

# Mitigación de carbono negro en la actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada de Chile

(CR)<sup>2</sup> | Center for Climate and Resilience Research

## Anexos



## PRESENTACIÓN

---

En el contexto del Acuerdo de París, Chile está revisando su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés). Bajo ese marco, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2, <http://www.cr2.cl/>), de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, está apoyando a la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en el diseño, evaluación y justificación —mediante la implementación de un enfoque metodológico— de una meta de reducción cuantificada de carbono negro (BC, por sus siglas en inglés), integrable y consistente con la meta de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Para ejecutar este apoyo se ha suscrito un acuerdo entre las partes a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El mismo está en el marco de la implementación de iniciativas de acción y planificación nacional (*Supporting National Action and Planning on Short-Lived Climate Pollutants*, SNAP) que promueve la Coalición de Aire Limpio y Clima (CCAC, <https://www.ccacoalition.org/>).

Aquí se presentan los anexos del informe extendido.

---

### Citar como:

Gallardo, L., Basoa, K., Tolvett, S., Osses, M., Huneus, N., Bustos, S., Barraza, J., Ogaz, G. (editores) (2020), Mitigación de carbono negro en la actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada de Chile: Informe extendido y anexos. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia para el Ministerio del Medio Ambiente a través de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la iniciativa *Supporting National Action and Planning on Short-Lived Climate Pollutants* (SNAP), 116 pp. Disponible en: <http://www.cr2.cl/carbononegro/>

## EQUIPOS RESPONSABLES

### a) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia

- Laura Gallardo (Directora de Proyecto), Profesora Titular, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Investigadora Principal
- Sebastián Tolvett (Director Alterno de Proyecto), Académico Asociado, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica Metropolitana, Investigador Adjunto
- Kevin Basoa (Investigador), Ingeniero de Proyecto, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica Metropolitana, Ingeniero
- Nicolás Huneus (Investigador), Profesor Asistente, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Investigador Asociado
- Mauricio Osses (Investigador), Académico del Departamento Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Investigador Adjunto
- Susana Bustos, Ingeniera civil industrial (Gestión de proyectos)
- José Barraza, periodista (Divulgación)
- Giselle Ogaz, diseñadora gráfica (Diseño)

El equipo cuenta con el apoyo científico de Luisa T. Molina, *Molina Center for Energy and the Environment* (<http://www.mce2.org/es>) en calidad de asesora externa.

### b) Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente

- Jenny Mager, encargada de Mitigación e Inventarios
- Bruno Campos, profesional de Mitigación e Inventarios
- Richard Martínez, profesional de Mitigación e Inventarios
- Carmen G. Contreras, de Mitigación e Inventarios

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Presentación	i
Presentación	ii
Equipos responsables	iii
a) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia	iii
b) Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras	iv
Índice de Tablas	v
I. Anexo 1: Revisión de antecedentes	1
1) Resumen	1
2) Fichas de documentos revisados	2
c) Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre el Cambio Climático	2
d) Ruta Energética 2018 – 2022	5
e) Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022	11
f) Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía	14
g) Apoyo a la Iniciativa para el Plan de Mitigación de los Contaminantes Climáticos de Vida Corta en Chile	20
h) Evaluación de la Reducción de carbono Negro CCAC	22
i) Estrategia de planes de Descontaminación Atmosférica	24
II. Ajuste para emisiones de generación eléctrica	34
III. Estimación de impactos sobre mortalidad	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ann. Fig 1. Emisiones por sector de carbono negro (MMA, 2017a). Otros: Generación de Electricidad, extracción y refinación de hidrocarburos, procesos industriales, residuos sólidos. Otros Transportes: Aéreo, Ferrocarril, Marítimo.	20
Ann. Fig 2. Participación porcentual de cada sector en las emisiones de carbono negro (MMA, 2017a).	21
Ann. Fig 3. Calibración de escenarios oficiales y evaluados en este estudio	34
Ann. Fig 4. Muertes prematuras anuales producto de la exposición a material particulado totalmente respirable, para los 3 escenarios.	35
Ann. Fig 5. Concentraciones de MP <sub>2,5</sub> a la cual está expuesta una persona, para los 3 escenarios.	35

Ann. Fig 6. Concentraciones de MP<sub>2,5</sub> según contaminante para los 3 escenarios, políticas actuales (panel izquierdo), carbono neutralidad (centro) y Neutralidad + (panel derecho). 36  
 Ann. Fig 7. Repartición etaria de Chile desde el 2010 al 2050, excluye el rango de edad mayor a 5 años y menor a 30 años..... 37  
 Ann. Fig 8. Muertes prematuras por rango etario para los 3 escenarios, políticas actuales (panel izquierdo), carbono neutralidad (centro) y carbono neutralidad + (panel derecho).. 37

## INDICE DE TABLAS

Ann. Tabla 1. Lista de documentos indicados por el Ministerio de Medio Ambiente para ser revisados en este estudio..... 1  
 Ann. Tabla 2. BUR 2018..... 2  
 Ann. Tabla 3. Ruta energética 2018-2022..... 5  
 Ann. Tabla 4. Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022..... 11  
 Ann. Tabla 5. Plan de mitigación de gases de efecto invernadero para el sector energía .... 14  
 Ann. Tabla 6. Evaluación de reducción de carbono negro (CCAC) ..... 22  
 Ann. Tabla 7. Estrategia de planes de descontaminación atmosférica..... 24

## I. ANEXO 1: REVISIÓN DE ANTECEDENTES

### 1) Resumen

Ann. Tabla 1. Lista de documentos indicados por el Ministerio de Medio Ambiente para ser revisados en este estudio.

