes para que las autoridades pesqueras puedan asumir de manera adecuada el rol que le asigna el nuevo modelo.**
5. **Asegurar que los actores privados cuenten con medios e incentivos suficientes para participar en los comités científicos y de manejo.**
6. **Asegurar la participación y adecuada representatividad de todos los actores claves en los comités de manejo pesqueros, composición que debería poder variar de un comité a otro.**

7. **Asegurar que los comités de manejo puedan generar conocimientos en forma autónoma, en particular en materias económicas y sociales, potenciando el rol de la unidad de análisis sectorial de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, como también la posibilidad de integrar distintos tipos de conocimientos en el proceso de elaboración, implementación y revisión de los planes de manejo pesqueros.**

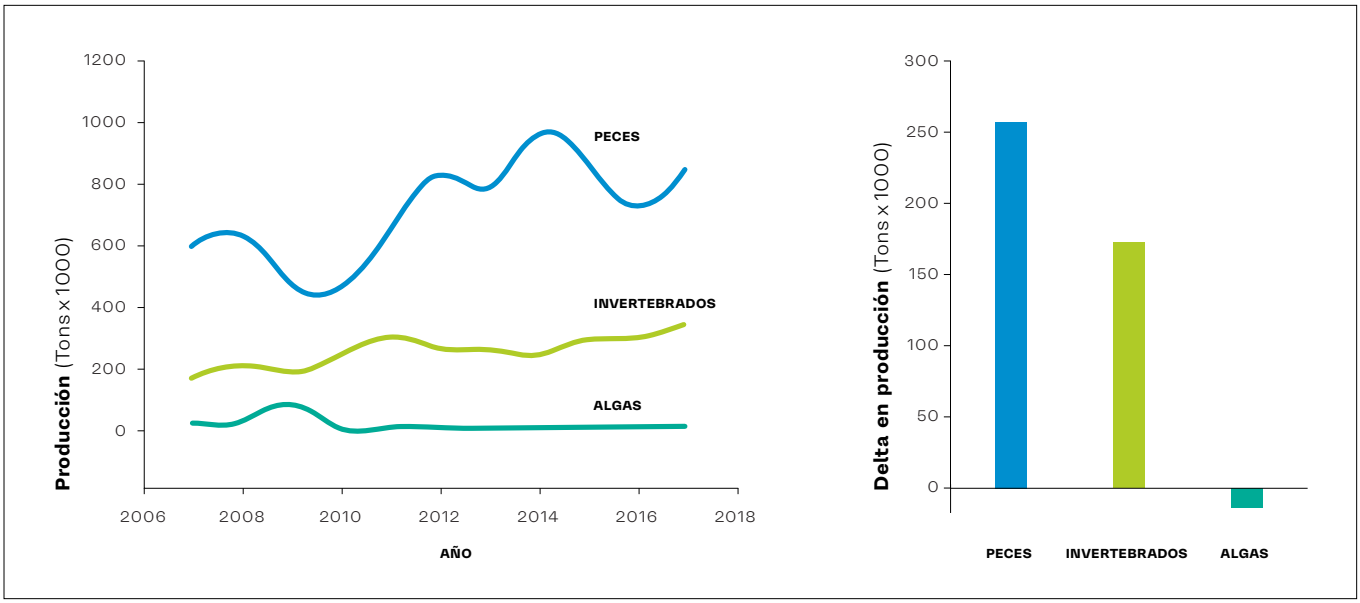
**Acuicultura**

Respecto de la acuicultura, la evidencia disponible señala que la salmonicultura genera importantes impactos ambientales locales sobre la biodiversidad, por ejemplo, debajo las instalaciones de producción. No obstante, los efectos a mayor escala espacial y la acumulación de efectos en el tiempo no han sido debidamente documentados. Otras actividades de acuicultura (por ejemplo, la producción de mejillones y algas) han recibido menor atención. Para el cultivo de algas en condiciones suspendidas se han indicado leves efectos ambientales, pero es necesario evaluar otras variables que no están contempladas en las actuales regulaciones.

Conocer las reales y complejas interacciones de la acuicultura como un conjunto sobre los ecosistemas costeros es un gran desafío que es necesario enfrentar a la brevedad. Para ello se hacen las siguientes recomendaciones:

1. **Instalar un sistema de monitoreo biológico, ambiental y productivo, con bases de datos abiertas y transparentes para generar un sistema de alertas tempranas.**
2. **Mantener un sistema de regulaciones adaptativo, abierto a cambios de acuerdo con la información científica y técnica que se vaya generando.**
3. **Considerar en las regulaciones de las diferentes actividades de acuicultura (salmones, mejillones, algas) las variables distintivas que consideren cómo estas interactúan con el ambiente; al mismo tiempo, entregar un marco de evaluación del ecosistema más allá de los efectos de las zonas licenciadas, toda vez que muchos impactos abarcan efectos en zonas espacialmente más grandes.**
4. **Generar modelos matemáticos con el fin de contextualizar los hallazgos científicos particulares y poder generar marcos predictivos para la región.**
5. **Desarrollar modelos productivos que mitiguen los impactos ambientales y tengan más capacidad de adaptación a las condiciones que el cambio climático impondrá a la acuicultura en la costa de Chile.**

Izquierda: Desembarque de peces, invertebrados y algas producidas por prácticas de acuicultura en Chile durante la última década (2008-2017). Derecha: Cambio en el nivel de producción para peces, invertebrados y algas durante la última década.



# E. Áreas protegidas y restauración

Actualmente se reconoce en la creación y manejo adecuado de las áreas protegidas un elemento muy importante de mitigación del cambio climático y conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos. Un sistema de áreas protegidas bien gestionado puede asegurar la biodiversidad y promover de esta manera la sustentabilidad de servicios ecosistémicos vitales, como la purificación y retención de agua, control de la erosión y reducción de inundaciones e incendios de gran magnitud y la provisión de alimento. Además, representan un importante sumidero de carbono y contribuyen a la mitigación de emisiones.

En cuanto a áreas protegidas, el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) cubre el 20,2% de la superficie del país. La distribución espacial de este porcentaje, sin embargo, no es adecuada, ya que las ecorregiones, ecosistemas nacionales, sus funciones y especies no se encuentran adecuadamente protegidos. Existe consenso científico respecto de la necesidad de extender la red de áreas protegidas en distintos ecosistemas de Chile. Por un lado, están los ecosistemas mediterráneos del centro sur, que son especialmente vulnerables, ya que las áreas protegidas cubren menos del 3% de su superficie, mientras que es en ellos donde se concentra la mayor parte de la población del país y donde existen perturbaciones antrópicas recurrentes de gran magnitud asociadas a incendios. Lo mismo es válido para las comunidades de lomas costeras en el norte de Chile, la biodiversidad asociada a los cursos de ríos presentes en la zona mediterránea de Chile y a una de las áreas más amenazadas de Chile, como son los bosques costeros remanentes desde el Maule a Chiloé.

Actualmente el 43% de la zona económica exclusiva de Chile está protegida, y el 23% bajo una figura de alta protección (parque marino). Lo mismo que en el caso de los ecosistemas terrestres, las ecorregiones más despobladas y aisladas muestran mayores niveles de protección. En contraste, el resto de las ecorregiones costeras de Chile continental (primeras 30 millas de la costa) muestran un nivel de protección promedio menor al 0,5%, y es en estas zonas donde opera la mayoría de la flota pesquera nacional, lo que ejerce presiones incrementales sobre pesquerías sobreexplotadas. Un caso emblemático de falta de conservación y sobreexplotación tiene que ver con los bosques costeros de macroalgas, que representan ecosistemas de alta biodiversidad, productividad y secuestro de carbono. Por otro lado, el gran ecosistema marino de la corriente de Humboldt cuenta con menos del 0,1% de protección.

Por su parte, la restauración es una de las acciones más importantes e integrales para potenciar la biodiversidad y la mitigación al cambio climático en ambientes terrestres. Restaurar va más allá de plantar especies vegetales: su objetivo es restaurar las funciones esenciales del ecosistema, todo lo cual redunda, por ejemplo, en potenciar la capacidad de secuestro de carbono por parte de los ecosistemas nativos. En particular, la restauración de los suelos es fundamental, especialmente si consideramos que el reservorio de carbono en los primeros dos metros de suelo puede llegar a ser el triple del que está presente en la atmósfera. Evitar la deforestación y promover la conservación y restauración de los bosques nativos en zonas donde esto sea posible —incluso en zonas urbanas— son acciones críticas para combatir el calentamiento global y aminorar la crisis de extinción que afecta a la biodiversidad mundial.

En Chile, las actividades de restauración en los ecosistemas terrestres han sido relativamente recientes. El año 2014 se creó la Red Nacional de Restauración Ecológica, la cual surge como respuesta en su mayoría desde el mundo académico. Luego, a raíz de los incendios del 2017, se constituyó el Comité Nacional de Restauración, coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente a nivel central y formado por representantes de gobiernos, ONG, comunidades, universidades y empresas. En agosto del 2018, se formalizó el interés en generar un Plan Nacional de Restauración a Escala de Paisaje a cargo de los ministerios de Agricultura y Medio Ambiente.

En los ambientes marinos de Chile casi no han existido acciones de restauración ecosistémica, y como en muchos otros países, se han privilegiado enfoques de gestión, conservación y manejo sustentable, que sin embargo pueden ser insuficientes en ecosistemas altamente degradados. Los avances en restauración de

áreas marinas son en el mejor de los casos muy incipientes (experimentales), y se restringen más que nada a las acciones de repoblamiento de especies de interés comercial, salvo por algunas acciones específicas que se enfocan en forma directa y explícita en el desarrollo de técnicas para la restauración ecológica de comunidades litorales dominadas por algas pardas.

Una situación similar se vive en el caso de los ecosistemas dulceacuícolas (cuerpos de agua dulce como ríos, lagos y humedales). Aquí la principal motivación para restaurar proviene de las comunidades locales, las cuales buscan además conservar y recuperar el acceso al agua. A este respecto, existen importantes avances científicos a nivel nacional acerca de la importancia de la vegetación ribereña para mantener o aumentar la escorrentía y contener el flujo de nutrientes desde los campos agrícolas y forestales hacia cursos de agua y limitar el impacto de los contaminantes sobre la diversidad de invertebrados y fitoplancton presentes en ellos. Por otro lado, existe evidencia científica que señala la importancia de impedir la pérdida de cobertura de vegetación en cuencas que proveen agua a comunidades urbanas y rurales.

## Recomendaciones

El análisis de la información analizada y revisada nos permite sugerir una serie de medidas para acortar las brechas detectadas y promover un sistema de áreas protegidas resiliente y sustentable, así como acciones de restauración de nuestros ecosistemas, históricamente afectados por diversos procesos de cambio y degradación producto de una gestión que ha sido incapaz de reconocer nuestra dependencia económica, social y espiritual respectos de los ecosistemas. En general, las acciones aquí señaladas permitirán contribuir a una gobernanza eficiente y efectiva y a crear un *stewardship* de los socioecosistemas del país.

**Áreas protegidas**

1. **Analizar cómo el sistema de áreas protegidas puede expandirse a aquellas áreas del territorio terrestre y marino que no cuentan con protección adecuada o que sean importantes para proveer conectividad a ellas.** En la zona terrestre tenemos ecosistemas mediterráneos, cordillera de la Costa, zonas costeras y humedales costeros y sistemas dulceacuícolas en general; en tanto que en el mar es importante mejorar la protección de las zonas costeras dentro de las primeras 30 millas náuticas, y evaluar los tipos de usos, ya que los casos existentes no han significado cambios en normativas en el ambiente marino.

2. **Analizar cómo el sistema de áreas protegidas puede mejorar su funcionamiento y resiliencia ante los impactos del cambio climático y otros cambios globales, ya sea en su interior o en la matriz circundante.** En particular se recomienda que los planes de manejo incluyan acciones específicas en este ámbito y que incorporen en su análisis las áreas aledañas.

3. **Desarrollar acciones que permitan conectar las áreas protegidas terrestres con las marinas, en el contexto de que gran parte de los impactos sobre las áreas protegidas marinas costeras tienen su origen tierra adentro.**

4. **Desarrollar una política de largo plazo que contenga mecanismos y procedimientos explícitos para la creación, planificación y gestión de áreas protegidas marinas y terrestres, que establezca plazos para su entrada en funcionamiento, lo mismo que un presupuesto y compromisos de gestión y administración.**

5. **Completar la reforma a la institucionalidad ambiental, con prioridad al proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y asigna los recursos necesarios para su funcionamiento.** Esto permitirá unificar y simplificar la gestión de las áreas protegidas —principalmente de las marinas— y acortar las brechas en gestión y financiamiento.

6. **Fomentar la elaboración de planes de manejo y financieros para todas las áreas protegidas.** Estos últimos debieran hacer explícito el funcionamiento básico y óptimo para cada área protegida en su entorno particular.

7. **Incluir dentro de los planes de manejo de cada área protegida, acciones estratégicas que permitan la participación de los gobiernos regionales, de otras autoridades y de las comunidades locales, incorporándolos en su gestión y gobernanza, para que conozcan los beneficios que les proveen las áreas protegidas en términos de servicios ecosistémicos, con el objetivo explícito de promover sustentabilidad y equidad en el acceso a los mismos.**

8. **Desarrollar convenios con universidades, o centros de investigación que permitan catastrar y cuantificar los servicios ecosistémicos dentro de cada área protegida y su contribución a la mitigación y adaptación al cambio climático.** Se considera como una acción clave establecer para cada área protegida sistemas de monitoreo de la biodiversidad, y de variables físicas y químicas del ambiente.

