

# Oportunidades para lograr un desarrollo resiliente y bajo en carbono





**Chile es un país vulnerable a los efectos del cambio climático. El incremento de estos eventos climáticos, combinados con manejos no sustentables de los ecosistemas y recursos naturales, aumentan la vulnerabilidad a los impactos tanto de la sociedad, como de la economía chilena, su desarrollo y su competitividad en diversos sectores productivos.**

Para contribuir a la reducción de impactos climáticos, y un desarrollo verde y resiliente, Chile se propone alcanzar la carbono neutralidad al 2050, a través de un ambicioso Compromiso Nacional Determinado<sup>1</sup> y un marco regulatorio<sup>2</sup>. Estos compromisos apuntan a la reducción de riesgos y adaptación a impactos climáticos; la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en sistemas energéticos y productivos, y la protección a largo plazo de los sumideros naturales de carbono. El país también se comprometió a llegar a estas metas manteniendo una competitividad económica a largo plazo, y evitando el aumento de brechas entre los miembros de la sociedad.

Esta nota aborda los desafíos de gestión vinculados a la reducción de emisiones y riesgos de una transición a un desarrollo verde de la producción y a la extracción de recursos energéticos y a las propuestas para asegurar un desarrollo viable en el sector que asegure una contribución zero neta al 2050.

<sup>1</sup> Las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC por sus siglas en inglés) son los compromisos formales que con base en el Acuerdo de París, 195 países del mundo, incluyendo Chile, han tomado para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. El Acuerdo requiere que cada Parte prepare, comunique y mantenga las sucesivas NDCs que se proponga lograr. Las Partes adoptarán medidas nacionales de mitigación con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones.

<sup>2</sup> Proyecto de ley que fija Ley Marco de Cambio Climático, Boletín N° 13191-12



## **EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL DESARROLLO BAJO EN CARBONO COMO EPICENTRO DE LA TOMA DE DECISIONES.**

**El cambio climático ha puesto en riesgo el desarrollo sostenible de Chile a partir de los cambios ambientales ocasionados, cada vez más intensos, frecuentes y extremos, que provocan impactos severos sobre los recursos naturales de los cuales se sirve el país.**

Según el último informe del Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) sobre de los cambios físicos esperados por el cambio climáticos, las megas sequías que continúan afectando la región central de Chile desde 2010 están parcialmente asociadas al calentamiento global<sup>3</sup>. Así mismo, los glaciares de Chile han retrocedido durante las últimas décadas, con una tasa diferencial de alrededor de -0,72 metros para el período 2004-2019 debido al aumento de las temperaturas y una reducción considerable de las precipitaciones en la región. Siendo un país abundante en recursos naturales que aportan servicios esenciales al desarrollo de la sociedad y a la economía, el incremento de intensidad y frecuencia de estos eventos climáticos no solo aumentan la vulnerabilidad de la sociedad y de la economía chilena, pero ponen también en riesgo la competitividad país en diversos sectores productivos.

**Chile se ha comprometido a implementar acciones para llegar a la carbono neutralidad al 2050, por lo que descarbonizar su economía, sobre todo de las actividades productivas más contaminantes, y fomentar aquellos ecosistemas naturales que**

**contribuyen a ser sumideros de GEI, se vuelven prioritarios.** A través de su NDC, Chile se compromete a lograr la descarbonización de las actividades económicas más contaminantes en el país, como son la generación de energía, el transporte y la industria como es la minería. Otros compromisos en la NDC incluyen el fomento a los sectores que contribuyen a absorber las fuentes de GEI y preserven y restauren los ecosistemas naturales, ya que su conservación ayuda a regular el clima y contribuye a aumentar la resiliencia frente a catástrofes naturales.

**Sin embargo, la ruta hacia un desarrollo resiliente y bajo en carbono, que incluye la carbono neutralidad al 2050, debe contemplar un proceso inclusivo, evitando el aumento de brechas de inequidad social.** En particular, la gestión de una transición energética a emisiones netas cero dará lugar a cambios estructurales tanto en las competencias necesarias por las industrias como en los precios de los productos afectando directamente a la población más vulnerable, dependiendo de sus circunstancias sociales, geográficas, específicas y de integración laboral.

**Para responder este dilema, debe contemplarse una nueva estrategia que transforme al país en una economía resiliente y de crecimiento sostenible y, que le permita seguir manteniendo su competitividad al tiempo de alcanzar un desarrollo social más inclusivo.**

Esta nota identifica a continuación cuáles son los principales desafíos y recomendaciones propuestas.

<sup>3</sup> [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)

Garreaud y otros, 2017: The 2010–2015 mega drought in central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation.

Garreaud R.D. y otros, 2019: The central Chile mega drought (2010–2018): a climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40(1): 421–439, <https://doi.org/10.1002/joc.6219>.