Documento	Institución responsable	Ente ejecutor
Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre el Cambio Climático.	Ministerio del Medio Ambiente.	Ministerio del Medio Ambiente. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
Ruta Energética 2018 – 2022.	Ministerio de Energía.	Ministerio de Energía.
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.	Ministerio del Medio Ambiente.	Ministerio del Medio Ambiente.
Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía.	Ministerio de Energía.	Ministerio de Energía. <i>Partnership for Market Readiness (PMR).</i> Banco Mundial..
Apoyo a la Iniciativa para el Plan de Mitigación de los Contaminantes Climáticos de Vida Corta en Chile.	Ministerio del Medio Ambiente	Dictuc. Pontificia Universidad Católica de Chile Universidad Técnica Federico Santa María.
Evaluación de la Reducción de carbono Negro CCAC.	Ministerio del Medio Ambiente.	Ministerio del Medio Ambiente. Climate and Clear Air Coalition (CCAC).
Estrategia de planes de Descontaminación Atmosférica.	Ministerio del Medio Ambiente.	Ministerio del Medio Ambiente. Superintendencia del Medio Ambiente.

## 2) Fichas de documentos revisados

### a) Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre el Cambio Climático

Publicación: 2018

Propósito

Se desarrolla el tercer informe bienal de actualización para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-4-informe-bienal-de-actualizacion-de-chile/>

Ann. Tabla 2. BUR 2018

Sector	Medidas
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administración de sistema concesional de energía geotérmica.</li> <li>- Ley de ERNC.</li> <li>- PEEEP.</li> <li>- Plataforma de información de energías renovables.</li> <li>- Sistemas solares térmicos en viviendas nuevas y viviendas sociales existentes.</li> <li>- Ley de Facturación Neta.</li> <li>- PAEE 2020.</li> <li>- Etiquetado de EE y estándares mínimos.</li> <li>- Recambio alumbrado público.</li> <li>- Programa “Más Leña Seca”.</li> <li>- Mejoramiento de suministro en zonas aisladas.</li> <li>- Promoviendo el desarrollo de la energía a biogás en pequeñas y medianas agroindustrias seleccionadas en las regiones de Los Ríos y Los Lagos (Biogás sector lechero).</li> <li>- Fondo de Acceso a la Energía.</li> <li>- Programa Comuna Energética.</li> <li>- Sistemas solares térmicos en viviendas de los Programas de Reconstrucción.</li> <li>- Programa Techos Solares Públicos.</li> <li>- Política de uso de la leña y sus derivados para calefacción.</li> <li>- PEN 2050.</li> <li>- Programa Estratégico Solar.</li> <li>- Mecanismos de apoyo para el financiamiento a la implementación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo en micro y pequeñas empresas.</li> <li>-</li> </ul>

Sector	Medidas
Energía (continuación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa “Mi Hogar Eficiente”.</li> <li>- Estrategia de Electromovilidad en Chile.</li> <li>- Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía.</li> <li>- PELP.</li> <li>- Mesa de Descarbonización de la matriz energética.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etiquetado de consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos livianos y medianos.</li> <li>- Gestión del Transantiago.</li> <li>- Renovación de flota del Transantiago.</li> <li>- Programa renueva tu micro.</li> <li>- Programa renueva tu colectivo.</li> <li>- Impuesto Verde a vehículos motorizados nuevos.</li> <li>- PDA de la Región Metropolitana.</li> <li>- Expansión de la red de Metro.</li> <li>- Tren suburbano Metrotren Alameda – Nos.</li> <li>- Tren suburbano de la región de Bío (Biotren).</li> <li>- Tren suburbano MERVAL de la Región de Valparaíso.</li> <li>- Trenes subterráneos en la Región Metropolitana.</li> <li>- Estrategia de Ciudades Inteligentes 2014 – 2020.</li> <li>- Medidas del sector transporte del Plan de Mitigación de Energía.</li> </ul>
Sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV).</li> </ul>
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa Nacional de Residuos Sólidos.</li> <li>- Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje (REP).</li> <li>- Fondo para el Reciclaje.</li> <li>- Mitigación de Contaminantes Climáticos en el Sector de Residuos a través del Programa Chile- Canadá.</li> </ul>
Minería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas para el sector industria y minería del Plan de Mitigación Gases de Efecto Invernadero para el sector Energía.</li> <li>- Medidas de eficiencia energética para la minería de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.</li> </ul>