9. **Promover la protección de ecosistemas costeros, oceánicos y terrestres como medida de mitigación y adaptación al cambio climático en los compromisos nacionales del país.**

10. **Establecer, por medio de convenios con universidades o centros técnicos, una carrera o diplomado en administración y gestión de áreas protegidas, que permita formar a los tomadores de decisiones, administradores y guarda parques del sistema.**

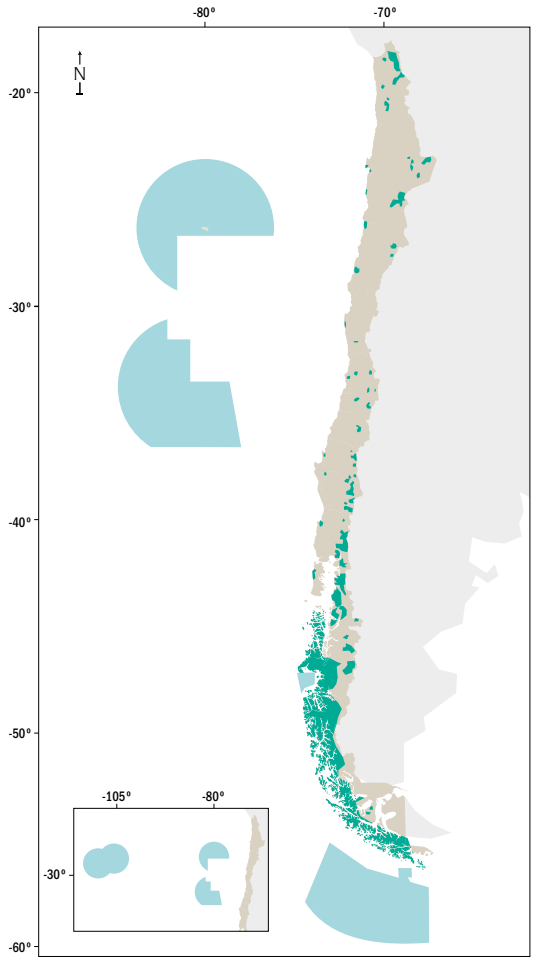
11. **Identificar posibles áreas de protección con características de refugios para la biodiversidad marina, valorando la función ecosistémica de las marismas, humedales costeros, bosques de macroalgas (carbón azul) y vertebrados marinos (carbón de peces) y su rol como sumideros de carbono del océano.**

**Restauración**

1. **Promover la instauración de una iniciativa nacional tendiente a la gestión integrada y restauración de ecosistemas.** Es urgente promover la creación y consolidación del Plan Nacional de Restauración, como política de Estado, que incluya ambientes terrestres y marinos, y asegurarse de que cuente con un financiamiento adecuado y permanente, la participación de los investigadores en el área y con el apoyo de los ministerios con competencias ambientales y científicas.

2. **Potenciar la restauración de ecosistemas dulceacuícolas y humedales.** Estos ecosistemas son de gran valor no solo por ser fundamentales en la provisión de agua, sino que además son importantes sumideros de carbono y juegan un rol muy importante en la adaptación de las especies ante el cambio en el clima. Estos ecosistemas están actualmente muy amenazados por una diversidad de presiones antrópicas tanto directas como indirectas, por lo que se requieren de acciones urgentes.

3. **Potenciar la restauración ecológica de las formaciones vegetales nativas y organismos asociados.** Las iniciativas de restauración de vegetación nativa son aún escasas y están sujetas a una serie de cuellos de botella asociados a aspectos prácticos como viverización, disponibilidad de semillas y plántulas, falta de conocimiento científico básico de la autoecología de las especies, relaciones planta-suelo, y el funcionamiento de los ecosistemas. Esta materia requiere de mayor presencia en los currículos universitarios.




Distribución de las áreas protegidas terrestres y marinas en Chile. Se aprecia la falta de áreas protegidas en la costa y humedales costeros, así como en la zona central del país.

4. **Impulsar la restauración de formaciones vegetacionales en peligro y peligro crítico, y de especies amenazadas que sin ser parte de estas formaciones podrían extinguirse en las próximas décadas.**

5. **Potenciar la investigación en restauración de servicios ecosistémicos terrestres y marinos.** Para reducir estas brechas se sugiere que el área de restauración ecosistémica sea declarada de alta prioridad en el contexto de concursos o programas de investigación u otros que apuntan a áreas prioritarias para el país. Por otro lado, es importante que estas iniciativas contemplen investigaciones aplicadas que brinden apoyo productivo a economías campesinas o de pesca artesanal, lo que permitiría generar empleos y retención en zonas rurales de Chile.

6. **Considerar la actualización la contribución nacional determinada sobre la base de la evidencia científica disponible:** i) fortalecer la institucionalidad de las áreas protegidas en ecosistemas marinos y terrestres, fomentar la generación e implementación efectiva de planes de manejo y consignar los recursos necesarios para su adecuado financiamiento; ii) incrementar la cobertura en ecosistemas terrestres y marinos priorizando los ecosistemas poco representados y considerando en forma explícita el cambio climático; iii) fortalecer la restauración de los ecosistemas nativos, más allá de los bosques, incluyendo humedales, matorrales, praderas y ecosistemas marinos, con una amplia que se refleje en un compromiso país que fomente el flujo de recursos para realizar actividades científicas, técnicas, de innovación y gobernanza en el ámbito de la contribución nacional determinada de Chile.

# F. Datos en biodiversidad

El conocimiento de la biodiversidad no se limita solo a la complejidad inherente a los organismos y su entorno, sino también a la complejidad 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, integrar y analizar 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, para así desarrollar políticas eficaces de protección del medio ambiente.

A nivel mundial, las Metas de Aichi, acordadas en 2011 en la Convención sobre la Diversidad Biológica, reconocen la necesidad de acelerar los esfuerzos para construir la base de conocimientos sobre la situación y tendencias de la biodiversidad. Esto involucra mejorar el conocimiento de los valores de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, entre otros. A nivel nacional, la Ley 19.300 mandata al país a ejecutar estudios y programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad. Este mandato incluye también el administrar y actualizar una base de datos sobre biodiversidad, de manera de determinar la línea de base ambiental del país. A su vez, la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB), instrumento de política pública en materia medioambiental, tiene por objetivo guiar la gestión sustentable de la biodiversidad de Chile.

Sin embargo, la gestión y análisis posterior de datos para la biodiversidad mantienen aún muchas brechas. Estas incluyen la carencia de infraestructura, capital humano y la necesidad de crear grupos o capacidades multidisciplinarias que den una visión holística, que permita reconocer y dar valor agregado a los datos de biodiversidad.

## Recomendaciones

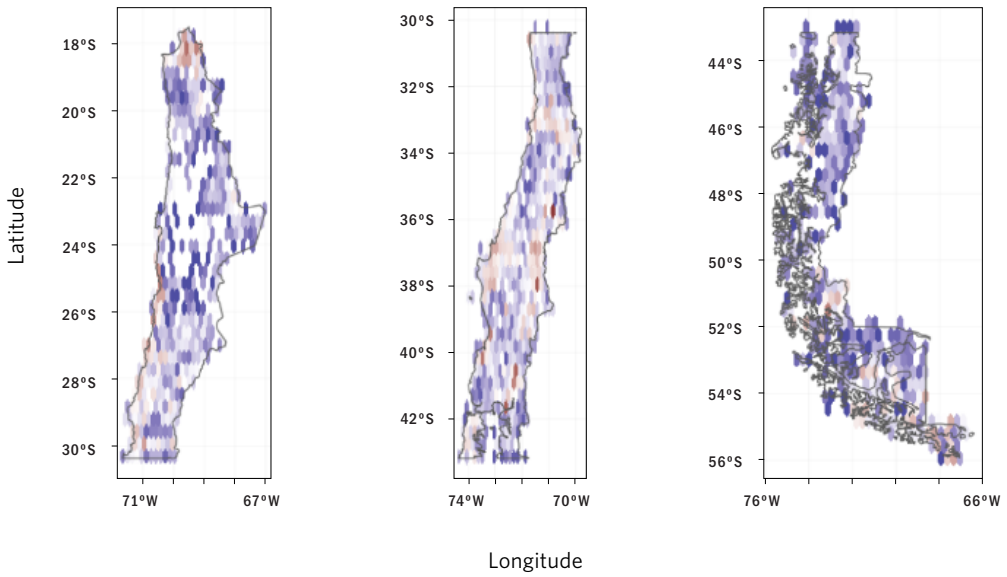
1. **Instaurar en Chile una política de acceso abierto a los datos de biodiversidad, definir estándares, modernizar protocolos y enfatizar en toda la comunidad (científicos, tomadores de decisiones y la ciudadanía en general) la necesidad e importancia del acceso universal a los datos que conduzcan a la generación de información en biodiversidad de manera integrada en un mundo cambiante como el actual.** Específicamente, establecer una política nacional que haga públicos los datos colectados con fondos del Estado.

2. **Fortalecer la limitada conectividad de Chile hacia los servidores internacionales, para facilitar la movilización de grandes volúmenes de información al interior del país y hacia el extranjero.** Esta barrera impide tener sistemas robustos de almacenamiento y análisis de la información en repositorios de datos y metadatos, donde puedan ser verificados y replicados.

3. **Trabajar a través de protocolos y estándares informáticos que permitan adquirir, integrar, organizar y describir datos de biodiversidad provenientes de múltiples fuentes de conocimiento con datos ambientales, y asegurar su interoperabilidad entre usuarios del ámbito académico, productivo y la sociedad civil.** Es importante, además, dar trazabilidad a los algoritmos y flujos de trabajo utilizados en el análisis y visualización de los datos, de manera que puedan ser replicados.

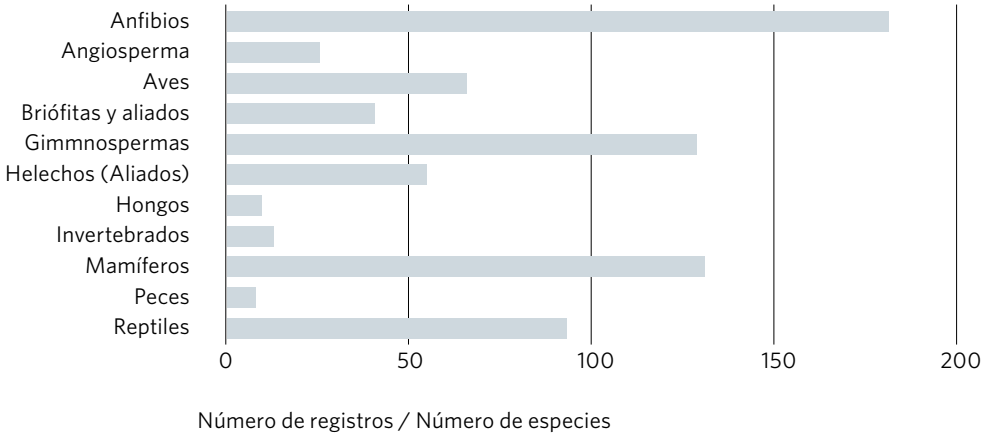
4. **En el ámbito de la generación de información, fortalecer los protocolos y programas que permitan incrementar de manera sostenida y ordenada la calidad y cantidad de datos de biodiversidad del país y fortalecer los mecanismos de gestión de colecciones biológicas.**

**Distribución espacial del número de registros presentes en Global Biodiversity Information Facility (GBIF)**




Distribución espacial del número de registros presentes en Chile

**Representatividad de algunos grupos taxónomicos en GBIF**




Representatividad de algunos grupos taxonómicos en GBIF

5. **Crear programas de infraestructura crítica que, usando tecnologías modernas, permitan dar cuenta de la biodiversidad de Chile.** Entre ellas, todas las herramientas genómicas modernas —como sistemas de referencia de *barcoding*, basados en código de barras de ADN para facilitar identificación de especies problemáticas—, sistemas de imágenes satelitales y servidores o centros de cálculo de alto rendimiento.

6. **En el ámbito de la generación de recursos humanos especializados, fortalecer la cadena completa de formación de grupos multidisciplinarios que permitan abordar con valor agregado los datos de la biodiversidad.** Entre ellos, se puede mencionar a taxónomos, especialistas en colecciones biológicas, especialistas en el análisis e interpretación de imágenes satelitales y datos masivos geográficos, expertos en cálculo de alto rendimiento, especialistas en interoperabilidad de sistemas, ecólogos con formación en análisis de datos e inteligencia artificial, matemáticos e informáticos con formación en modelación del clima y sistemas biológicos (por ejemplo, ecoinformáticos, bioinformáticos y geoinformáticos).