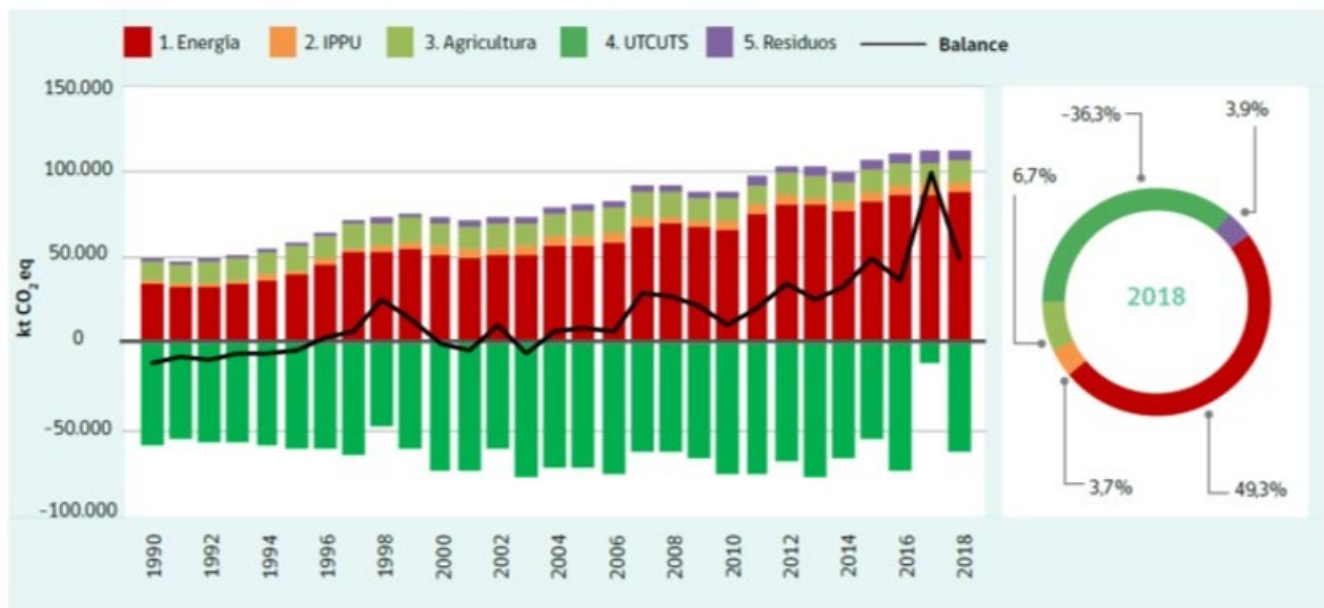
## PRINCIPALES DESAFÍOS

### 1.Reducir significativamente las principales fuentes de emisión y fomentar fuentes de absorción de carbono de la economía.

El sector de energía es responsable del 77% de las emisiones totales de GEI<sup>4</sup>, las cuales han aumentado en la última década (Figura 1) siguiendo el crecimiento económico del país. Dentro de las emisiones de energía, los subsectores de generación eléctrica y de calor (industrial y calefacción) son responsables por el 37.5% de las emisiones y el sector

de transporte por el 32.9%. Además, si Chile quiere llegar a la carbono neutralidad, es esencial mejorar la capacidad de los sumideros naturales del país, como los bosques y el sector forestal, para absorber los GEI. Así se favorecerán el arribo a un desarrollo verde, bajo en emisiones. Si el país quiere migrar a una economía carbono neutral y cumplir con los compromisos climáticos adquiridos, será clave reducir las emisiones en estos sectores, aumentar la capacidad de absorción a través de los ecosistemas naturales y desacoplar el crecimiento económico de ellas.

Figura 1: Inventario de GEI de Chile: Balance de GEI (ktCO<sub>2</sub>eq) por sector (1990-2018)



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA.

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del Ministerio del Medio Ambiente: <https://snichile.mma.gob.cl/principales-resultados/>

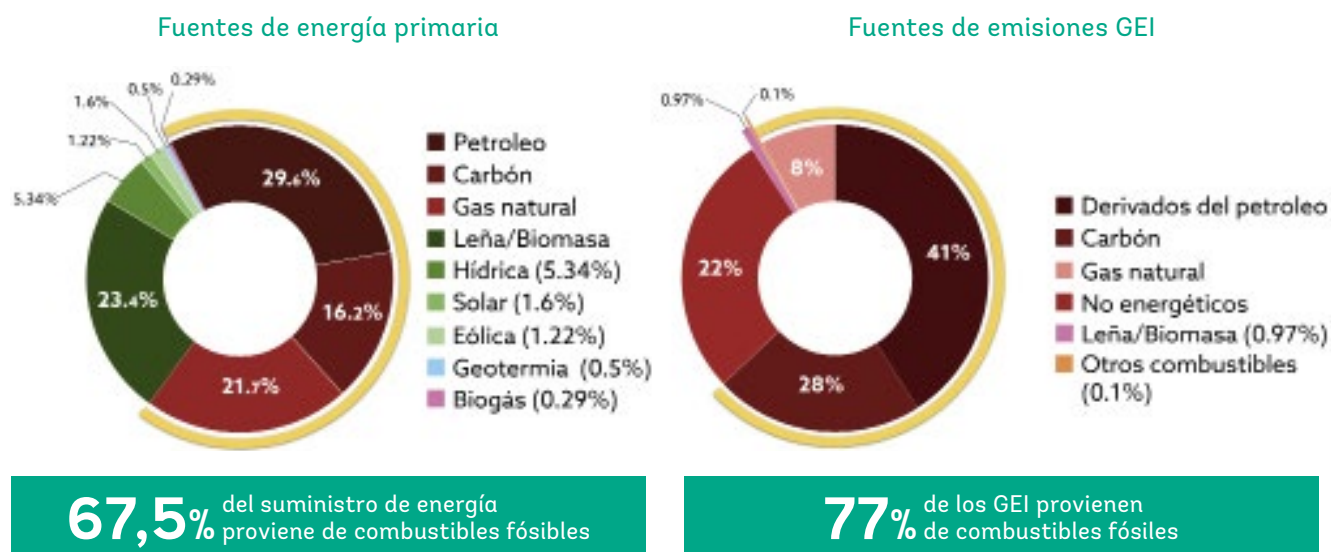
<sup>4</sup> Ministerio de Medio Ambiente (2020) Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile [con datos de 2018] [https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160\\_Chile-BUR4-1-Chile\\_4th%20BUR\\_2020.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf)