Sector	Medidas
<p>Edificación, Urbanización e Infraestructura Pública (Obras Publicas).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la ejecución de Infraestructura Pública MOP.</li> <li>- Incorporación de eficiencia energética y confort ambiental en la edificación pública que ejecuta el MOP.</li> <li>- Medición y gestión de la Huella de Carbono en las obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP.</li> <li>- Reducción de GEI en la maquinaria del MOP.</li> <li>- Implementar una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el MOP.</li> </ul>
<p>Edificación, Urbanización e Infraestructura Pública (Vivienda y Urbanismo).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subsidio de acondicionamiento térmico de viviendas.</li> <li>- Reglamentación térmica.</li> <li>- Calificación energética de la vivienda.</li> <li>- Estándares de construcción.</li> <li>- Aumento de áreas verdes.</li> <li>- Plan de ciclovías.</li> </ul>

### Resumen

Con respecto a las medidas incluidas en el informe, estas son una recopilación de todas las medidas implementadas y en curso de las políticas públicas de Chile. Estas medidas, comprenden todos los sectores emisores del país, destacando el Sector Energía, el Sector Transporte y el Sector Edificación, Urbanización e Infraestructura Pública. Estos sectores presentan mayormente medidas provenientes de los PDA, Mitigación de GEI del Sector Energía y la PEN 2050.

b) Ruta Energética 2018 – 2022

**Publicación: 2018**

**Propósito**

La Ruta Energética 2018 – 2022 busca dar una variante participativa y descentralizada a las estrategias energéticas del país, incorporando a todos los actores involucrados a lo largo del país. Mediante consultas, visitas y talleres a lo largo del país, la Ruta Energética se logra identificar siete ejes de acción que ayudarán a cumplir los “Mega Compromisos” del Ministerio de Energía”.

**Compromisos y Ejes de Acción**

*Ann. Tabla 3. Ruta energética 2018-2022*

<b>Compromisos</b>	
1.- Elaborar un mapa de vulnerabilidad energética.	2.- Modernizar las instituciones: Superintendencia de Electricidad y Combustibles y la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
3.- Reducir en un 25% el tiempo de tramitación ambiental de los proyectos que se acojan al Plan +Energía.	4.- Alcanzar cuatro veces la capacidad actual de generación distribuida renovable de pequeña escala.
5.- Aumentar al menos diez veces el parque vehicular eléctrico del país.	6.- Modernizar la regulación de la distribución eléctrica, en base a un proceso de participación consultivo.
7.- Regularizar por parte del Ministerio de Energía los biocombustibles leña y sus derivados.	8.- Establecer un marco regulatorio para la eficiencia energética, con incentivos para los sectores industria, minería, transporte y edificaciones.
9.- Iniciar el proceso de descarbonización de la matriz energética a través de la elaboración de un cronograma de retiro o reconversión de centrales a carbón, y la introducción de medidas concretas en electromovilidad.	10.- Capacitar a 6000 personas, certificando al menos 3000 de ellas en temas de gestión y uso sostenible de energía.

<b>Ejes de Acción</b>	
<b>Eje</b>	<b>Medidas</b>
Modernización energética	<p>Trabajo de modernización del segmento de distribución eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se crearán nuevos lineamientos legales que modernicen los esquemas de tarificación y permitan la incorporación eficiente de nuevas tecnologías como redes inteligentes, almacenamiento y electromovilidad, entre otras.</li> </ul> <p>Actualización de la remuneración del pago por potencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se reconocerá y remunerará el uso de energías renovables.</li> </ul> <p>Propuesta de ordenamiento de la normativa de hidrocarburos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La propuesta incluirá combustibles alternativos para transporte (marino y terrestre).</li> </ul> <p>Propuesta de formación del Comité de Coordinación en Innovación Energética.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El comité tendrá la función de identificar y priorizar los desafíos necesarios para el sector energía.</li> </ul> <p>Unidad de vigilancia tecnológica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La unidad generará información sobre nuevas tendencias energéticas.</li> </ul> <p>Modernización de la SEC.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar el sistema de fiscalización de la SEC y promover, en base a incentivos, la buena gestión.</li> </ul> <p>Actualización de la Política Energética Nacional al 2050.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se actualizará durante el periodo 2019 – 2020.</li> </ul> <p>Apoyo a la implementación de sistemas de medición inteligente en edificios públicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se monitoreará el consumo energético y las emisiones de GEI.</li> </ul>