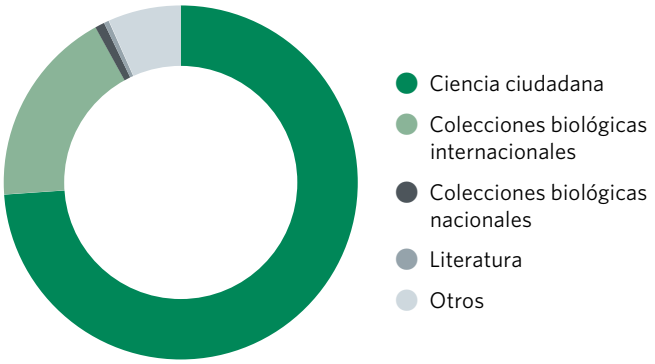
En consideración de estos puntos y del enorme gradiente de latitud y complejidad geográfica de Chile, así como su gran diversidad de climas y de ecosistemas, se justifica la implementación de un observatorio nacional de biodiversidad, cuyos objetivos fundamentales sean monitorear el estado de la biodiversidad y reportarlo a instancias locales, nacionales e internacionales (Convenio sobre la Diversidad Biológica) y predecir escenarios futuros para la biodiversidad en un marco de cambio climático. Ejemplos de observatorios nacionales de biodiversidad en pleno desarrollo se encuentran en Colombia y China, los que se han acogido al marco de GEO-BON. En ambos casos existe financiamiento nacional e internacional para su implementación, y aunque los directores y contribuidores de datos provienen principalmente de universidades, centros de investigación y servicios públicos, la red nacional es en última instancia coordinada y financiada por el Estado.

Las distintas fases de implementación requieren un compromiso formal y permanente entre las partes con responsables, objetivos, plazos, entregas y financiamiento claros. Tal observatorio nacional deberá reconocer el valor de otros esfuerzos locales y temáticos de biodiversidad (bancos de germoplasma, colecciones botánicas, de animales y hongos, datos satelitales, datos genómicos y de variables abióticas). No obstante, deberá ser capaz de definir variables relevantes a monitorear y predecir con indicadores claros, sistemáticos, científicamente robustos y con estándares y contrapartes internacionales que contribuyan al fin último de indexar, comprender y proteger la biodiversidad mundial y ganar poder de predicción a nivel local.

Además, en vista de la urgencia causada por el cambio climático, se recomienda dar valor particular al desarrollo de capacidades numéricas y de transferencia de tecnología en temas de biodiversidad terrestre, marina y estudio de los océanos, y promover con fuerza la cooperación, con el propósito de compartir de manera justa y equitativa los datos de biodiversidad, en particular genéticos, satelitales y de condiciones de medio ambiente. Se recomienda también el desarrollo de un plan ambicioso de monitoreo que involucre tanto a ambientes terrestres como del océano, que articule todas las capas de integración y análisis de datos discutidas en el informe sobre datos para la biodiversidad y que permita no solo generar índices de salud, sino también entender consecuencias del cambio climático y sus proyecciones.

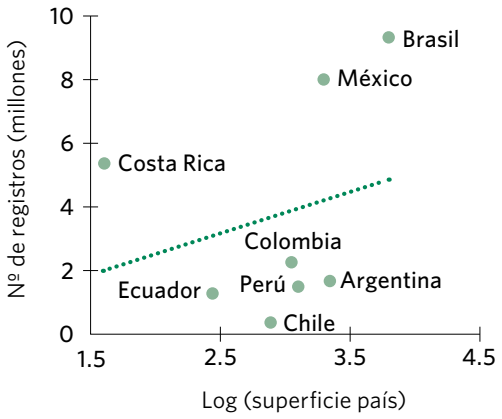
Este plan será una contribución de Chile al entendimiento en tiempo real del estatus del patrimonio común de la humanidad. El Estado de Chile debería hacerse parte de los esfuerzos de la comunidad internacional para salvaguardar la biodiversidad a través de un acuerdo ambicioso, integral, inclusivo, justo y equitativo, lo que determinará en parte la posibilidad de nuestro futuro en la Tierra.

**Fuentes de datos de especies presentes en Chile en GBIF**




Datos de biodiversidad de Chile disponibles hoy en la base global GBIF según fuente de origen

**Número de registros basados en especímenes preservados en colecciones biológicas según país**




Registros de especímenes preservados en colecciones biológicas según país

# MESA CIUDADES

**Las ciudades generan el 75% de las emisiones de GEI y en Chile concentran el 90% de la población. Debemos reducir la huella asociada al consumo de agua, energía, materiales y alimentos, que producen GEI, dentro de sus límites urbanos y en otros territorios. Es urgente dotarlas de resiliencia ante los riesgos climáticos, cuidando especialmente a los más vulnerables. La principal recomendación de esta mesa es estructurar una nueva gobernanza urbana, multiescalar, multisectorial y participativa. Esta gobernanza deberá promover la sustentabilidad urbana y reducir las importantes desigualdades actuales.**

# Introducción

Como parte de las actividades del Comité Científico COP25, se constituyó la Mesa Ciudades, la cual contó con los aportes de más de cincuenta investigadores de diversas universidades del país. La mesa nace de la necesidad de abordar la vulnerabilidad climática desde la perspectiva de ciudades y disminuir su contribución al cambio climático. La población urbana en Chile ya bordea el 90%, presentando indicadores alarmantes de segregación social y deterioro ambiental. Así, la gobernanza de las ciudades requiere de modificaciones sustantivas para avanzar hacia la resiliencia climática y el desarrollo sostenible.

El trabajo se estructuró en torno a siete temas, tres de ellos asociados a mitigación de emisiones: i) Movilidad, ii) Edificación, equipamiento y energía, iii) Residuos y economía circular; tres temas asociados a adaptación al cambio climático: iv) Infraestructura y espacios verdes, v) Riesgos y desastres naturales, y vi) Vulnerabilidad y salud poblacional; y un último tema asociado a vii) Gobernanza de las ciudades.

# Recomendaciones

1. **Establecer una gobernanza urbana multinivel, coherente y anclada en el territorio y sus habitantes. Las ciudades son sistemas complejos en los que se involucran múltiples actores en diversos niveles en la toma de decisiones.** Estudios nacionales e internacionales constatan las deficiencias institucionales, como su fragmentación, y recalcan la necesidad de contar con una gobernanza multinivel anclada en el territorio y sus habitantes que permita avanzar hacia la planificación de mediano y largo plazo, capaz de articular acciones tanto en las áreas urbanas como en el entorno urbano, periurbano y las zonas silvestres que afectan. La gobernanza urbana debe contar con responsabilidades y competencias claramente definidas, canales de coordinación establecidos, espacios de participación ciudadana y líneas de financiamiento para su implementación.

2. **Fortalecer la planificación urbana sensible al clima y en coherencia con los objetivos de desarrollo sostenible.** Es a nivel regional y comunal que las medidas deben ser formuladas e implementadas, a partir de planes y proyectos coordinados, coherentes a nivel territorial, actualizados periódicamente y con seguimiento y financiamiento. Estos planes y proyectos deben basarse en evidencia científica y en una amplia y transparente participación, incorporando el cambio climático en las prácticas cotidianas de las ciudades y sus entornos. La planificación urbana debe fortalecer múltiples niveles de resiliencia en la sociedad, a través de la reducción de desigualdades construidas en la ciudad por localización, acceso a servicios, conectividad y acceso a áreas verdes. Fortalecer el tejido social y la participación a nivel local considerando las diferencias socioeconómicas, de género, etnicidad y grupo etario permitirá promover ciudades bajas en carbono y con capacidad adaptativa para enfrentar los impactos esperados.

3. **Mejorar la caracterización cuantitativa y cualitativa de la vulnerabilidad climática en ciudades.** La forma en que comprendemos las amenazas, exposición y vulnerabilidad debe ser sistematizada mediante el catastro, la caracterización y la construcción de escenarios que faciliten un mejor entendimiento para la toma de decisiones. Se propone un plan para el sistema de monitoreo que permita mejorar la capacidad de análisis y definición de escenarios de riesgo. Esta información debe alimentar un protocolo unificado de alerta temprana y apoyar el desarrollo tecnológico de instrumentos que permitan el aviso oportuno. Además, para enfrentar los desastres, se propone la creación de una guía operativa para los planes de emergencia, así como un plan de acción para fortalecer las capacidades de las comunidades y documentar las lecciones aprendidas. Otro aspecto que requiere énfasis es la planificación de la habitabilidad transitoria (albergues y viviendas), que en muchos casos se extiende por años y tiene un efecto negativo en las familias afectadas y en las ciudades. Finalmente, se propone incorporar acciones directas que promuevan la infraestructura y edificaciones sostenibles, desde la preparación de guías metodológicas para el análisis y diseño resiliente, hasta guías para el desarrollo de los estudios multiriesgo para formular instrumentos de planificación territorial (IPT). Estos instrumentos, en conjunto con las autoridades nacionales, regionales y locales, deben hacerse responsables de la configuración de nuestras ciudades, en donde la capacidad de gestión y cooperación son fundamentales para lograr un enfoque integral de la reducción de riesgo de desastre en sus distintas escalas, territoriales y temporales.

4. **Elaborar una ley de movilidad urbana sostenible con menos automóviles, con prioridad en el transporte público y no motorizado.** Varias de las metas asociadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas se alcanzarán más rápidamente si reducimos el uso del automóvil (salud, congestión, calidad del aire, uso de energía). Para reemplazar el uso del automóvil por transporte público, caminata y bicicleta es necesario tener ciudades más compactas y potenciar la intermodalidad con el transporte masivo. También exige poner atención no solo en el sistema de transporte, sino también en cómo las distintas actividades están distribuidas en la ciudad. La implementación de una ley de movilidad, a partir de la experiencia internacional, fomentaría la reducción de los kilómetros recorridos por vehículos motorizados, el uso de transporte público y no motorizado, y la electromovilidad. Se debe considerar además un cambio en los criterios de uso del espacio urbano, que dé preferencia al transporte público y modos no motorizados por sobre el automóvil.

5. **Implementar estrategias de mitigación y seguimiento de gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida media corta.** Chile cuenta con un sistema de inventarios de agentes climáticos a escala nacional que provee estimaciones de dichas emisiones cada año desde 1990 y con información según región. Sin embargo, estos inventarios no cubren la escala urbana con una resolución apropiada, lo que limita la capacidad de establecer metas de mitigación precisas en ciudades. Por ello es clave progresar en el desarrollo de inventarios más detallados y eficientes para su uso en estudios. Ello debiera ser acompañado de estrategias de evaluación y seguimiento, incluyendo mediciones in situ que permitan un seguimiento cuantitativo del cumplimiento de las metas de mitigación. Así también se propone la tarificación carbónica que internalice el costo de las emisiones y las incluya en la evaluación social de proyectos de transporte, construcción, calefacción y otros sectores. Muchas de las medidas son no solo climáticamente necesarias, sino también coherentes con ciudades respirables y más sustentables.

6. **Mejorar estándares de edificación para ciudades sustentables.** La edificación urbana en Chile consume gran cantidad de energía en calefacción y —cada vez más— en enfriamiento. Por otro lado, se estima que casi el 30% de las viviendas urbanas presentan una mala eficiencia energética, bajo confort térmico, un gasto excesivo en energía y alto promedio de tiempo de las interrupciones del suministro eléctrico. Esto significa que el 30% de las viviendas urbanas se encuentran en situación de pobreza energética, pues no tienen acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad para cubrir sus necesidades fundamentales, y sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros. En el caso de edificios residenciales, es necesario aumentar los estándares relacionados con su desempeño térmico, con el fin de mejorar el confort ambiental y disminuyendo efectos nocivos sobre la salud. En Chile contamos con experiencias exitosas de implementación de estándares térmicos residenciales que debiesen extenderse a todo el territorio. Es también técnica y económicamente posible que viviendas sociales puedan alcanzar altos estándares de desempeño energético, para así ofrecer confort y buena calidad de aire interior a sus ocupantes, y al mismo tiempo incorporar fuentes de energía renovables para acondicionamiento térmico y agua caliente de uso humano, hasta lograr energía neta cero en su operación. Para los edificios no residenciales del país (oficinas, comercio, servicios públicos, industria), se recomienda generar regulación que limite sus consumos de energía para climatización e iluminación, y exigir que se cumpla con estándares mínimos de desempeño energético y condiciones ambientales. También se sugiere avanzar hacia edificios de energía neta cero considerando las diversas condiciones climáticas del país, y adoptando un código de edificación para ello. Finalmente, se propone implementar la certificación de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO2e) en el ciclo de vida de los edificios nuevos y en las intervenciones en ediciones existentes.

7. **Implementar infraestructura y espacios verdes para la sustentabilidad urbana.** La inequidad se manifiesta en nuestras ciudades en la distribución desigual de infraestructura y espacios verdes, lo que limita el desarrollo integral de las personas, especialmente los niños, contraponiéndose a la integración social. Por otro lado, nuestras ciudades deben enfrentar riesgos socionaturales y la gestión del agua urbana a través de infraestructura gris, es decir, con alcantarillado, canalizaciones y muros de contención, entre otros. Los escenarios proyectados de cambio climático exigen modificaciones de paradigma y foco. Para ello, se recomienda elaborar planes estratégicos y proyectos públicos con inversiones y obras que dispongan de infraestructura verde. Estas inversiones deben proteger las áreas de biodiversidad urbana, y permitir generar vínculos con ellas, además de dotar de resiliencia al borde costero, restaurar ríos urbanos y cursos de agua, así como mejorar la gestión de las aguas lluvias y la seguridad de la infraestructura sanitaria. Además, es recomendable definir estándares para proyectos de infraestructura verde en parques urbanos y revalorar el espacio público con su vegetación urbana como soporte para la adaptación al cambio climático, lo que implicará la adecuación de las especies de vegetación congruentes con el clima local, prestando especial atención a las condiciones de riego. La elaboración de planes maestros y proyectos estratégicos de infraestructura verde en áreas metropolitanas y urbanas, también necesita incluir medidas de protección, gestión y monitoreo del arbolado, junto al fortalecimiento de la gobernanza ambiental local.