A pesar de considerables logros en el desarrollo de las energías renovables, la matriz eléctrica sigue dependiendo de combustibles fósiles para suministrar energía al país. El petróleo, carbón y gas natural aún representan un 67.5% de la generación y generan 77% de los GEI. Si bien el país se ha comprometido eliminar

las plantas de generación a carbón al 2040<sup>5</sup>, lo que disminuiría fuertemente las emisiones GEI, los riesgos climáticos asociados con la prolongada y continua sequía manifiestan la estrechez hídrica, una condición contraproducente para reducir la generación térmica con fuentes fósiles.

Figura 2. Fuentes de energía primaria en 2019 y Fuentes de emisiones GEI en 2018



Fuentes: Energía Abierta (2020) Balance Nacional de Energía [con datos de 2019]; Ministerio de Medio Ambiente (2020) Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile [con datos de 2018].

<sup>5</sup> El país se comprometió al cierre de plantas de generación a carbón al 2040 a través del Acuerdo Público-Privado de Energía Zero Carbón en 2019, el cual ya ha clausurado dos plantas por 400 MW, y espera cerrar 1,7 GW de capacidad al 2024, llegando a cerrar 5GW al 2040.



Los principales desafíos de la transición hacia un sistema eléctrico carbono neutral residirán en la adaptación del marco regulatorio que reconozca y remunere adecuadamente los servicios que otorguen flexibilidad para integrar altos porcentajes de energía renovable variable, así como superar restricciones de transmisión y almacenamiento de energía. Si Chile busca reemplazar los combustibles fósiles y lograr su meta de generar 70% de la energía eléctrica con fuentes renovables al 2030, tendrá entonces que desarrollar mecanismos para equilibrar la oferta y la demanda considerando la intermitencia de la energía renovable variable (ERV)<sup>6</sup> para poder ofrecer el servicio de electricidad en forma confiable, segura y eficiente desde el despacho hasta el consumo final. Por otra parte, a pesar de las inversiones en transmisión que se han realizado, aún hay vertimiento (pérdida) de energía renovable<sup>7</sup>. Si bien el acumulado del vertimiento de ERV para el 2020 fue de 133.1 GWh (1.5% del total generado), se destaca que también se ha reportado vertimiento solar y eólico desde el centro hacia el sur del país desde finales del 2020.

**Otra parte significativa del consumo de combustibles fósiles se da en el sector transporte, responsable por**

**Petróleo, carbón y gas natural representan un 67,5% de la generación energética y generan 76% de los Gases de Efecto Invernadero.**

**el 33% de las emisiones de GEI del país, afectando los niveles de contaminación en las principales ciudades<sup>8</sup>.** Durante las restricciones provocadas por la pandemia COVID-19 se mejoró significativamente la calidad del aire en Santiago, denotando la urgencia de adoptar medios de transporte limpios. Chile cuenta con la Estrategia Nacional de Electromovilidad 2018 que busca contribuir con la descarbonización comprometiéndose a electrificar el 100% de los buses de transporte público y el 40% de la flota vehicular nacional al 2050.

En la actualidad, la ciudad de Santiago tiene la mayor penetración de electromovilidad en el transporte público, pero únicamente cuenta con 776 buses eléctricos en operación<sup>9</sup>. Esto sólo representa el 10% de la flota total circulante<sup>10</sup> y se espera que esta cifra aumente al 32% (2,030 buses) cuando culmine la actual licitación. Además de los buses eléctricos, Santiago cuenta con una red de metro con trenes eléctricos que se complementa con una expansión de nuevas líneas de trenes de cercanías con trenes eléctricos. Si Chile busca alcanzar el objetivo de carbono neutralidad y reemplazar el consumo de combustibles fósiles en el transporte, entonces habrá de enfrentar el reto de masificar la electrificación de este sector en todo el país y encontrar modelos de negocios adecuados desde lo operativo en ciudades

<sup>6</sup> Los recursos eólicos y solares son variables por naturaleza. Esto hace que sea difícil generar y despachar la electricidad en los momentos precisos en que los consumidores la necesitan, a diferencia de las centrales eléctricas convencionales a base de combustibles fósiles donde el combustible se almacena y puede procesarse casi de manera inmediata, ofreciendo así lo que tradicionalmente se conoce como capacidad firme o de base.

<sup>7</sup> De acuerdo al Boletín Informativo No3 2020, Val gesta Energía, basado en los Informes de Novedades del Centro de Despacho de Carga reportados por el Coordinador Eléctrico Nacional, aun después de la entrada en operación de la línea de transmisión Cardones-Polpaico, existe vertimiento en generación renovable a partir de agosto de 2019.