<b>Eje</b>	<b>Medidas</b>
Energía con sello social	<p>Levantamiento y diagnóstico de las familias que no cuentan con electricidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se generará un mapa de vulnerabilidad energética.</li> </ul> <p>Sistema de agua caliente sanitaria en viviendas rurales utilizando energías renovables.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se focalizará en sectores vulnerables.</li> </ul> <p>Conectar o mejorar el suministro de, a lo menos, 2.500 familias por año.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se focalizará en sectores aislados o vulnerables.</li> </ul> <p>Acceso y mejoramiento del suministro energético para instituciones con rol público estratégico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamiento de establecimientos con rol público.</li> </ul> <p>Acceso y mejoramiento del suministro energético para potenciar el desarrollo local.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizará un catastro de las actividades productivas sin acceso a energía eléctrica, agua caliente sanitaria, combustibles o con suministro deficiente.</li> </ul> <p>Desarrollo de un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) comunal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar las reducciones de GEI asociadas al Programa Comuna Energética.</li> </ul>
Desarrollo energético	<p>Impulso a la inversión sostenible: Plan +Energía.</p> <p>Gestión ambiental de proyectos.</p> <p>Impulsar la integración energética regional e interconexión eléctrica internacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Factibilidad técnica y económica sobre la interconexión eléctrica entre Arica (Chile) y Tacna (Perú).</li> <li>- Al 2020 realizar gestiones para avanzar hacia un acuerdo regulatorio con Perú y con Argentina.</li> </ul> <p>Gestión energética del territorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potenciar energías renovables de las regiones.</li> </ul>

<b>Eje</b>	<b>Medidas</b>
Energía baja en emisiones	<p>Fomento y competencia en el mercado de generación distribuida y autoconsumo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se fomentará en el sector agrícola, la autogeneración en base a energías renovables.</li> <li>- Implementación de asistencia técnica para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos en instituciones públicas.</li> </ul> <p>Matriz energética renovable sostenible, incorporando flexibilidad al sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar los elementos que dificultan la entrada de tecnologías que provean de flexibilidad al sistema.</li> </ul> <p>Uso térmico o de calor renovable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por medio del levantamiento de información, se evaluará la necesidad térmica del país.</li> </ul> <p>Mitigación y adaptación al cambio climático.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero.</li> </ul> <p>Precio al carbono, medición, reporte y verificación en el sector energético.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizarán estudios del impacto y las lecciones aprendidas del primer año de operación del impuesto verde a fuentes fijas.</li> <li>- Elaborar un MRV.</li> <li>- Apoyo al Ministerio de Medio Ambiente en el robustecimiento del sistema actual de reporte de emisiones.</li> </ul> <p>Descarbonización.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesa de trabajo.</li> <li>- Se evaluará factibilidad y reconversión.</li> <li>- Actualización de normativas para termoeléctricas.</li> </ul> <p>Modernización del mercado de biocombustibles sólidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulación de biocombustibles.</li> <li>- Incentivos a los comercios de leña, mejorando la calidad de esta.</li> <li>- Promover el uso de pellets.</li> </ul>

<b>Eje</b>	<b>Medidas</b>
Transporte eficiente	<p>Movilidad eficiente y sustentable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte eficiente con foco en electromovilidad.</li> <li>- Etiquetado de vehículos.</li> <li>- Se trabajará en la eliminación de la prohibición de gas en vehículos livianos particulares. Electromovilidad.</li> <li>- Contar con al menos diez veces más vehículos eléctricos en el país (2018). Regulación y estándares para el desarrollo armónico de la electromovilidad.</li> <li>- Estandarizar y regular los complementos de los vehículos eléctricos. Promover la movilidad eléctrica en el transporte público y otras flotas de vehículos de uso intensivo.</li> <li>- Fomentar la incorporación de buses, taxis, colectivos y vehículos comerciales con tecnología de alta eficiencia como eléctricos, de hidrógeno, gas natural u otros.</li> <li>- Levantamiento de información sobre el uso de vehículos eléctricos en diferentes ámbitos. Integración de la electromovilidad a los sistemas eléctricos.</li> <li>- Levantar información sobre la interacción entre vehículo eléctricos y zonas de cargas.</li> </ul>
Eficiencia energética	<p>Artefactos más eficientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agregar nuevos productos al sistema de etiquetado.</li> <li>- Actualizar los productos etiquetados.</li> <li>- Fomentar el recambio tecnológico.</li> </ul> <p>Calefacción eficiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Edificación de viviendas.</li> <li>- Actualización de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).</li> <li>- Mejoramiento de infraestructura educacional.</li> <li>- Tecnologías más eficientes.</li> <li>- Nuevos energéticos.</li> <li>- Calefacción distrital.</li> </ul> <p>Uso eficiente de la energía y mejores estándares de confort en edificios del sector público.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervención de 100 edificios públicos con “modelo ESCO”.</li> </ul>

Eje	Medidas
Educación y capacitación energética	<p>Promoción del desarrollo del capital humano con competencias en energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortalecer el capital humano, identificando las brechas existentes.</li> </ul> <p>Promoción del conocimiento de energía en la comunidad educativa para todos los niveles de la educación formal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se crearán distintos programas que ayuden a las personas a conocer sobre la generación eléctrica eficiente.</li> </ul> <p>Desarrollo del capital humano en torno a la electromovilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se promoverá e incentivará el estudio de la electromovilidad.</li> </ul>

### Resumen

La Ruta Energética 2018 – 2022 busca crear lineamientos claros y transversales, para un desarrollo energético sustentable y bajo en carbono. Dentro de La Ruta, se encuentran siete ejes que muestran las acciones que se tomarán para cumplir los compromisos nacionales e internacionales de Chile.