8. **Implementar una gestión integral de residuos con énfasis en reducción, reúso, reciclaje y recuperación.** Chile cuenta con un sistema efectivo en el registro de emisiones que establece en términos generales los tipos y volúmenes de residuos generados en Chile, enunciando su tipo de tratamiento con cobertura nacional e incluyendo sus implicancias sanitarias. Es importante mejorar su potencial para la elaboración de análisis y facilitar el acceso a esta información. Se debe explorar nuevas aproximaciones y tecnologías alternativas a la disposición final en rellenos que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la creación de inventarios por tecnologías. Además, es necesario aumentar la trazabilidad de productos en consideración de su materialidad y su conversión a desechos. Esto permitiría estimar los flujos de materiales que pueden ser revalorizados, y las oportunidades para la creación de economías circulares locales. Finalmente, se propone crear instrumentos económicos que disminuyan el flujo de residuos hacia la disposición final, de modo que se internalice el costo social asociado.

9. **Reforzar la salud pública en el contexto del cambio climático y la resiliencia urbana.** El cambio climático produce y exacerba múltiples problemas de salud pública, desde la propagación de vectores infecciosos hasta importantes problemas de salud mental, ya que afecta los determinantes sociales y ambientales de la salud: aire limpio, agua potable, seguridad alimentaria y refugio seguro. También es clave disminuir el estrés térmico asociado a las islas de calor y, a su vez, a la infraestructura verde, en especial para los adultos mayores que habitan en viviendas de materialidad precaria. Esto hará necesario reforzar el acceso y mejorar las condiciones de la salud pública en Chile con miras a la preparación y la mejora en la capacidad de respuesta. Por otra parte, en el contexto urbano resulta particularmente relevante la mitigación de emisiones, el aseguramiento del acceso a la buena alimentación, la energía y reducir la contaminación atmosférica, lo que permite que las medidas de mitigación y adaptación tengan claros beneficios para la salud de la población.

Foto: Melanija Taccconi

# MESA **CRIÓSFERA Y ANTÁRTICA**

**La criósfera reúne una especial biodiversidad que sustenta gran cantidad de subsistemas ecológicos y servicios ecosistémicos vitales. Chile alberga cerca del 80% de la superficie total de los glaciares de Sudamérica, pero de los pocos para los cuales se tienen registros, el 87% ha retrocedido, mientras que 6% presenta un estado neto de avance, y 7% no ha experimentado cambios significativos.**

# Introducción

Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático, y para la criósfera, los efectos negativos son evidentes. Este conjunto de zonas, que contiene los grandes hielos continentales Groenlandia y Antártica, glaciares y casquetes de hielo, el *permafrost*, la nieve estacional y el hielo marino permanente o estacional localizado en las regiones polares, nos provee de servicios vitales como embalses naturales de agua, recreación, regulación climática, biodiversidad y mucho más. El reporte de 2019 del IPCC ha entregado evidencia científica irrefutable del deterioro de estos servicios (por ejemplo, la disminución de almacenamiento de agua dulce por pérdida de masa de glaciares), con consecuencias negativas para medio ambiente, el clima, y el bienestar humano. Es vital asumir compromisos ambiciosos e inmediatos, para poder alcanzar las metas de crecimiento sustentable que considere las dimensiones medioambientales, sociales y económicas.

Las regiones subantártica y antártica están entre las últimas regiones más prístinas de nuestro planeta, y son muy importantes en la regulación y estabilidad del clima regional y global. Sin embargo, están siendo muy afectadas por el alza global de la temperatura: la pérdida de hielo continental en Antártica se aceleró más de seis veces en las últimas cuatro décadas, y es en la actualidad responsable de cerca del 10% del alza global en el nivel de mar.

Excluyendo la Antártica, la mayor parte de la criósfera en el hemisferio sur está en los Andes. Aunque la cordillera abarca más de 7.000 km a lo largo de Sudamérica, la mayor parte de la criósfera andina se encuentra en territorio nacional. La nieve y el hielo de los Andes son la principal fuente de agua para muchas comunidades, sobre todo en el centro de Chile.

El país alberga cerca del 80% de la superficie total de los glaciares de Sudamérica. De los pocos glaciares para los cuales se tienen registros, el 87% ha retrocedido, mientras el 6% presenta un estado neto de avance, y 7% no ha experimentado cambios significativos. Hacia el final del verano, y sobre todo en años muy secos, los glaciares tienen alta relevancia en el caudal de los ríos, ya que aportan cerca del 60% del agua que llega al Valle Central.

Después de Groenlandia y la Antártica, la mayor contribución al alza del nivel del mar proviene del derretimiento de los glaciares andinos, especialmente aquellos en los Campos de Hielo, responsables de cerca del 3% del alza global en el nivel de mar. El retroceso de los glaciares y la reducción en la cobertura de nieve de los Andes chilenos ha aumentado en la última década.

Parte de las importantes brechas del conocimiento en sistemas de la criósfera incluyen falta de datos y monitoreo, y poco entendimiento del acoplamiento entre la atmósfera, el océano y los modelos biológicos, biogeoquímicos y climáticos, todos fundamentales para mejorar nuestro diagnóstico y proyecciones futuras de los efectos del cambio climático sobre los distintos componentes de la criósfera. Estas brechas contrastan con la tremenda importancia de las regiones de altas latitudes como centinelas y controladores del clima regional y global. La ineficiente colaboración entre instituciones públicas, privadas y academia en el uso y manejo integrado de los datos es una debilidad que retarda el avance científico.

Además, se detecta una deficitaria gobernanza en la toma de decisiones sobre las políticas públicas, por ejemplo, respecto del uso sustentable y protección de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos que provee la criósfera. Se necesita un sistema de toma de decisiones más *proactivo*, que se anticipe a las posibles consecuencias del cambio climático y tenga mayor consideración a los aportes desde la academia.

La mesa Criósfera y Antártica elaboró dos documentos: uno sintetizando el trabajo de la Mesa sobre el diagnóstico de la situación de los sistemas que la componen, junto con recomendaciones sobre acciones futuras, y otro sobre educación y divulgación científica (el libro *Criósfera y cambio climático: 50 preguntas y respuestas*). La elaboración de estos documentos contó con la participaron de más de 60 científicos.

# Recomendaciones

1. **Posicionar a Chile como referente mundial en investigación de la criósfera (tanto Antártica como del sistema cordillerano de los Andes).** Chile reúne condiciones para constituirse en un polo de atracción internacional en la investigación de la criósfera. La gran variedad de contextos geográficos en que se pueden encontrar masas de hielo a lo largo de la cordillera de los Andes permite que el conocimiento generado en Chile sea relevante para diversas regiones del planeta, y su posición respecto del continente antártico sitúa a la región de Magallanes como una puerta de entrada a expediciones científicas de todo el planeta. Es necesario potenciar el conocimiento y sensibilidad de la ciudadanía en cuanto a Chile como un país de montañas, generar redes robustas de colaboración nacional e internacionales, y diseñar una política de información científica que favorezca el intercambio y agregue valor a los datos recolectados por diversas agencias e instituciones.

2. **Potenciar las redes nacionales de monitoreo actuales, como la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y la Dirección General de Aguas (DGA), además de la misión del Instituto Antártico Chileno (INACh), junto con establecer aportes concursables para establecer centros científicos de excelencia de largo plazo que permitan acortar las brechas científicas y tecnológicas para el estudio de la criósfera.** El mayor esfuerzo en I+D+i en el hemisferio norte ha resultado en más entendimiento de los procesos climáticos y oceanográficos que en el hemisferio sur, pero Chile tiene la posibilidad de disminuir esa brecha. El desafío es que, al ser el segundo país más largo del mundo y contar con bases científicas hacia la Antártica, Chile tiene la gran oportunidad de actuar como el centinela del cambio climático en el hemisferio sur.

3. **Convertir a Chile en laboratorio natural del cambio climático.** Las ventajas comparativas de Chile son que: i) es el país más cercano a la península Antártica; ii) posee una extensa cobertura latitudinal que abarca casi todo el hemisferio sur; iii) es muy vulnerable al cambio climático, pero al mismo tiempo, iv) es un regulador del clima regional y global.

4. **Proteger el proceso natural de exportación de carbono a zonas profundas del océano.** Ante la moratoria a la geoingeniería (fertilización) del océano, se requiere proteger la captura natural de CO2 mediante procesos biológicos (fotosíntesis) y su posterior exportación a zonas profundas del océano, donde queda secuestrado por décadas o siglos. Esta forma de exportar carbono es liderada por grupos funcionales del plancton, tanto productores primarios (por ejemplo, diatomeas), como los que consumen esta materia orgánica y producen pellets fecales que se exportan al océano profundo (como el krill). Se recomienda apoyar la instauración de áreas marinas protegidas, donde estos grupos se concentran por motivos biológicos o físicos (por ejemplo, el área marina protegida de la península Antártica, liderada por Chile y Argentina).

5. **Disponer de una ley que se preocupe de la protección y uso sustentable de los glaciares, en consideración a aspectos sociales, medioambientales y económicos.** El calentamiento global constituye una amenaza para la sostenibilidad de la criósfera a lo largo de todo el territorio nacional, con impactos sobre recursos hídricos, ecosistemas, y comunidades humanas. La actividad antrópica local también contribuye a la pérdida de hielo y la nieve andina (por medio de la producción de gases de efecto invernadero). Particular tensión existe con la actividad minera en la zona central. La minería en algunos casos ha removido glaciares rocosos y ha sido una fuente constante de material particulado, cuya deposición oscurece la nieve y el hielo, lo que absorbe radiación solar y acelera el derretimiento. Para mitigar el efecto de las actividades del sector productivo, se sugiere considerar protección legal

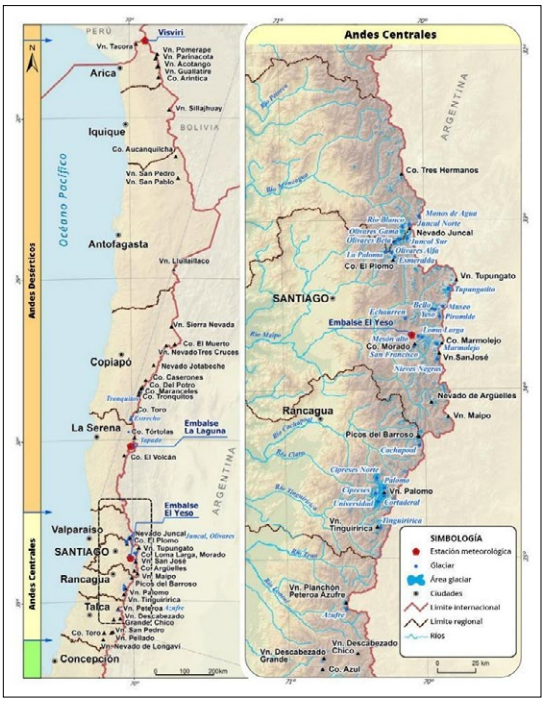
para los glaciares de Chile adicional a la considerada en la normativa medioambiental vigente. Por su naturaleza estratégica, se recomienda que glaciares sean materia de permisos especiales, y se aumente su nivel de protección en la legislación vigente.

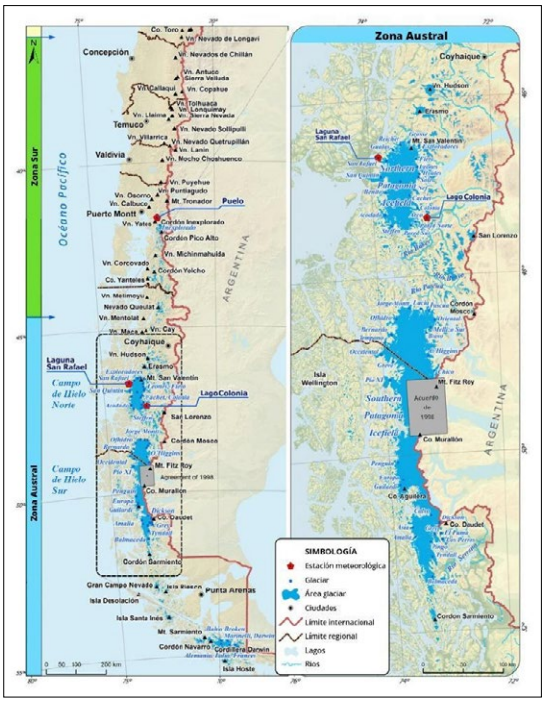
6. **Potenciar los estudios a nivel de ecosistema (interrelación entre sistemas terrestres y marinos) y subsistemas de componentes interconectados (criósfera, océano y atmósfera), para mejorar los modelos y la capacidad predictiva.**

7. **Existe deficiencia en la información científica disponible, sobre todo a nivel de modelos climáticos, oceanográficos y biogeoquímicos, que requieren series de tiempo largas, y del trabajo multidisciplinario de meteorólogos, glaciólogos, oceanógrafos y otros.** En el área de estudios con organismos, el análisis de estresores multifactoriales (acidificación, calentamiento, etcétera) ha demostrado que tienen efectos negativos en la diversidad, distribución y crecimiento de especies marinas.