<sup>8</sup> <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPanish.pdf>

<sup>9</sup> <https://www.cne.cl/prensa/prensa-2021/04-abril-2021/gobierno-presenta-nuevo-acuerdo-para-impulsar-la-electromovilidad/>

<sup>10</sup> <https://www.uchile.cl/noticias/172799/electromovilidad-un-mejor-futuro-para-nuestras-ciudades>





menores que sufren, además, los mayores niveles de contaminación atmosférica en el país (concentradas en la zona centro-sur).

**El sector industrial - con relevancia en particular del sector minero- es responsable por el 18.8% de los GEI a nivel nacional afectando no sólo la calidad ambiental sino su competitividad en el mediano plazo.** Los procesos del sector industrial, como la minería<sup>11</sup> y la manufactura en general, requieren de fuentes energéticas con alta capacidad térmica (calor). La electrificación no es opción en estos casos siendo entonces los combustibles fósiles la opción de uso para los procesos que necesitan alto nivel calorífico. Los GEI en el sector industrial han aumentado un 35% desde el año 2013 debido principalmente, al crecimiento de la extracción del cobre<sup>12</sup>. El Consejo Minero, que representa el 97% de la producción nacional de cobre, ha comprometido voluntariamente metas para reducir emisiones. Este compromiso se ha dado fundamentalmente en los consumos que representan emisiones indirectas y no así en aquellos que son directos en la sustitución de combustibles fósiles (de metano y óxido nitroso) en sus operaciones. Estos consumos están asociados al uso de diésel durante

el proceso de acarreo y transporte en las faenas mineras de rajo abierto<sup>13</sup> y se han más que duplicado desde el 2001<sup>14</sup>. La sustitución de combustibles fósiles en sus operaciones aportaría al cumplimiento de los objetivos de Chile de llegar a la carbono neutralidad al 2050 y tendría un notable impacto: cada camión minero consume cerca de 2,500 litros de diésel/día. Habiendo en Chile aproximadamente mil de estos camiones, su consumo equivale a una demanda diaria de 2.500 MW, un 20% (aprox.) de la demanda eléctrica del país.

**Los sumideros terrestres y marinos de carbono enfrentan el desafío de mantener su potencial de absorción de GEI en el medio y largo plazo.** En Chile, los ecosistemas forestales son el principal sumidero de carbono terrestre, pero su capacidad de retener GEI se ha visto impactada por la degradación de los bosques nativos y el manejo no sustentable de plantaciones forestales<sup>15</sup>. En 2017, Chile sufrió grandes incendios en tierras forestales<sup>16</sup>, lo que causó que se liberara carbono secuestrado y disminuyera la absorción de los GEI (Figura 1), sólo absorbiendo 11.7TCo<sub>2</sub>e<sub>q</sub> netos, equivalente a cerca de un 15% del promedio de absorción desde el 2010<sup>17</sup>. Además, los

<sup>11</sup> El término minería incluye la minería del cobre así como la extracción del litio para baterías eléctricas.

<sup>12</sup> <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPanish.pdf> p. 89

<sup>13</sup> La mayoría de las faenas mineras en Chile son de rajo abierto, que es la explotación en la superficie del yacimiento para obtener materia prima que luego es transportada a las plantas de proceso dentro de los complejos mineros. Estos procesos son altamente intensivos en el consumo de energía y electricidad, y diésel.

<sup>14</sup> <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20GEI%20Directos%20e%20Indirectos%20%202019%20Final%20con%20RPI.pdf> . mientras que la producción del cobre, en igual periodo, se incrementó solo en un 22.1%.

<sup>15</sup> <https://documents1.worldbank.org/curated/en/466411591268480067/pdf/Chile-s-Forests-A-Pillar-for-Inclusive-and-Sustainable-Development.pdf>

<sup>16</sup> Los incendios forestales que afectaron a la zona centro y sur del país durante el 2017 afectaron a cerca de 570,000 hectáreas de tierras forestales, cultivos y pastizales principalmente. Solo los incendios forestales del 2017 contabilizaron 57,406 kT CO<sub>2</sub> eq de emisiones, lo que equivale a más de lo que emitieron los sectores de transporte Terrestre y generación eléctrica durante el mismo año. <https://snichile.mma.gob.cl/principales-resultados>

<sup>17</sup> <https://snichile.mma.gob.cl/principales-resultados/>



ecosistemas marino-costeros del país tienen una capacidad de captación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) alta por la existencia de bosques de macroalgas<sup>18</sup>, la cual se puede estar viendo afectada debido a, principalmente, a la sobre explotación de los recursos marinos. El potencial de los ecosistema marino-costeros del país se puede estar desaprovechando por falta de registros y de información que sustente los beneficios que otorgan estos reservorios de carbono<sup>19</sup>.

## 2. Vulnerabilidad social derivada de la pobreza energética y del nuevo paradigma de la carbono neutralidad

**El alto uso en la quema de biomasa para calefacción de hogares y la consecuente contaminación del aire en muchas ciudades en las zonas central y sur de Chile dan cuenta de la pobreza energética existente en el país.** El uso de leña o biomasa representa un 23.4% de la energía primaria en el país. En ciertas ciudades de las regiones centro-sur de Chile, como Temuco, Osorno o Coyhaique, esta quema es responsable principal de la contaminación del aire ya que el 85% del material particulado fino proviene de la quema de leña húmeda<sup>20</sup>. Más del 50% de la población nacional está expuesta a niveles de contaminación por sobre el estándar nacional de calidad de aire, causando más

de 3,600 muertes prematuras al año<sup>21</sup>. Esta situación refleja la inequidad y pobreza energética existente: más de 1 millón de hogares a nivel nacional llegan a gastar hasta el 30% de sus ingresos en calefacción durante el invierno y viven con una temperatura promedio de 4.5 C por debajo bajo la temperatura de confort (considerada entre 18 C y 22 C)<sup>22</sup>.