Los ejes que contienen medidas para la reducción de emisiones de GEI y BC son:

1. Desarrollo Energético: Este fomenta el uso de energías renovables en todo el país, en base a la generación de conocimiento e incentivos.
2. Energía baja en emisiones: El enfoque que da este eje, es al cambio de energéticos en todos los sectores, promoviendo el uso de energías más eficientes y descarbonizadas.
3. Transporte eficiente: El eje de transporte, está focalizado en electromovilidad y principalmente en el cambio de uso de diésel en el transporte. Por otra parte, también se evaluará la posibilidad de incorporación de nuevas tecnologías en el transporte como: hidrogeno o gas natural.
4. Eficiencia Energética: En este eje, también se opta por un cambio a combustibles y artefactos más eficientes. Además, se incluye una actualización de la OGUC, para mejorar los estándares de las nuevas viviendas.

Si bien La Ruta Energética 2018 – 2020, contiene una extensa lista de medidas de mitigación, esta no incluye ninguna medida explícita para mitigar las emisiones de carbono negro. La reducción de carbono negro, vendría dada solamente como cobeneficio de la reducción de emisiones en general o el cambio de energéticos dependiendo del sector.

c) Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022

**Publicación:2017**

**Propósito**

El objetivo general del Plan es crear directrices políticas claras y transversales intra e interministeriales para enfrentar el cambio climático conforme a los compromisos adoptados por Chile ante la CMNUCC.

El plan cuenta con 3 ejes de acción:

1. Adaptación, que busca generar conocimiento y capacidades en Chile para enfrentar el cambio climático y minimizar sus efectos.
2. Mitigación e Implementación, donde se propone crear condiciones sociales y económicas para la creación e implementación de medidas de mitigación que sean consecuentes con el desarrollo sustentable del país.
3. Gestión del cambio climático a nivel regional y comunal que, a través del desarrollo de bases institucionales, buscará cooperar con gobiernos regionales y actores sociales para enfrentar en conjunto el cambio climático.

**Objetivos específicos de mitigación con sus líneas de acción y medidas**

*Ann. Tabla 4. Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022*

<b>Mitigación</b>	
<b>Mantener el SNICHILE y actualizar el INGEI</b>	
Líneas de Acción	Medidas
Actualización del INGEI de Chile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener arreglos institucionales y equipos técnicos de trabajo</li> <li>- Actualizar los inventarios sectoriales de GEI</li> <li>- Elabora el INGEI de Chile</li> </ul>
Sistema de garantía y control de calidad de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener e implementar procedimientos de garantía y control de la calidad</li> <li>- Mantener e incrementar capacidades en equipos técnicos de trabajo</li> </ul>
Archivo y difusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener un sistema de archivo y documentación</li> <li>- Mantener e implementar una estrategia de difusión</li> </ul>



<b>Desarrollar e Implementar Acciones y Políticas de Mitigación</b>	
<b>Líneas de Acción</b>	<b>Medidas</b>
Acciones de mitigación del Sector Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de acciones de mitigación asociadas a la PEN 2050</li> <li>- Implementación de acciones de mitigación de acciones complementarias a la PEN 2050</li> </ul>
Acciones de mitigación del Sector Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación de transporte urbano</li> <li>- Gestión del sistema de transporte público de Santiago</li> </ul>
Acciones de mitigación del Sector Silvoagropecuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de medidas de acción contempladas en la ENCCRV</li> </ul>
Acciones de mitigación para la edificación, urbanización e infraestructura pública bajas en carbono	<p>Infraestructura Pública</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporación de ERNC en la ejecución de Infraestructura Pública del MOP</li> <li>- Reducción de GEI en la maquinaria del MOP</li> <li>- Medición de la reducción de GEI cuando se incorpora el Diseño Pasivo Edificación Pública</li> <li>- Medición de la huella de carbono en las obras de infraestructura y edificación pública que ejecuta el MOP</li> <li>- Contar con una plataforma que permita medir y contabilizar la reducción de GEI desde el MOP</li> </ul> <p>Vivienda y Urbanismo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir emisiones de GEI asociadas a Viviendas</li> <li>- Reducir emisiones de GEI asociadas a Urbanismo</li> </ul>
Acciones de mitigación del Sector Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de la Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje</li> </ul>
Acciones de mitigación transversales y multisectoriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del sistema de MRV del Impuesto al CO<sub>2</sub></li> <li>- Mantenimiento e implementación del Programa Huella Chile</li> <li>- Desarrollo de acciones para implementar la reducción de HFC</li> </ul>