8. **Incentivar la cooperación entre los sectores público, privado y organizaciones sociales interesadas en la criósfera.** Existe gran número de actores privados cuyas actividades se desarrollan en zonas de criósfera, especialmente en los Andes. Algunas de estas actividades, como las relacionadas con el turismo de montaña y el esquí, dependen de la sustentabilidad de la criósfera andina. Diseñar programas que promuevan el trabajo y cooperación de la academia con los sectores público y privado puede contribuir al uso sustentable y una valorización social de la criósfera.

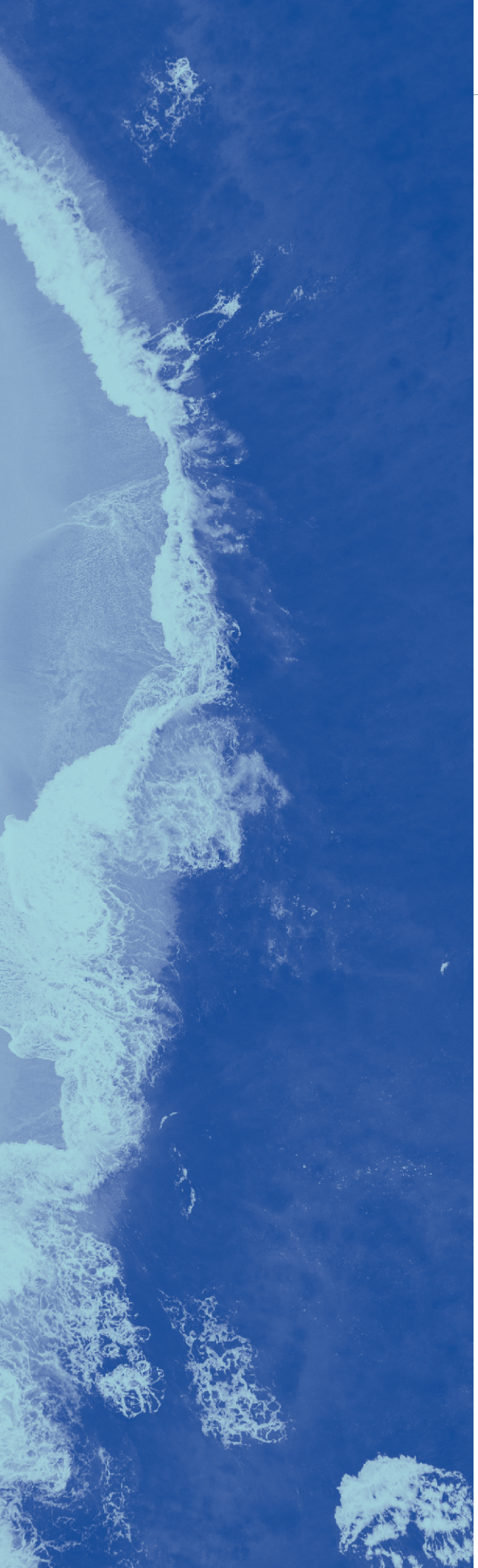
9. **Implementar un programa ambicioso de educación del cambio climático a todo nivel, desde sectores escolares hasta gubernamentales.** Incluir la formación de recursos humanos especializados en las temáticas del cambio climático de la criósfera, acompañado de programas que los acojan en centros científicos o sector público y privado, especialmente en las regiones más australes de Chile.




Izquierda: Distribución de glaciares en los Andes desérticos y centrales. El recuadro con línea punteada es amplificado, para mostrar la distribución de glaciares en Los Andes centrales.

Derecha: Distribución de glaciares en los Andes sur y austral. El recuadro con línea punteada es amplificado, para mostrar la distribución de glaciares en la zona austral.



MESA
OCÉANOS

**Además de su rol en la regulación del clima y proveedor de servicios ecosistémicos, el océano sostiene la alimentación, el comercio, el turismo y el transporte. Chile, décimo país a nivel mundial con mayor territorio marítimo, presenta alta dependencia respecto de su océano y mares, por lo que es urgente encontrar soluciones que permitan enfrentar el cambio climático y reducir sus impactos, disminuir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad adaptativa de las comunidades marinas y costeras.**

# Introducción

Al ser el décimo país a nivel mundial con mayor territorio marítimo y primero en América Latina con mayor superficie de mar, Chile presenta una alta dependencia económica, social y cultural de los océanos. Como consecuencia, es también en extremo vulnerable al cambio climático y sus efectos, por lo que se vuelve urgente encontrar soluciones que permitan enfrentan sus efectos, reducir sus impactos, disminuir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad adaptativa de las comunidades marinas y costeras en el futuro.

En la actualidad, son evidentes los impactos del cambio climático en el océano de Chile, tanto en sus mares jurisdiccionales como en los procesos regionales y locales. Cambios en temperatura, aumento en la intensidad de las marejadas, aumento del nivel del mar, acidificación, pérdida de oxígeno, cambio en la abundancia y localización de recursos pesqueros, masivas mortandades biológicas, eutrofización, proliferación de algas tóxicas o la contaminación de las aguas son algunos de los actuales efectos que se pueden observar y que se verán incrementados por el cambio climático.

Dados estas importantes y urgentes problemáticas, se requiere una ineludible acción climática a corto y largo plazo. Con esa finalidad, la mesa Océanos ha redactado una serie de documentos que tienen el objetivo común de poner en relieve la importancia del océano desde diversas aristas. Los documentos versan sobre: i) la observación integrada y sistémica de los océanos y sus ecosistemas; ii) la adaptación al cambio climático mediante el manejo sustentable y conservación de sus recursos marinos y costeros, iii) las soluciones basadas en océano para contribuir a las NDC de Chile, y iv) la educación y la divulgación científica.

# A. Propuesta de implementación para un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno

El informe «Propuesta de un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno» ha sido discutido y redactado por un gran número de expertos del ámbito académico y público, especializados en diversas áreas de las ciencias marinas y la oceanografía. Este documento detalla cuáles debieran ser las características del sistema integrado de observación marina que se recomienda implementar en el país en el contexto del cambio climático, los instrumentos y las variables oceanográficas más relevantes y urgentes a monitorear, así como el estado actual de los distintos sistemas de observación y monitoreo marino existentes en Chile. Junto con poner en relieve los aspectos positivos de estos sistemas, discute también sus numerosos problemas y actuales deficiencias.

El Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOCC) entregaría datos extremadamente relevantes para entender el climático chileno y sus impactos en el país. Estos datos son claves para poder contribuir a la resolución de tanto los actuales como los posibles conflictos sociales y económicos actuales asociados a problemáticas ambientales, al hacer posible determinar sus causas, sus efectos y las posibles soluciones.

En la actualidad, Chile cuenta con una débil capacidad de observación y monitoreo continuo de los océanos, la cual es muy inferior a la disponibilidad de datos continentales. Mientras que los estudios climáticos

terrestres cuentan con más de 2.000 sensores a nivel nacional y entregan datos accesibles en forma gratuita, la monitorización del océano en Chile cuenta solo con 10 boyas oceanográficas costeras en total, además de un número limitado de sensores superficiales administrados por diversos centros de investigación científica y 40 mareógrafos administrados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA). Por otro lado, el bajo número de iniciativas y fondos para el financiamiento de sistemas de monitoreo en el océano disponibles en Chile (por ejemplo, Fondequip) ha significado una baja cantidad y calidad de instrumentos disponibles y mayor dificultad para su mantención y calibración, además de grandes limitaciones para mantener la continuidad en la toma de datos, su validación y transmisión en tiempo real, acompañado de una baja formación técnica y científica en la materia. Todo esto impide la observación y, por lo tanto, la predicción de eventos cercanos y futuros en el océano de Chile, lo que aumenta la vulnerabilidad y los impactos que sufrirá el país ante el cambio climático.

A su vez, la propuesta declara y entrega al Estado de Chile el rol principal de articulador y coejecutor en la administración del SIOOC por medio de la conformación de una entidad pública (consorcio, servicio, agencia u otros) con carácter interministerial (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; Ministerio de Relaciones Exteriores; Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; Ministerio de Hacienda), personal propio de profesionales y expertos, y colaboración formal de otras organizaciones e instituciones nacionales. En este sentido, SIOOC propone que el financiamiento recaiga en el Estado con una gobernanza amplia (sectores civiles públicos y privados y agentes públicos a nivel regional).

Finalmente, la Mesa propone tres fases para su implementación con diferentes metas, hitos y acciones, con un horizonte de seis a ocho años y una inversión inicial de USD$ 65.000.000. La primera fase permitiría integrar los sistemas ya existentes en Chile; la segunda fase se basaría en implementar nuevos requerimientos de equipamiento, infraestructuras y capacidades; y la tercera fase estaría focalizada en integrar SIOCC a las redes internacionales y zonas de alto interés como las islas oceánicas, Antártica y aguas internacionales.

La propuesta de formar SIOOC resuelve muchas de las actuales deficiencias en la temática de océano y de cambio climático, pero también genera numerosos beneficios para los servicios y agencias del Estado relacionadas en estas materias, instituciones académicas nacionales, la comunidad internacional (científica y política), sectores privados y en el sector educativo. A través de diversas estrategias, la propuesta plantea mejorar y favorecer:

- La vigilancia y seguimiento del estado ambiental, ecosistémico, sanitario, productivo y de conservación del océano, así como la respuesta frente a eventos ambientales climáticos.
- El cumplimiento de acuerdos y convenciones internacionales que involucran datos e informes de calidad, y cobertura espacial y temporal apropiados.
- El desarrollo de políticas públicas orientadas a la protección del océano y sus recursos.
- La construcción de políticas públicas construidas desde la evidencia científica para el uso y la conservación del océano.
- Reducir el riesgo y la incertidumbre sobre las actividades productivas y económicas que provee el océano.

## Recomendaciones

1. **Valorizar políticamente los repositorios de datos ambientales y la observación del océano.**

2. **Promover y financiar acciones, a nivel público y privado, y colaborativas a nivel nacional para la obtención e integración de distintas fuentes de datos e información sobre los océanos en la región.**

3. **Hacer un diagnóstico de la capacidad instalada en la actualidad.**

4. **Implementar el SIOOC, considerando en un principio tres etapas, con un sistema de financiamiento renovable de largo plazo y de fuentes público-privadas, y con nuevos instrumentos de gestión pertinentes que incluyan la participación ciudadana activa.**

5. **Fortalecer la colaboración regional e internacional sobre la observación de los océanos en sus aspectos políticos, científicos, técnicos y culturales.**

6. **Promover la capacitación continua para fortalecer las capacidades institucionales, el uso de una gestión basada en indicadores y el desarrollo y mantenimiento de datos del SIOOC.**

7. **Crear un sistema de gobernanza y financiamiento de las zonas costeras y marinas con un enfoque multidisciplinario e interinstitucional, que promueva la participación de los actores locales en el desarrollo de políticas y la toma de decisiones.**

A partir de lo anterior, SIOOC plantea, para su óptimo funcionamiento e implementación, las siguientes recomendaciones:

1. **Incorporar tanto plataformas de observación fijas (radares, boyas, anclajes, cables submarinos, estaciones meteorológicas costeras y otras) como plataformas móviles (buques, satélites, planeadores marinos, boyas de deriva y vehículos no tripulados), con múltiples y variados tipos de sensores, e integrando distintas tecnologías que incluyen tanto el equipamiento disponible como nuevo instrumental.**

2. **Fortalecer los recursos técnicos y humanos para generar transferencias tecnológicas y de información a ser usados en los procesos de toma de decisiones y políticas públicas.**

3. **Monitorear variables oceanográficas (temperatura, oxígeno, salinidad), procesos oceanográficos físicos (corrientes, oleaje, nivel del mar), variables atmosféricas y meteorológicas (presión atmosférica, vientos, temperatura, humedad, radiación) y variables ambientales ($CO_2$, pH, nutrientes, clorofila y plancton).**

4. **Conformar un sistema con cuatro componentes principales: i) un componente de observación *in situ* con instrumentación automatizada y una cobertura basada a nivel regional y ecosistémico (o de bioregiones) en el Pacífico sur-oriental y Antártica; ii) un componente de calibración y validación de los datos obtenidos basado en la presencia de un laboratorio nacional certificado con estándares inter-**

**nacionales; iii) un componente informático que maneje y procese grandes volúmenes de datos y que provea acceso en tiempo real y abierto a la información recabada; y iv) un componente de análisis de datos con la capacidad de generar predicciones a través de modelos computacionales y estadísticos.**

5. **Diseñar un sistema que: i) involucre a la mayor cantidad de actores relevantes (comunidades costeras, sociedad civil, privados, ONG, sector público, instituciones académicas y de investigación); ii) provea datos e información de alta calidad con estándares internacionales, alta confiabilidad para la toma de decisiones ante la presencia de catástrofes naturales y antrópicas; iii) proporcione información relevante para la sostenibilidad y conservación del ambiente y sus recursos; iv) sea sistemático, de largo aliento, mantenido, revisado y mejorado; y v) garantice el acceso general (nacional e internacional) a los datos y a la información generada.**

## B. Propuesta para la actualización del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura

La propuesta de actualización al Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura (PACCPA) parte de la premisa de que desde la preparación del último PACCPA en el año 2015 han surgido una serie de políticas públicas internacionales a ser consideradas en la nueva actualización del plan, como son el Acuerdo de París y la Agenda 2030 de Naciones Unidas con sus 17 los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS).