**La transición hacia el desarrollo bajo en carbono trae consigo unos procesos de transición laboral que requiere ser manejada adecuadamente para evitar el aumento de la inequidad social.** El Acuerdo de Energía Zero Carbón mediante el cual se cerrará 5GW de generación a carbón al 2040 afectará cerca de 14,000 empleos relacionados<sup>23</sup> y ello implica capacitar a esta fuerza laboral en tecnologías nuevas e innovadoras para absorberla desde una mirada más justa. El cierre de las centrales no sólo trae dilemas sociales vinculados a la pérdida de empleos, sino también económicos y ambientales, como son la falta de desarrollo de nuevas actividades productivas que generen medios de vida a los pobladores y la necesidad de restaurar aquellas áreas del país llamadas Zonas de Sacrificio que tienen una concentración masiva de industrias contaminantes que operan con carbón.

<sup>18</sup> <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/639801592984216703/evaluacion-bibliografica-del-potencial-de-mitigacion-y-adaptacion-al-cambio-clim%C3%A1tico-de-los-ecosistemas-marinos>; <https://documents1.worldbank.org/curated/en/775281594794389572/pdf/Propuesta-de-Hoja-de-Ruta-para-el-Carbono-Azul-en-Chile.pdf>

<sup>19</sup> <https://documents1.worldbank.org/curated/en/775281594794389572/pdf/Propuesta-de-Hoja-de-Ruta-para-el-Carbono-Azul-en-Chile.pdf>

<sup>20</sup> Energía, electricidad y urgencia climática Los desafíos de Chile (generadoras.cl) y Quinto Reporte del estado del Medio Ambiente – SINIA (mma.gob.cl)

<sup>21</sup> <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>

<sup>22</sup> <http://redesvid.uchile.cl/pobreza-energetica/estudio-indicadores-pobreza-energetica/>

<sup>23</sup> Se estima que las comunas de Coronel, Huasco, Iquique, Mejillones, Puchuncaví y Tocopilla, donde se localizan estas unidades termoeléctricas, serán las más afectadas. Véase <https://energia.gob.cl/mini-sitio/estrategia-de-transicion-justa-en-energia>





Más de 1 millón de hogares a nivel nacional gastan hasta el 30% de sus ingresos en calefacción y viven con una temperatura promedio de 4.5 C por debajo bajo la temperatura de confort.



# RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

A partir de los principales desafíos desarrollados en las líneas anteriores, hemos desarrollado una serie de recomendaciones de política

## PROSEGUIR Y AHONDAR EN LA DESCARBONIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE GEI Y MEJORAR LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS SUMIDEROS NATURALES PARA LOGRAR UN DESARROLLO ECONÓMICO BAJO EN CARBONO Y RESILIENTE

**1. Efectuar cambios al marco regulatorio y aumentar la infraestructura de transmisión para permitir la masificación de la energía renovable y una mayor electrificación de la economía.** La meta de generar 70% de la energía con fuentes limpias al 2030 necesitará de una gestión eficaz de las ERV a gran escala. Esto requiere desarrollar mecanismos regulatorios que introduzcan condiciones habilitantes para reconocer los servicios complementarios<sup>24</sup> y aporten flexibilidad a la matriz eléctrica. Ello incluye desarrollar un marco normativo que (i) provea de mecanismos económicos de compensación para los sistemas complementarios del sistema eléctrico; (ii) incentive la inversión en tecnologías que compensen la variabilidad del sistema eléctrico, como el almacenamiento con baterías y/o hidrógeno verde; y (iii) determine precios óptimos de energía producida en un corto lapso que incentiven a los generadores a tener capacidad suficiente de producción en caso de emergencia en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Asimismo, que robustezca la infraestructura de transmisión para sostener y fortalecer la integración masiva de energías renovables y posibilitar el retiro

del carbón. Evaluar las restricciones de transmisión para lograr mayor incorporación de ERV es algo que están haciendo países como EEUU y la Unión Europea en sus planes de acción hacia la descarbonización<sup>25</sup>.

**2. Acelerar la implementación de acciones que impulsen la electromovilidad del transporte público urbano y suburbano en el país, adaptando la experiencia de Santiago y que intensifiquen la producción y utilización de combustibles limpios en el sector del transporte.** Chile desarrolló un novedoso modelo de negocio que permitió separar la operación de los buses de la provisión o compra de los mismos, incorporando nuevos actores dispuestos a invertir en tecnologías para buses eléctricos. El Gobierno estableció una tarifa eléctrica adecuada para la potencia y el consumo eléctricos requeridos por la flota de buses, que ha sido exitosa en Santiago<sup>26</sup>. Sin embargo, la masificación de este modelo de negocio en todo el país necesita mayores incentivos como: (i) tener un sistema organizado a través de una entidad que congregue a los distintos operadores con flotas pequeñas y fragmentadas que existen en las ciudades de las dieciséis regiones; (ii) desarrollar un proceso de licitaciones de transporte público que incluya buses eléctricos; y (iii) financiar la compra de buses por una entidad distinta, que permita la escalabilidad para mejorar las condiciones de crédito. Además de las inversiones en flota de buses eléctricos y sistemas metro, el Gobierno adelanta un ambicioso programa de inversiones denominado Chile sobre Rieles. Este programa, a cargo de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE), busca triplicar el movimiento de pasajeros en líneas de trenes suburbanos (cercanías) con flota eléctrica nueva. Para transporte de carga