<b>Contabilizar y proponer medidas de mitigación de CCVC</b>	
Líneas de Acción	Medidas
Contabilidad y control de CCVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del Programa de Clima y Aire Limpio y fortalecimiento de capacidades</li> <li>- Elaboración y actualización del inventario de CCVC</li> <li>- Evaluación del potencial de reducción de BC y CO<sub>2</sub> debido a la implementación de la Estrategia de Planes de Descontaminación Atmosférica</li> <li>- Evaluación del potencial de reducción de BC y CO<sub>2</sub> debido a los corredores de carga</li> </ul>
<b>Implementar sistemas de contabilidad y MRV</b>	
Líneas de Acción	Medidas
Diseñar e implementar sistemas de MRV para acciones de mitigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover la estimación de los impactos asociados a las acciones de mitigación existentes, como también diseñar sistemas de MRV de nuevas acciones</li> <li>- Diseñar e implementar una plataforma de registro e información de las acciones de mitigación</li> </ul>
<b>Implementar acciones para cumplir con los compromisos internacionales de mitigación</b>	
Líneas de Acción	Medidas
Desarrollar herramientas técnicas de análisis de los compromisos de mitigación pre y pos-2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación y oficialización de la línea base de emisiones 2007-2020 como parte de la evaluación del compromiso voluntario 2020</li> <li>- Desarrollo de proyecciones y análisis de escenarios de emisiones pre y pos-2020 como parte del sistema de seguimiento al progreso de la NDC de Chile</li> </ul>

## Resumen

Dentro del plan, se encuentra explícitamente la necesidad de cuantificar las emisiones de BC y de evaluar los potenciales de reducción de este. Por otra parte, no se encuentra una línea de acción directa para la reducción de emisiones de BC, sin embargo, la reducción de BC, se obtendría como un cobeneficio de la reducción de material particulado (no directamente mencionado, pero si incluido en los PDA), cambiando a tecnologías más limpias (más ERNC en la matriz energética, vehículos con nuevos estándares de emisión) u otros combustibles (cambio de combustible en calefacción e inclusión de ERNC en construcciones del MOP), la reducción de material particulado, afectaría a las emisiones de BC.

### d) Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía

**Publicación: 2017**

#### Propósito

Con el fin de aportar a la disminución de los efectos del cambio climático y en marco de la necesidad de crear un plan de mitigación según la PEN 2050 y el PANCC, se desarrolla con un plan de mitigación de gases de efecto invernadero para el sector energía. Ese busca evaluar diferentes escenarios propuestos en políticas públicas y definir nuevas acciones en base a ciertos criterios de evaluación.

#### Criterios de evaluación de medidas de reducción de GEI

*Ann. Tabla 5. Plan de mitigación de gases de efecto invernadero para el sector energía*

<b>Criterios de evaluación de medidas</b>		
Políticas de Mitigación de GEI	Efectividad Ambiental	Contribución a la reducción de GEI
		Efectos ambientales indirectos
	Aceptabilidad Política	Coto – eficiencia
		Equidad
		Competitividad
		Flexibilidad
	Factibilidad de Implementación	Factibilidad administrativa
		Factibilidad legal
		Factibilidad financiera

Sector	Acciones
<p style="text-align: center;">Generación de Electricidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementar la flexibilidad del sistema eléctrico.</li> <li>- Plataformas de información pública sobre Energías Renovables en Chile.</li> <li>- Regulación para el ordenamiento territorial que apoye el proceso de instalación de las distintas fuentes renovables.</li> <li>- Política de ciencia, tecnología e innovación en energía.</li> <li>- Desarrollo de proyectos emergentes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Geotermia.</li> <li>o CSP y otros sistemas de almacenamiento.</li> <li>o Mareomotriz.</li> </ul> </li> <li>- Revisión de la actual norma de emisiones de centrales termoeléctricas (aumento en exigencias).</li> <li>- EE en termoeléctricas.</li> <li>- Monitoreo de las instalaciones a gas.</li> <li>- Preparación para la instalación de sistemas de captura, almacenamiento y uso del CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Nuevas tecnologías para la generación.</li> <li>- Implementación de mecanismos de precio al carbono y otras herramientas.</li> <li>- Control de tendidos eléctricos.</li> </ul>

Sector	Acciones
<p style="text-align: center;">Transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para nuevas tecnologías de buses.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para nuevas tecnologías de vehículos particulares y taxis.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para nuevas tecnologías en camiones livianos y medianos.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para infraestructura necesaria para nuevas tecnologías.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para mejorar tecnologías de transporte aéreo y/o marítimo.</li> <li>- Licitaciones con obligación de tecnologías bajas en emisiones.</li> <li>- Obligación de taxis y colectivos de bajas emisiones.</li> <li>- Aumento de redes ferroviarias.</li> <li>- Inversión en trenes urbanos.</li> <li>- Aumento de corredores exclusivos de buses y bicicletas.</li> <li>- Mejora de transporte público (movilidad).</li> <li>- Mejorar sistemas de transporte (<i>carpooling</i>).</li> <li>- Instrumentos que desincentiven el uso de transportes menos eficientes.</li> <li>- EE para vehículos.</li> <li>- Instalación de kits aerodinámicos en transporte de carga interurbanos.</li> <li>- Etiquetado de vehículos.</li> </ul>