Por su parte, ha aparecido una gran cantidad de reportes y evaluaciones lideradas por entidades como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) o la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES). Todos estos reportes evalúan el cambio climático en el océano y sus efectos e impactos en pesquerías, acuicultura y la biodiversidad marina, y recalcan los importantes cambios esperados a causa del cambio climático en temperatura, pH, oxígeno, nivel del mar y eventos extremos. Los informes concuerdan con que los efectos del cambio climático en la biodiversidad marina, los desembarques pesqueros, la gestión de recursos, las actividades económicas, la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las personas que viven relacionadas con los océanos y sus costas serán impactados de forma diferente. Además, el IPBES entrega información sobre la relevancia de las áreas marinas protegidas (AMP), como una herramienta de gestión espacial para conservar la biodiversidad, recuperar los *stocks* pesqueros y avanzar hacia una actividad pesquera sostenible.

El PACCPA y la propuesta para su actualización articulan las acciones y medidas relativas a políticas públicas y gestión pesquera y acuícola con un objetivo claro: fortalecer a la capacidad adaptativa del sector al cambio climático. Para ello, se analiza el escenario presente político, socioeconómico y ambiental de la actividad pesquera y acuícola en Chile, se actualizan las variables y procesos climáticos y oceanográficos que afectan a ambos sectores y se incluyen los riesgos y los impactos del cambio climático sobre los recursos pesqueros y acuícolas.

Esta propuesta para la actualización del PACCPA propone nuevos objetivos y acciones respecto de inequidad de género y economía circular, e identifica brechas de gobernanza, socioeconómicas, de conocimiento, ambientales y cambio climático que es necesario superar con urgencia para mejorar la adaptación al cambio

climático. Es necesario reformar el concepto de enfoque ecosistémico y de principio precautorio de la Ley de Pesca y Acuicultura en el contexto del cambio climático, con el fin de cumplir con su verdadero rol: proteger el océano y sus recursos abogando por fortalecer la capacidad de adaptación desde lo local.

A su vez, existe consenso sobre la necesidad de una armonización de las estructuras de la gobernanza local, regional y global con el fin de proporcionar una adecuada acción climática para la adaptación del sector. Se establece que la gobernanza del sector pesquero y acuícola, así como la del borde costero, está en la actualidad altamente fragmentada entre muchas instituciones sin una adecuada coordinación e integración del borde costero. Esto a pesar de que en los últimos años (2015-2020) han cambiado leyes como la ley de caletas, la Ley General de Pesca y Acuicultura, o la Política Oceánica Nacional, y han aparecido políticas públicas y planes en materia de sustentabilidad que han favorecido la creación de la Comisión Nacional de Acuicultura o los Consejos Zonales de pesca, entre otros.

## Recomendaciones

La propuesta de actualización entrega también diversas recomendaciones al anterior PACCPA, reunidas en cinco objetivos y 29 acciones:

- **Objetivo 1:**
  **Enfoque precautorio y ecosistémico en la pesca y acuicultura, con la finalidad de incrementar la resiliencia frente al cambio climático de los ecosistemas marinos y las comunidades costeras. Para poder cumplir este objetivo, se plantean seis acciones que apoyan la implementación de los planes de manejo para pesquerías locales, nacionales y regionales, fortalecen el programa de observadores científicos a bordo de las flotas pesqueras, reducen los descartes y la pesca incidental, promueven el desarrollo de una Planificación Espacial Marina como una herramienta de gestión de los ecosistemas y sus recursos, guían hacia la certificación de las pesquerías, y promueven la planificación espacial y gestión de la acuicultura a partir del análisis de riesgos.**

- **Objetivo 2:**
  **Desarrollo de investigación científica para mejorar el conocimiento sobre los impactos en escenario de cambio climático. Este objetivo cuenta con trece acciones que promueven una red nacional de monitoreo y análisis de biodiversidad marina y de aguas continentales, plantean la necesidad de generar modelos de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas bajo diversos escenarios climáticos, abogan por estudios oceanográficos de biodiversidad marina, plantean la necesidad de un programa de prevención, control y/o erradicación de especies exóticas invasoras, y la necesidad de determinar cuáles son las áreas aptas para la acuicultura sobre la base de los escenarios climáticos. Además, estas acciones destacan la importancia de entender cuáles son las variables ambientales y oceanográficas que afectan la producción de semillas de mitílidos, determinan que existe una necesidad de estudiar el impacto del cambio climático sobre mamíferos marinos, pingüinos y tortugas marinas y los recursos marinos de la Antártica, documentan la falta de estudios de vulnerabilidad al cambio climático para los recursos hidrobiológicos importantes para la pesca y la acuicultura, y plantean una acción que genere un sistema de predicción de condiciones climáticas para la pesquería artesanal y la acuicultura.**

- **Objetivo 3:**
  **Difusión y educación sobre los impactos del cambio climático a usuarios y actores relevantes del sector pesca y acuicultura. Este objetivo cuenta con tres acciones que permitirían capacitar a los actores mediante proyectos pilotos, informar sobre los efectos del cambio climático en pesca y acuicultura, y diseñar un sistema de pronóstico de futuros desembarques bajos distintos escenarios climáticos.**

- **Objetivo 4:**
  **Mejorar el marco normativo, político y administrativo para abordar los desafíos y oportunidades del cambio climático. Este objetivo cuenta con tres acciones que permiten la inclusión de áreas acuáticas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, proponen una rápida adaptación normativa para dar respuestas a la alta variabilidad climática y eventos extremos, y sugieren formar un grupo técnico asesor de cambio climático (GTA CC) para la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.**

- **Objetivo 5:**
  **Desarrollar medidas de adaptación directas para reducir la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático sobre la pesca y acuicultura. Este objetivo cuenta con cuatro acciones que permitirán la adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal frente a los posibles impactos del cambio climático, proponen un sistema de seguros para acuicultores de pequeña escala y artesanales ante eventos extremos, sugieren la implementación de técnicas de recirculación de agua en acuicultura de agua dulceacuícola, y promueven el consumo y valor agregado de recursos de pesca artesanal.**

A su vez, la propuesta de actualización al PACCPA recomienda 16 nuevas acciones:

1. **Fomentar y fortalecer las pesquerías e industrias acuicultoras más sustentables y con una menor huella de carbono.**
2. **Aumentar la transferencia tecnológica a los cultivos acuícolas.**
3. **Fomentar y fortalecer la fiscalización y certificación de las pesquerías.**
4. **Identificar y cuantificar los bancos naturales de moluscos bivalvos.**
5. **Fomentar la generación de un observatorio nacional de datos de pesca.**
6. **Abordar las causas subyacentes de la pérdida de recursos biológicos.**
7. **Aplicar un manejo ecosistémico en pesquerías y acuicultura costeras y oceánicas.**
8. **Implementar modelos biológicos acoplados a modelos oceanográficos y ecosistémicos.**
9. **Fomentar una red integrada de observación del océano y sus recursos.**
10. **Establecer un catastro de enfermedades y parásitos.**
11. **Fomentar la restauración ecológica y la resiliencia de los ecosistemas bentónicos que sustentan las pesquerías y la acuicultura.**

12. **Identificar las áreas de refugio para los recursos.**

13. **Monitorear los planes de manejo de las áreas marinas protegidas.**

14. **Apoyar un financiamiento incremental y permanente para el sistema de monitoreo ambiental, de biodiversidad y social.**

15. **Actualizar el Plan de Acción Nacional para Prevenir, Desalentar y Eliminar la Pesca Ilegal no declarada y no reglamentada (PAN-INDNR) considerando el cambio climático.**

16. **Mejorar la resiliencia del sector pesquero artesanal y acuícola de pequeña escala.**

# C. Soluciones basadas en el océano para contribuir a las NDC de Chile

El informe «Soluciones basadas en el océano para contribuir a las NDC de Chile» elabora medidas para aportar desde el océano a las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de Chile. El informe refuerza el concepto de entierro de carbono de los sedimentos marinos y suelos costeros, que constituyen el mayor reservorio de carbono en el planeta. Estimaciones de enterramiento en las marismas, manglares, bosques de quelpo y pastos marinos son entre 7 a 21 veces mayores que las tasas de enterramiento en bosques tropicales, templados y boreales a nivel global. Al respecto, se reúnen antecedentes de la ventaja competitiva que tiene Chile en la protección de fondos marinos, marismas y bosques de algas, ecosistemas de fundamental importancia para la mitigación, pero vulnerables a la acción humana y el cambio climático.

Las medidas se agrupan en tres paquetes. Primero, medidas para favorecer el secuestro de carbono (carbono azul). Un segundo paquete de medidas se refiere a reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la economía del océano. Por último, el informe elabora medidas de adaptación en pesca y acuicultura que reducen la vulnerabilidad, riesgos e impactos del cambio climático.

## Recomendaciones

1. **Reducir emisiones de gases de efecto invernadero en actividades económicas basadas en el océano (economía azul), por medio de: i) promover la reducción de emisiones de transporte marítimo; ii) reducir la huella de carbono en la acuicultura; y iii) incentivar el desarrollo de energías renovables no convencionales de origen marino, como la mareomotriz y undimotriz.**

2. **Preservar el *stock* y favorecer el secuestro de carbono, por medio de: i) proteger al subsuelo marino dado su importante rol en el enterramiento de carbono en la zona económica exclusiva, ante amenazas como la minería submarina; ii) proteger y restaurar humedales costeros y otras acciones asociadas con carbono azul; iii) asegurar un manejo sustentable de bosques submarinos; y iv) promover la creación de refugios climáticos marinos.**

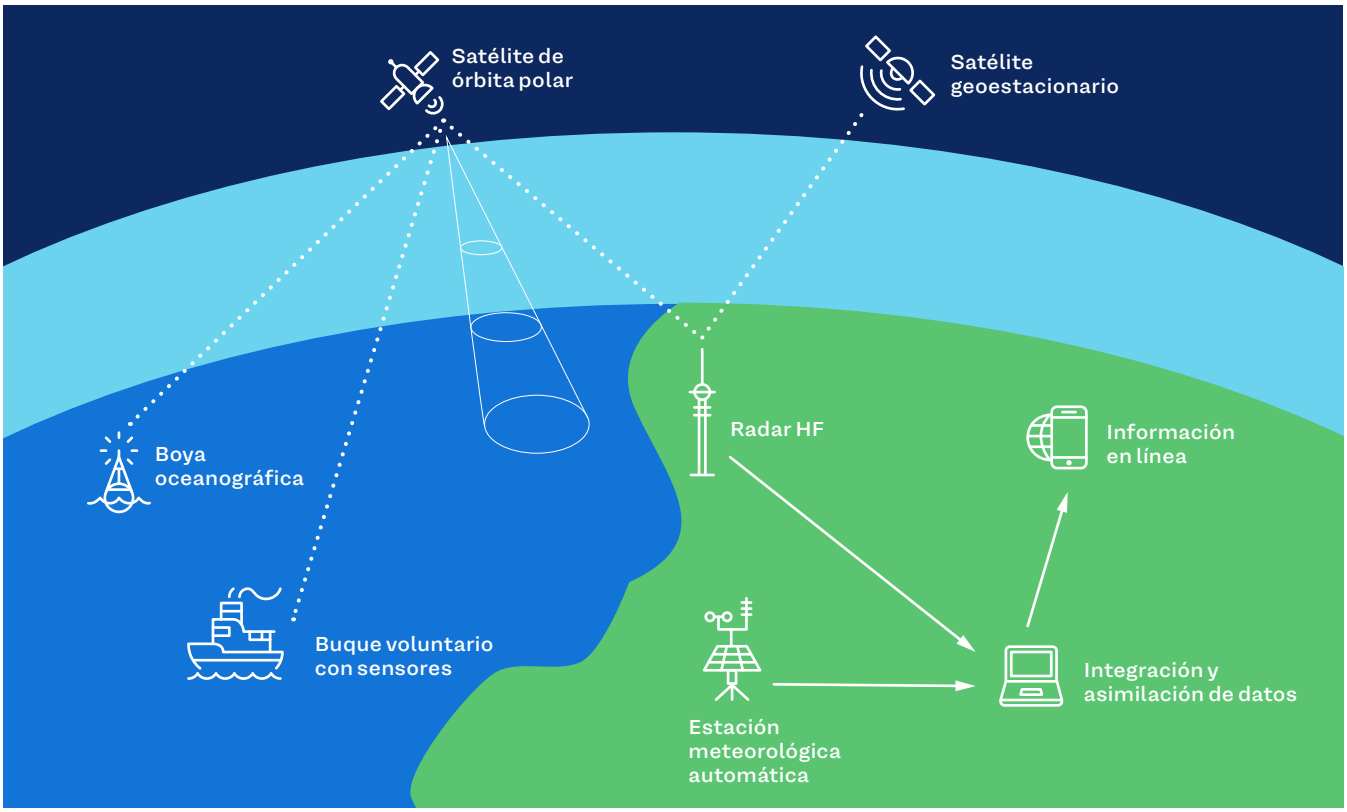
# D. Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas

El libro *Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas* es el producto del trabajo de más de 30 científicos dedicados a las ciencias del mar, que han redactado un conjunto de 50 preguntas claves con sus correspondientes respuestas. La publicación permite entender la dependencia extrema que Chile tiene del océano, así como los efectos que tendrá el cambio climático. *Océano y cambio climático* es un medio de divulgación científica que permite entregar a la sociedad el conocimiento necesario para entender lo que está pasando en el océano a nivel general y más específicamente en el mar chileno, por medio de un lenguaje sencillo y sin tecnicismos.