<sup>24</sup> Servicios Complementarios son aquellos productos necesarios garantizar la seguridad, calidad y eficiencia económica del sistema

<sup>25</sup> Ver "Accelerating Decarbonization of the U.S. Energy System" de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine y "Transformation of Europe's power systems by 2050" de McKinsey & Company

<sup>26</sup> <http://hdl.handle.net/10986/34435>



pesado o de larga distancia el cual tiene limitaciones para electrificar, el uso de los combustibles limpios como los derivados del H2 verde será catalizador para reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Si se desea impulsar el hidrógeno y otros combustibles derivados o limpios, entonces será primordial establecer una normativa que incentive su uso, tal como lo hace California a través de los Estándares de Combustible Bajo en Carbono, que tiene como meta reducir la carbono intensidad de los combustibles empleados en el sector del transporte a 20% al 2030; y la Directiva de Energía Renovable de la Unión Europea que tiene una meta de aumentar el uso de combustibles de bajo carbono en el sector de transporte en un 14% al 2030. Además, el uso de instrumentos económicos para acelerar la adopción y uso de combustibles limpios, como el impuesto verde en el consumo de diésel para ciertos sectores de transporte, podría ayudar a nivelar la cancha generando el nuevo mercado de energéticos limpios.

**3. Reducir las emisiones del sector industrial minero a través del uso del hidrógeno verde.** Dada la etapa naciente del desarrollo de hidrógeno verde, el sector minero es ente comprador (off taker) de relevancia para acelerar el desarrollo y escala de esta nueva tecnología para que su producción sea costo competitiva. Además, su uso más el de sus derivados en las operaciones propias de la industria minera permitirá descarbonizar su cadena de valor, y apoyar una minería más sostenible y verde. El compromiso de la minería con el desarrollo del hidrógeno verde

permitirá acelerar su adopción en el país, lo que a la vez facilitará a Chile posicionarse como un exportador líder a nivel mundial<sup>27</sup>, en línea con la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde<sup>28</sup>. En Sudáfrica, ENGIE y Anglo American están desarrollando el primer piloto de camión de extracción (CAEX) minero impulsado por hidrógeno verde y esperan expandir su uso a la flota de 40 camiones mineros en Mogoakwena, para reemplazar el combustible fósil por tanques y celdas de combustible limpio a base de hidrógeno verde<sup>29</sup>. Si se busca bajar el costo de producción de cada kilo de hidrógeno verde producido y mejorar así su desarrollo a escala comercial, para continuar descarbonizando otros sectores industriales difíciles de abatir, entonces será esencial la constitución de un fondo, como un instrumento financiero facilitador que apoye el financiamiento de proyectos de hidrógeno verde.

**4. Fortalecer la gestión sostenible de los ecosistemas terrestres para mejorar la capacidad de absorción de GEI.** La protección y gestión sostenible a nivel local de los ecosistemas terrestres, permite preservar servicios ambientales clave<sup>30</sup> de los bosques y otros hábitats críticos, incluyendo el secuestro de carbono y aquellos relacionados a la biodiversidad. Para esto, además del cumplimiento de los compromisos planteados en la NDC, es recomendable la implementación de un marco institucional de protección de ecosistemas y sus servicios ambientales, como es la propuesta de Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). Esto, en conjunto con políticas que escalen a nivel nacional los resultados exitosos en manejo sostenible de tierras y

<sup>27</sup> <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2019/10/07/changing-mining-practices-and-greening-value-chains-for-a-low-carbon-world>

<sup>28</sup> [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

<sup>29</sup> <https://www.angloamerican.com/-/media/Files/A/Anglo-American-Group/PLC/investors/annual-reporting/2021/aa-annual-report-full-2020.pdf>; <https://www.atlanticcouncil.org/event/esis-with-anglo-american-pathways-to-a-global-hydrogen-economy/>

<sup>30</sup> Entre los servicios ambientales de los ecosistemas forestales, se encuentra el secuestro de carbono, mejora de la calidad y disponibilidad de aguas, y mayor conservación de la biodiversidad, entre muchos otros, más información: <http://www.fao.org/3/i6003s/i6003s.pdf>

# RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

bosques para pequeños y medianos propietarios<sup>31</sup>; la actualización permanente de la normativa forestal basada en conocimiento; y asegurar el buen monitoreo y cumplimiento de las directrices nacionales y sus guías de ordenación forestal<sup>32</sup>, permitirá que cada uno de los sectores de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra<sup>33</sup> contribuyan ampliamente a los esfuerzos de mitigación nacionales. A nivel global, varios países han incorporado de manera integrada estas políticas de manejo, como México que avanzó en la gestión comunitaria de bosques con el desarrollo de capacidades en instituciones locales y de nuevos mercados; o China, donde se trabajó por recuperar suelos altamente degradados a causa de malas prácticas forestales, generando nuevos empleos y capturas de carbono a largo plazo.