Sector	Acciones
<p style="text-align: center;">Industria y Minería</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulación de MEPS en motores de potencia menores a 10HP.</li> <li>- Regulación de MEPS en motores de potencia entre 10HP y 100HP.</li> <li>- Sistema de Gestión de la Energía Obligatorio para grandes consumidores.</li> <li>- Regulación de MEPS para equipos industriales y mineros.</li> <li>- PAEE 2020.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para el uso de energía solar en procesos industriales y mineros.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para el uso de biomasa en vez de carbón en procesos industriales y mineros.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para uso de Biogás o Gas Natural en vez de Petróleo Diésel o Petróleo Combustible en procesos industriales y mineros.</li> <li>- Búsqueda de apoyo financiero para uso de electricidad en vez de combustibles fósiles en procesos industriales y mineros.</li> <li>- Impulso del hidrógeno en procesos industriales y mineros.</li> <li>- Instalación de tecnologías bajas en carbono.</li> </ul>

Sector	Acciones
Comercial, Público y Residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reacondicionamiento térmico de familias vulnerables.</li> <li>- Ampliar el reacondicionamiento térmico para más hogares.</li> <li>- Sistema inteligente de producción y gestión descentralizada de la energía y reducir las emisiones del sector generación mediante cambio de curva de carga.</li> <li>- Regulación de MEPS en motores eléctricos.</li> <li>- Regulación obligatoria de viviendas nuevas y existentes.</li> <li>- Actualización de normativa térmica.</li> <li>- Etiquetado de artefactos domésticos o regulación MEPS.</li> <li>- Fomentar el uso de leña seca.</li> <li>- Instalación de sistema de paneles solares para agua caliente y sanitaria.</li> <li>- Continuar con EE en edificación pública.</li> </ul>

## Resumen

El Plan de Mitigación de GEI para el sector Energía, cuenta con varias acciones, que fueron definidas en base a los criterios mencionados anteriormente. Estas acciones, se agrupan en un Paquete de Medidas por cada sector, dando a reconocer el lineamiento de cada medida y su objetivo. Si bien el plan de mitigación cuenta con una extensa variedad de medidas, estas en muchos casos no cuenta con financiamiento alguno y algunas veces son solo intenciones que deberán ser evaluadas. Finalmente, dentro de las medidas en el plan de mitigación, se destaca la consideración de carbono negro, a través de las emisiones de material particulado, muchas de las medidas (electromovilidad, consumo de leña, acondicionamiento térmico, descarbonización entre otras) afectan las emisiones de material particulado y por consecuencia las emisiones de carbono negro.

Sector	Paquete de Medidas
Generación de Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar la participación de energías renovables.</li> <li>- Aumentar eficiencia de sistemas de generación de electricidad.</li> <li>- Aumentar el uso de combustibles de baja emisión.</li> <li>- Apoyo a las tecnologías bajas en carbono.</li> </ul>
Comercial, Público y Residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EE en el sector.</li> <li>- Regulaciones y estándares.</li> <li>- Incrementar el uso de sistemas de bajas emisiones.</li> <li>- Renovación del sector público con foco en EE.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulso al mercado de transportes de baja emisión.</li> <li>- Recambio de tecnologías del transporte público.</li> <li>- Inversión en modos de transporte eficientes.</li> <li>- Aumento en estándares de EE.</li> </ul>
Industria y Minería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EE en el sector.</li> <li>- Aumento en el uso de tecnologías de baja emisión.</li> <li>- Apoyo a la implementación de tecnologías de baja emisión.</li> </ul>