Para facilitar la comprensión de los procesos que ocurren en los océanos, el cambio climático y sus efectos, las preguntas se presentan separadas en cuatro bloques fundamentales: i) causas y bases de entendimiento, ii) consecuencias, iii) consecuencias en Chile, y iv) adaptación, soluciones basadas en la naturaleza.

Proceso de observación integrada basado en un conjunto de instrumentos (infraestructura primaria), transmisión de datos y observación *in situ*, además de procesamiento básico consistente en análisis de bases de datos, como variación diaria y a otras escalas, línea base, alertas, etcétera. Modificado de la web World Meteorological Organization.

**Sistema integrado de observación del océano**



# Anexo 1. Entregables del Comité Científico COP25

*Lista no exhaustiva de los 25 entregables de las distintas mesas y submesas del Comité Científico COP25. Todos los archivos están disponibles en el enlace referido en el código QR.*

## MESA MITIGACIÓN Y ENERGÍA

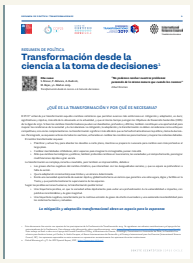
Chilean NDC proposal for the mitigation component: Methodological approach and supporting ambition

## MESA ADAPTACIÓN

Adaptación al cambio climático en Chile: Brechas y recomendaciones

Transformación: Un tema emergente en la adaptación al cambio climático en Chile

Transformation from science to decision-making




Transformación desde la ciencia a la toma de decisiones

## MESA ADAPTACIÓN / MESA AGUA

Lineamientos para el desarrollo de planes de adaptación al cambio climático: Aplicación a los recursos hídricos

## MESA AGUA

Recursos hídricos en Chile:
Impactos y adaptación al cambio climático.
Incluye los aportes de las submesas Gobernanza, Infraestructura hídrica, Calidad del agua y Medidas de adaptación

## MESA BIODIVERSIDAD

Capítulo 1:
Impactos del cambio climático en la biodiversidad y las funciones ecosistémicas en Chile

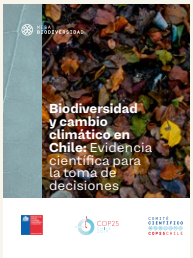
Capítulo 2:
Biodiversidad de ecosistemas de agua dulce

Capítulo 3:
Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile

Capítulo 4:
Áreas protegidas y restauración en el contexto del cambio climático en Chile

Capítulo 5:
Cambio de uso del suelo en Chile: Oportunidades de mitigación ante la emergencia climática

Capítulo 6:
Datos en biodiversidad: Un informe para COP25




Biodiversidad y cambio climático en Chile:
Evidencia científica para la toma de decisiones
(compilado de la mesa)

## MESA CIUDADES

Ciudades y cambio climático en Chile: Recomendaciones desde la evidencia científica.
Incluye los aportes de las submesas: Gobernanza, Movilidad, Edificación, equipamiento y energía, Infraestructura y espacios verdes, Riesgos y desastres naturales, y Vulnerabilidad y salud poblacional

## MESA CRIÓSFERA Y ANTÁRTICA

Criósfera chilena y Antártica: Recomendaciones desde la evidencia científica

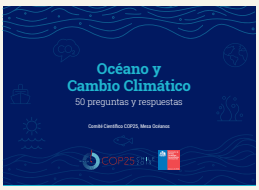
Criósfera y cambio climático: 50 preguntas y respuestas (libro de divulgación)

## MESA OCÉANOS

Propuesta de un Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno

Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura

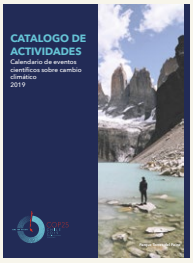
Nueve soluciones basadas en el océano para contribuir a las NDC de Chile




Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas (libro de divulgación)

## Entregables transversales a todas las mesas

Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones




Catálogo de actividades: Calendario de eventos científicos sobre cambio climático 2019

Resultado Encuesta Anteproyecto Ley Marco de Cambio Climático (planilla con 28 comentarios subida a la consulta pública en línea)

Resultado Encuesta NDC Adaptación (planilla con 53 propuestas enviada al Ministerio del Medio Ambiente y considerada en la actualización de las NDC)

# Anexo 2. Cronograma de talleres y actividades

*Lista no exhaustiva de los 28 talleres y actividades llevados a cabo por las distintas mesas y submesas del Comité Científico COP25. Muchas de las submesas, por ejemplo de las mesas Biodiversidad y Ciudades, se reunieron en forma independiente en pequeños grupos de autores, sin que quede consignado en esta lista.*

COMITÉ
CIENTÍFICO
COP25 CHILE

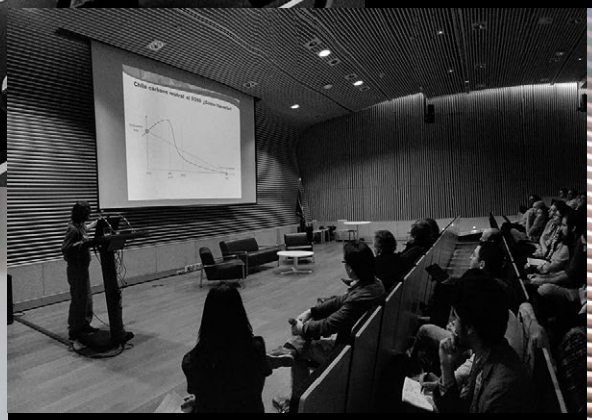
1. **Presentación del Comité Científico COP25 y de las principales conclusiones de las mesas**
   Miércoles 11 de diciembre de 2019, de 15:00 a 17:45 horas, Cumbre Social de Acción Climática organizada por la Sociedad Civil por la Acción Climática (SCAC), Centro Cultural de Cerrillos Tío Lalo Parra, Santiago, Región Metropolitana.

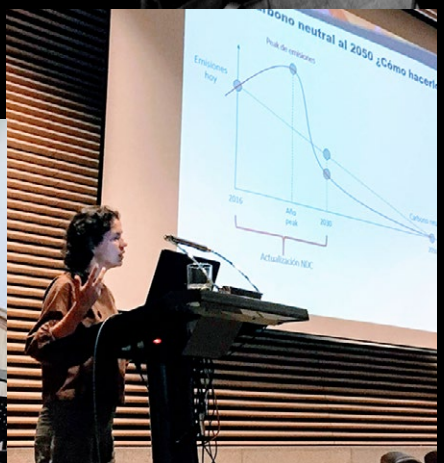
2. **Entrega al Ministro de Ciencia,Tecnología, Conocimiento e Innovación Andrés Couve del informe del Comité Científico COP25 *Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones***
   Miércoles 4 de diciembre de 2019, de 9:50 a 10:30 horas, Pabellón Chile, Zona Azul COP25, Madrid, España

3. **Noche Nerd Comité Científico COP25**
   Jueves 12 de diciembre de 2019, de 19:00 a 24:00 horas, Noche Nerd organizada por La Casa de Goethe, Teatro If, Bilbao 465, Santiago, Región Metropolitana

NDC
PARTNERSHIP

Chile





## MESA **MITIGACIÓN Y ENERGÍA**

4. **Revisión y análisis de las medidas de mitigación para la actualización de las NDC de Chile.**
   Jueves 22 de agosto de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

5. **Revisión de la Estrategia Climática de Largo Plazo para un Desarrollo Bajo en Emisiones.**
   Jueves 22 de agosto de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

6. **Primera reunión ministerial Ciencia, Medio Ambiente, Energía y Hacienda para la discusión de los modelos de proyección para las NDC de Chile.**
   Miércoles 16 de octubre de 2019, de 14:00 a 17:00 horas, Centro de energía, Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

7. **Segunda reunión ministerial para la elaboración de un *white paper* para robustecer el modelo de sustitución de la matriz energética.**
   Viernes 8 de noviembre de 2019, de 12:00 a 14:00 horas, Centro de Energía, Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

## MESA **ADAPTACIÓN**

8. **Recomendaciones para el diseño de planes de adaptación al cambio climático (PACC).**
   Jueves 11 de julio de 2019, de 8:30 a 13:00 horas, Casa Central de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

9. **Análisis y comentarios a las medidas de adaptación propuestas para la actualización de las NDC, organizado junto con el Ministerio del Medio Ambiente.**
   Miércoles 14 de agosto de 2019, de 8:45 a 12:30 horas, Casa Central de la Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

10. **Explorando el enfoque de la transformación para la Estrategia Climática de Largo Plazo.**
    Lunes 14 de octubre 2019, de 12:30 a 17:00 horas, Auditorio de la Fiscalía Nacional Económica, Santiago, Región Metropolitana.

## MESA ADAPTACIÓN MESA AGUA

11. **Adaptación al cambio climático: Lineamientos para la elaboración de planes, aplicación a los recursos hídricos, medidas para las NDC, y facilitadores, obstaculizadores y temas emergentes.**
Lunes 11 de noviembre de 2019, de 10:00 a 17:00 horas, Universidad de Concepción, sede Santiago, Región Metropolitana.

## MESA AGUA

12. **Amenazas a los recursos hídricos en la región del Biobío.**
Viernes 6 de septiembre de 2019, de 8:30 a 17:30 horas, Universidad de Concepción, Concepción, Región del Biobío.

13. **Amenazas a los recursos hídricos en las regiones de Aysén y Magallanes.**
Jueves 3 y viernes 4 de octubre de 2019, Oficina del Ministerio de Obras Públicas, Coyhaique, Región de Aysén.

## MESA BIODIVERSIDAD

14. **Diagnóstico y propuesta para la elaboración del informe sobre cambio de uso del suelo (CUS).**
Miércoles 10 de julio de 2019, de 10:00 a 13:00 horas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Región de Los Ríos.

15. **Revisión de avances para la elaboración del informe CUS.**
Viernes 2 de agosto de 2019, de 10:00 a 13:00 horas, CNID, Santiago, Región Metropolitana.

16. **Compromisos y revisión final para la elaboración del informe CUS.**
Lunes 19 de agosto de 2019, de 10:00 a 11:30 horas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Región de Los Ríos.

17. **Revisión de contenidos para el informe sobre datos en biodiversidad.**
Viernes 26 de julio de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

18. **Compromisos y revisión final de contenidos para el informe sobre datos en biodiversidad.**
Viernes 9 de agosto de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Universidad de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

19. **Elaboración de la estructura del informe final de la mesa Biodiversidad.**
Martes 3 de septiembre de 2019, de 9:00 a 13:00 horas, CNID, Santiago, Región Metropolitana.

Daniela

Sistema Integrado de Observación del Océano de Chile
SIOOC
CHONO
POM-O

## MESA CIUDADES

20. **Ciudades y cambio climático (C3).**
Martes 11 de junio de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Universidad Católica de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

21. **Discusión final de medidas de adaptación para ciudades y estructuración del informe final.**
Viernes 2 de agosto de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Universidad Católica de Chile, Santiago, Región Metropolitana.

22. **Discusión de medidas de adaptación, mitigación y gobernanza para C3.**
Martes 6 de agosto de 2019, de 14:00 a 18:00 horas, Edificio EmprendeUdeC, Universidad de Concepción, Concepción, Región del Biobío.

23. **Lanzamiento del *Informe de la mesa Ciudades y cambio climático en Chile: Recomendaciones desde la evidencia científica***
Miércoles 11 de diciembre de 2019, de 10:00 a 12:45 horas, Cumbre Social de Acción Climática organizada por la Sociedad Civil por la Acción Climática (SCAC), Centro Cultural de Cerrillos Tío Lalo Parra, Santiago, Región Metropolitana.

## MESA CRIÓSFERA Y ANTÁRTICA

24. **Diagnóstico y recomendaciones para la protección de la criósfera, Zona centro-sur de Chile.**
Lunes 3 de junio de 2019, de 9:00 a 13:00 horas, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Región de Los Ríos.

25. **Recomendaciones en adaptación, mitigación y gobernanza para la protección de la criósfera y la Antártica, Zona sur de Chile.**
Miércoles 17 de julio de 2019, de 9:00 a 13:00 horas, FONDAP IDEAL, Punta Arenas, Región de Magallanes y de la Antártica chilena.

26. **Recomendaciones de expertos en la criósfera continental y Antártica.**
Miércoles 4 de septiembre de 2019, de 15:00 a 19:00 horas, Palacio de la Moneda, Santiago, Región Metropolitana.