**5. Fortalecer la gestión sostenible de los sistemas marino costeros y poder aumentar la capacidad de absorción de GEI.** Si se procura lograr mejoras en la absorción de GEIs, entonces se recomienda evaluar implementar el Programa de la Política Oceánica Nacional<sup>34</sup>, las recomendaciones de la Hoja de Ruta para el Carbono Azul en Chile<sup>35</sup>, y el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP). Como punto inicial, se propone la instauración de un registro integral nacional con información del estado ambiental y biológico de los ecosistemas marino costeros, que

ayude a contabilizar el volumen de CO2 secuestrado y demuestre los beneficios del carbono azul. En países como Australia<sup>36</sup> y Estados Unidos<sup>37</sup>, el carbono azul está siendo integrado de forma incremental en las políticas públicas a través de metodologías y hojas de ruta para su desarrollo. Además, debido a que los bosques submarinos de la Patagonia contienen un tercio de los bosques de macroalgas costeras del mundo, siendo equivalentes a un Amazonas submarino por su biodiversidad y captura de carbono<sup>38</sup>, el país puede desarrollar políticas para proteger estas áreas como un patrimonio climático de la humanidad, generando registros específicos de estos reservorios que ayuden a su conservación y manejo sostenible.

**6. Consolidar instrumentos de precios al carbono como herramienta de acción climática que, junto a presupuestos asignados a emisión de carbono, apoyen al reemplazo de los combustibles fósiles y la conservación y manejo sostenibles de ecosistemas forestales y marino costeros.** Si se pretende seguir reemplazando a los combustibles fósiles, se recomienda que el país continúe con los esfuerzos de desarrollar y perfeccionar instrumentos de precio al carbono en los diferentes sectores productivos que concentran emisiones y con la consolidación de mecanismos costo eficientes como son los sistemas de compensaciones y comercio de emisiones<sup>39</sup> que

<sup>31</sup> Por ejemplo, generación de instrumentos de planificación, capacitaciones e implementación de mejoras para instrumentos de fomento para el mejor manejo de bosques y de la tierra, con base en las experiencias del Proyecto GEF Manejo Sustentable de la Tierra apoyado por el Banco Mundial e implementado por CONAF. Más detalles sobre esta iniciativa y otras asociadas en: Country Forest Note Chile, 2020.

<sup>32</sup> Política Nacional Forestal 2015- 2035 <https://www.conaf.cl/wp-content/uploads/2020/12/6-Politica-forestal-2015-2035.pdf> y Protocolo de Plantaciones Forestales [https://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1511383027SegundoInformeProtocoloPlantaciones13Julio.pdf](https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1511383027SegundoInformeProtocoloPlantaciones13Julio.pdf)

<sup>33</sup> Reconocidos por las sigla en inglés de AFOLU, Agriculture, Forestry, and Land Use [https://ghginstitute.org/wp-content/uploads/2015/04/Understanding\\_Land\\_Use\\_in\\_the\\_UNFCCC.pdf](https://ghginstitute.org/wp-content/uploads/2015/04/Understanding_Land_Use_in_the_UNFCCC.pdf); [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards\\_supporting\\_AFOLU%20-%20Additional%20Guidance.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting_AFOLU%20-%20Additional%20Guidance.pdf)

<sup>34</sup> <https://www.acanav.cl/wp-content/uploads/2020/12/Pol%C3%ADtica-Oce%C3%A1nica-Nacional-de-Chile.pdf>

<sup>35</sup> <http://documents1.worldbank.org/curated/en/775281594794389572/pdf/Propuesta-de-Hoja-de-Ruta-para-el-Carbono-Azul-en-Chile.pdf>

<sup>36</sup> <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/ERF/Pages/Method%20development%20tracker/Blue-carbon.aspx>

<sup>37</sup> <https://oceanservice.noaa.gov/ecosystems/coastal-blue-carbon/>

<sup>38</sup> <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/4/694>

<sup>39</sup> <http://www.precioalcarbonochile.cl/en/sobre-el-proyecto/iniciativa-pmr>

a la vez propicien el desarrollo de tecnologías de innovación limpias como lo es el hidrógeno verde. El sector de energía y el forestal han desarrollado un sistema exitoso de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de secuestro de carbono y reducción de emisiones<sup>40</sup> que se puede expandir a otros sectores, como el marino costero para la captura del carbono azul, y permitir su acceso a mercado de carbono. Estas acciones deben ir aparejadas con los presupuestos de carbono sectoriales, los cuales permiten identificar y determinar esa asignación para cada sector productivo en Chile<sup>41</sup>.

### **FORTALECER Y REFORZAR UN DESARROLLO SOCIAL INCLUSIVO Y RESILIENTE PARA LA TRANSICIÓN HACIA UN DESARROLLO BAJO EN CARBONO.**

**7. Trabajar en más políticas para reducir la pobreza energética** a través de iniciativas y programas que brinden calefacción y electricidad sostenibles y accesibles, así como analizar los parámetros de consumo para evaluar la competitividad de los costos de la calefacción eléctrica a partir de la ya avanzada implementación de políticas que ofrecen descuentos en la tarifa eléctrica en las regiones con alto índice de concentración de contaminación atmosférica<sup>42</sup>. Si la búsqueda de la reducción de la pobreza energética es sostenida, entonces será crítico complementar estas iniciativas<sup>43</sup> con medidas de eficiencia energética en las viviendas, que ayuden a la conservación del calor y disminuyan el consumo energético trayendo también beneficios económicos, sociales y de salud, tal como lo hacen varios países OCDE.