## MESA OCÉANOS

27. **Propuesta para la elaboración de un sistema integrado de observación oceánica.**
Miércoles 26 de junio de 2019, de 10:00 a 15:00 horas, Universidad de Concepción, Región del Biobío.

28. **Revisión de los planes de adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura y borde costero.**
Jueves 29 de agosto de 2019, de 9:30 a 16:00 horas, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, Región de Valparaíso.

# Anexo 3. Integrantes del Comité Científico COP25

**Coordinadora del Comité Científico COP25**
**y Ante el Consejo Asesor Presidencial**

Maisa Rojas Maisa Rojas es Licenciada en Física de la Universidad de Chile y Doctora en Física de la Atmósfera de la Universidad de Oxford, Inglaterra, con un Postdoctorado en la Universidad de Columbia, Estados Unidos. Es Profesora Asociada del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, Directora del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). Fue autora principal del capítulo sobre Paleoclima del *Quinto Informe de Evaluación* (AR5) y es autora principal Coordinadora del *Sexto Informe de Evaluación* (AR6), ambos del IPCC. Experta en modelación climática, ha desarrollado dos áreas principales de investigación: paleoclima y cambio climático regional, incluyendo la evaluación de los impactos del cambio climático, en particular en la agricultura y los recursos hídricos.

**Coordinador ante el Consejo Asesor Presidencial**
**y Co-coordinador de la mesa Adaptación**

Sebastián Vicuña es ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), y Máster en Políticas Públicas y MSc y PhD en Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de California, Berkeley. Es Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la PUC, Director del Centro de Cambio Global, Investigador de CIGIDEN, Investigador Asociado del Stokholm Environmental Institute y autor principal del capítulo sobre Centro y Sudamérica del *Quinto Informe de Evaluación* (AR5) del IPCC. Es experto en las áreas de hidrología, cambio global, adaptación y políticas públicas.

## COORDINADORES DE LAS MESAS DE TRABAJO

### Co-coordinadora de la mesa Adaptación

Paulina Aldunce es una científica social con experiencia en planificación y gestión ambiental. Es Licenciada en Ciencias Agronómicas y Máster en Gestión y Planificación Ambiental de la Universidad de Chile y Doctora en Ciencias Sociales y Gestión de Recursos Naturales de la Universidad de Melbourne, Australia. Es Profesora Asistente en el Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales de la Universidad de Chile, investigadora asociada en el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) y el Programa de Reducción de Riesgos y Desastres (CITRID), y autora principal y revisora-editora de los informes del IPCC *Manejo de riesgos de eventos extremos y desastres para fomentar la adaptación al cambio climático y Quinto y Sexto Informes de Evaluación* (AR5 y AR6). Sus intereses de investigación incluyen las dimensiones sociales e institucionales de la gestión del riesgo de desastres, y la adaptación y trasformación al cambio climático.

### Coordinadora de la mesa Océanos

Laura Farías es Licenciada y Doctora en Oceanografía en la Universidad de Concepción. Académica titular y Directora del Departamento de Espectrometría de Masa Radioisotópica de la Universidad de Concepción, e Investigadora principal del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), en el área de zona costera, y representante chilena para el Proyecto Internacional de Estudio sobre la Baja Atmósfera y la Superficie del Océano (SOLAS). Dedica su investigación a la comprensión de los procesos biogeoquímicos involucrados en los ciclos de gases de efecto invernadero, en particular óxido nitroso. Ha construido y reportado una de las primeras series marinas de óxido nitroso y metano en el mundo. Sus resultados están ayudando a entender el proceso que explica la variabilidad temporal (mensual a interanual) de flujos de óxido nitroso, a través de la interfaz de agua marina en las costas.

**Coordinador de la mesa Criósfera y Antártica**

Humberto González es Biólogo Marino de la Universidad de Concepción y Dr. Rer. Nat. de la Universidad de Bremen, Alemania. Académico titular del Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile y Director del Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL). Ha participado en expediciones al Ártico y la Antártica investigando el flujo vertical de partículas y los flujos biogeoquímicos en los ecosistemas marinos de alta latitud. Ha dirigido numerosos proyectos Fondecyt y participó como investigador principal en el Centro FONDAP COPAS.

**Coordinador de la mesa Biodiversidad**

Pablo A. Marquet es Licenciado en Ciencias Biológicas de la Universidad de Concepción y Doctor de la University of New Mexico, Estados unidos. Es Profesor Titular del Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, primer chileno en ingresar a la prestigiosa Academia Americana de Artes y Ciencias de Estados Unidos y miembro de la Academia Nacional de Ciencias de EEUU, de la Academia de Ciencias de Chile y de la Academia de Ciencias del Mundo (TWAS). En el último tiempo ha dedicado su investigación en las consecuencias del cambio climático sobre la biodiversidad, la emergencia de innovaciones evolutivas y sus implicancias ecológicas, así como también al estudio de la complejidad de los sistemas biológicos, desde las células a las sociedades humanas.

**Coordinador de la mesa Ciudades**

Juan Carlos Muñoz es ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), y Magíster en Ingeniería Industrial e Investigación Operativa y Doctor en Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de California, Berkeley. Es Profesor Titular del Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Director del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS) de la PUC y fundador del Centro de Excelencia en Bus Rapid Transit (BRT+). Ha asesorado al Ministro de Transportes y Telecomunicaciones de Chile en temas de diseño y regulación del transporte público, y ha integrado los directorios de Metro de Santiago y Metro de Valparaíso. Es Convenor del Comité Científico Internacional de CASPT (Conference on Advanced Systems of Public Transport), y miembro de los comités de ISTTT (International Symposium on Transportation and Traffic Theory) y Thredbo (International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport).

**Coordinador de la mesa Mitigación y energía**

Rodrigo Palma-Behnke es Ingeniero Civil de Industrias con mención en electricidad y Magíster en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y Dr. Ing. de la Universidad de Dortmund, Alemania. Es profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Director del Centro de Energía, ambos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, e Investigador del Centro FONDAP SERC Chile. Ha participado en múltiples proyectos tales como Ayllu Solar, EOLIAN, Vehículos eléctricos, MAPS-Chile y Solar Mining, y ha sido miembro del Consejo Consultivo Energía 2050 del Gobierno de Chile, de la Comisión Asesora de Gobierno en Energía (CADE), del Comité de Relaciones Internacionales de CONICYT, y del Panel de Expertos de la Ley General de Servicios Eléctricos de Chile (2004-2007). Investiga en el área de sistemas energéticos y dicta las cátedras de sistemas de energía, taller de proyecto y mercados energéticos.

**Coordinadora de la mesa Agua**

Alejandra Stehr es Ingeniero Civil y Doctora en Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción. Es Académica asociada del Departamento de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, y del Centro EULA-Chile de la Universidad de Concepción. Tiene experiencia como consultora en estudios hidrológicos y relacionados con el medio ambiente y ha participado en diversos proyectos de apoyo a procesos normativos; proyectos hidroeléctricos; industria de la celulosa; obras de infraestructura; y estudios integrados en cuencas hidrográficas. Experta en la modelación hidrológica, dedica su trabajo al estudio de la disponibilidad de recursos hídricos, con un especial interés en el régimen hidrológico y el balance de este elemento en las cuencas a través de diversos mecanismos.

**Coordinadora Ejecutiva del Comité Científico COP25**

Daniela Benavente es economista de la Pontificia Universidad Católica en Chile, Magíster de la Universidad de Columbia en Nueva York (Fulbright scholar) y Sciences-Po París y Doctora en economía internacional del Graduate Institute of International and Development Studies de Ginebra. Residió por 15 años en Ginebra, Suiza, donde adquirió una vasta experiencia internacional en la comprensión de fenómenos multidimensionales, con énfasis en políticas públicas y estadística comparada. Ha sido consultora, entre otros, de la OCDE, el Banco Mundial, el BID, Naciones Unidas (OMPI, FAO, ITC, ITU, IFAD, PNUD), ICTSD/WEF, la Unión Europea (Joint Research Centre, Research Executive Agency Horizon2020, Cedefop), Misk Foundation e INSEAD. Comenzó su carrera en Chile como asesora económica en los Ministerios de Economía (1996-98) y Relaciones Exteriores (1998-99) y en el segundo piso del Gabinete del Presidente Ricardo Lagos (2001-02).

**Asesor de Diálogos en Cambio Climático del Comité Científico COP25**

Felipe Guarda es Sociólogo de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Magíster en Medio Ambiente de la Universidad de Melbourne, en Australia. Tiene ocho años de experiencia en el diseño de políticas públicas en vinculación con la academia científica, en Chile y en Australia, entre otros como Asesor del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación y como Analista asociado de la Autoridad de Protección del Medio Ambiente de Victoria, Australia. Especialización en coordinación de proyectos, análisis estadístico y trabajo interdisciplinario en áreas de cambio climático y ambientales.

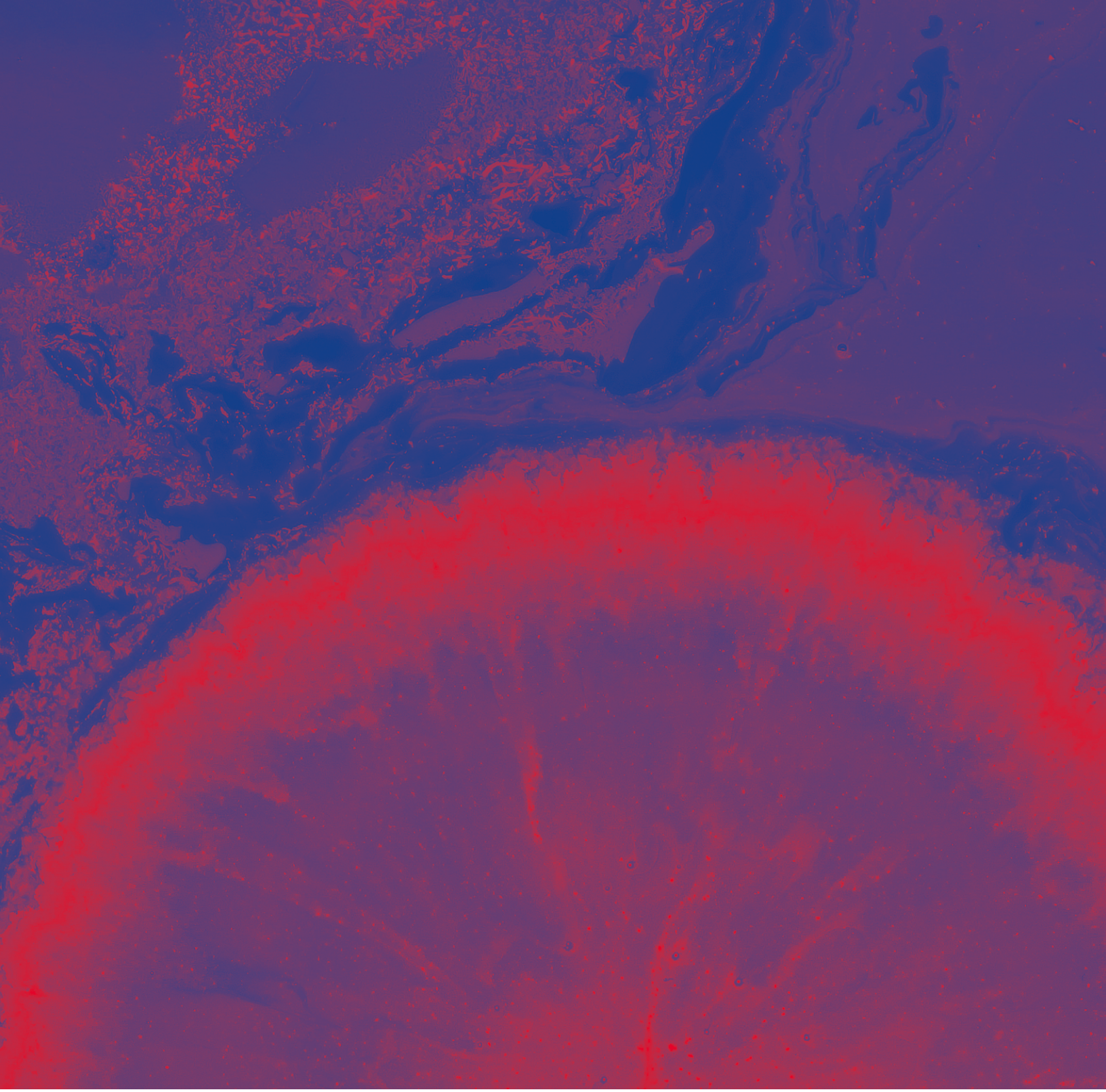
**Asesora de Diálogos del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia**

Bárbara Morales Aguirre es Antropóloga Social de la Universidad de Chile, Magíster en Sociología y Doctora(c) en Antropología de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS) de París, Francia. Es encargada del Área de Diálogo e Interdisciplina del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Su experiencia profesional y de investigación le han permitido especializarse en las temáticas de medioambiente y participación, además de desarrollar competencias específicas en el diseño y la implementación de proyectos y metodologías de carácter cualitativo.

**Edición**
Miguelángel Sánchez

**Diseño**
www.negro.cl

**Fotografías**
www.unsplash.com



Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

Gobierno de Chile

TIME FOR ACTION

COP25 CHILE 2019

COMITÉ CIENTÍFICO DE CAMBIO CLIMÁTICO