**8. Fomentar políticas que aseguren una transición justa, como fue establecido en el pilar social de**

**su NDC<sup>44</sup>**, brindando oportunidades a la población afectada por las medidas de descarbonización (comunidades que dependen de los combustibles fósiles), a través de programas que incorporen su reconversión laboral con la generación de empleos de alta calidad, la protección social y el desarrollo local, proveyendo a los trabajadores con nuevas capacidades técnicas, que les permitan incorporarse en los sectores bajos en carbono, siempre incluyendo criterios de equidad de género y apoyando a grupos vulnerables. Si Chile alcanza su objetivo de carbono neutralidad para 2050, se podrían generar 42.000 nuevos empleos al 2024. Además, la demanda en 2021 de recursos humanos en el sector energético sostenible ya ha creado 12.500 plazas de trabajo en el país<sup>45</sup>. Se estima que la industria del hidrógeno puede generar 100.000 nuevos empleos en las siguientes dos décadas, y por cada empleo directo la creación de un empleo indirecto<sup>46</sup>.

**9. Implementar un modelo participativo, comprehensivo, transparente e inclusivo en la generación de políticas que apoyen el desarrollo sostenible y bajo en carbono**, garantizando que las políticas cuenten con la aceptación de la sociedad, el empoderamiento de los gobiernos regionales, el apalancamiento institucional y que no dejen a alguna comunidad en una situación de rezago. La Ley Marco de Cambio Climático, que se encuentra en sus últimas fases de tramitación legislativa y la Estrategia Climática de Largo plazo, contribuirán a estos objetivos, estableciendo el marco legislativo y hoja de ruta para la implementación de estrategias de descarbonización que contribuyan al desarrollo sostenible de toda la sociedad.

<sup>40</sup> <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/12/05/world-bank-and-chile-sign-agreement-to-reduce-forest-emissions-improve-local-livelihoods>

<sup>41</sup> <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/20210121-Minuta-Presupuestos-de-carbono-sectoriales.pdf>

<sup>42</sup> <https://www.revistaei.cl/2020/08/12/enel-colbun-y-acciona-se-adjudican-licitacion-electrica-para-reemplazar-lena-en-el-sur/>

<sup>43</sup> Ejemplo de ello son: los procesos de licitación de energía eléctrica que ha implementado la Comisión Nacional de Energía (CNE) para reducir los costos de las facturas de consumo eléctrico y sustituir la leña húmeda por la electrificación de la calefacción.

<sup>44</sup> [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC\\_Chile\\_2020\\_espan%CC%83ol-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf)

<sup>45</sup> <https://www.revistaei.cl/2021/04/22/energia-en-2024-se-estima-crear-42-000-empleos-de-los-cuales-ya-son-necesarios-12-500-para-este-ano/>

<sup>46</sup> <https://www.4echile.cl/publicaciones/cuantificacion-del-encadenamiento-industrial-y-laboral-para-el-desarrollo-del-hidrogeno-en-chile/>





## ENTRANDO EN ACCIÓN

Tema	Desafío	Recomendación
Establecimiento de un marco para la acción climática en el país.	Generación e implementación de políticas públicas de largo plazo participativas y con una visión estratégica para el país, en línea con las NDC.	Acelerar la aprobación de la Ley Marco de Cambio Climático, y la finalización de la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP).
Descarbonización de los sectores emisores de la economía, como son la matriz eléctrica, transporte y sector industrial	Profundizar la transición energética e incrementar las energías renovables para fomentar la electrificación de la economía	Realización de cambios al marco regulatorio con incentivos adecuados para asegurar un sistema eléctrico flexible, confiable y asequible, así como una revisión a la infraestructura de transmisión
	Descarbonizar el sector transporte	Fomentar la electromovilidad en el transporte público urbano y suburbano a nivel nacional y la producción y la utilización de combustibles limpios como el hidrógeno para transporte de carga y larga distancia.
	Descarbonizar el sector industrial- foco en minería	Fomentar la descarbonización del sector industrial, en particular la minería, a través del uso del hidrogeno verde y sus derivados en las operaciones mineras.
Sumideros de carbono, terrestres y marinos, como absorbentes de GEI	Mantener y mejorar la capacidad de retención de GEIs amenazada por degradación de bosques nativos y manejo no sustentable de los ecosistemas marino-costeros.	Fomentar un manejo sostenible de ecosistemas terrestres y marino-costeros, por ejemplo, priorizando el proyecto de ley para la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), y ampliando el registro de ecosistemas (marinos, turberas y otros) en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI).
Desarrollo social inclusivo y resiliente para un desarrollo bajo en carbono.	Combatir la pobreza energética a través de políticas que brinden una calefacción limpia y sostenible	Electrificación de la calefacción, con medidas de eficiencia energética en hogares para brindar calefacción sostenible no contaminante y con costo accesible en ciudades de la zona centro-sur.
	Retos procedentes del plan de cierre de centrales termoeléctricas a carbón	Transición justa hacia la descarbonización que brinde la oportunidad de nuevos empleos de mayor habilidad y alcanzar la cohesión social en el país.
	Políticas públicas que carecen de acogida social y generan conflictos sociales.	Generar políticas participativas para lograr su aceptación entre la sociedad y los gobiernos regionales.