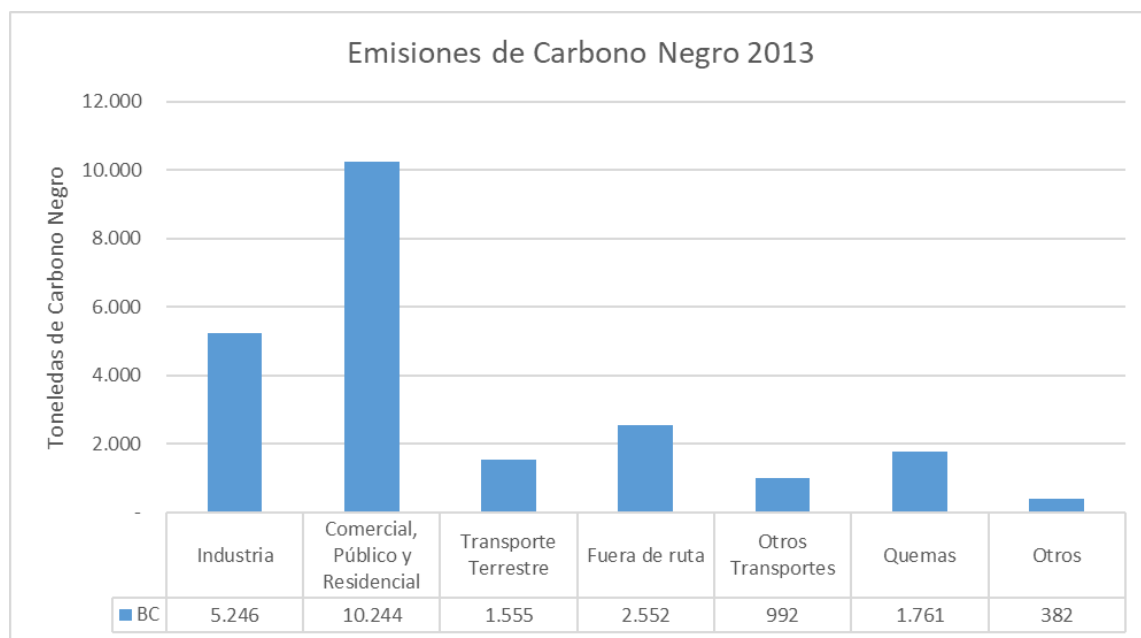


e) Apoyo a la Iniciativa para el Plan de Mitigación de los Contaminantes Climáticos de Vida Corta en Chile

**Publicación: 2017**

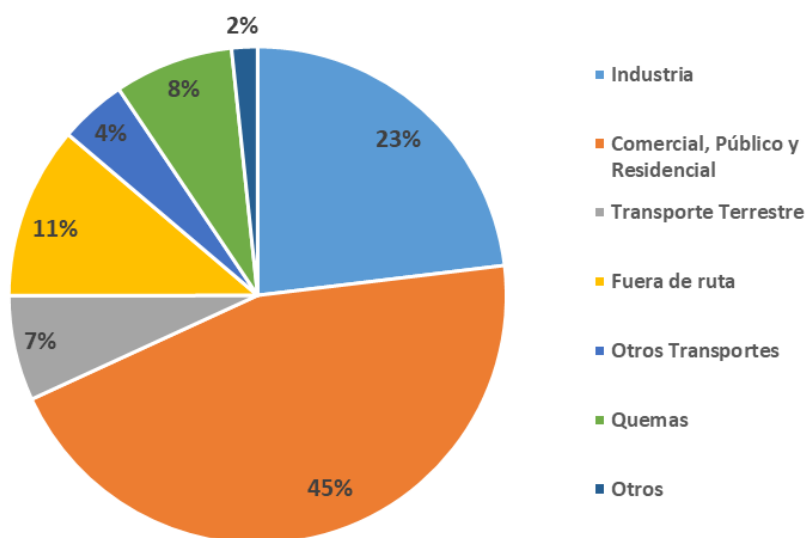
**Propósito**

Con el objetivo de aumentar el conocimiento sobre los contaminantes climáticos de vida corta en Chile, se crea el primer inventario de CCVC con año base 2013. Se consideraron los siguientes contaminantes: Metano (CH<sub>4</sub>), carbono negro, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV) y hidrofluorocarbonos (HFC).



*Ann. Fig 1. Emisiones por sector de carbono negro (MMA, 2017a). Otros: Generación de Electricidad, extracción y refinación de hidrocarburos, procesos industriales, residuos sólidos. Otros Transportes: Aéreo, Ferrocarril, Marítimo.*

### Inventario de Carbono Negro 2013



Ann. Fig 2. Participación porcentual de cada sector en las emisiones de carbono negro (MMA, 2017a)

#### Resumen

Se elabora el primero inventario de CCVC en Chile, mediante un enfoque metodológico y científico. Los resultados en particular de carbono negro, arrojan que los sectores más relevantes para las emisiones de este contaminante en orden decreciente son los sectores: CPR, Industria y Transporte Fuera de Ruta.

El sector CPR posee las emisiones más altas del inventario, esto se debe principalmente al uso de leña en el uso residencial. La leña presenta grandes ventajas para algunos usuarios (precio, acopio, entre otros), pero también, presenta grandes desventajas para el medio ambiente. Es por esto que, diferentes esfuerzos de Chile se focalizan en un mejor uso de la leña o el cambio de este por otros combustibles o energéticos.

El sector Industria, tiene la segunda posición en la cantidad de emisiones de carbono negro. Gran parte de este sector, se compone de la industria del papel y la celulosa. Este subsector, se lleva el 15% de todas las emisiones del país, lo que lo hace, un actor importante en las emisiones de este contaminante. Sin embargo, se deberá revisar la metodología utilizada para las estimaciones de emisiones de este sector.

El tercer sector más contaminante, es el sector Fuera de Ruta. Este sector es un desafío tanto en modelación como en reducción de emisiones. Las maquinarias de este sector o maquinarias fuera de ruta, funcionan principalmente con diésel, el principal emisor de carbono negro en el transporte, además, de una falta de regulación en el sector, provocan que las emisiones de este sector sean tan elevadas. De todas formas, las emisiones provenientes de este sector, no solo son preocupación en Chile, diferentes países están actualmente (entre ellos EEUU) monitoreando y regularizando los niveles de actividad de este sector.

f) Evaluación de la Reducción de carbono Negro CCAC

**Publicación: 2018**

**Propósito**

La reducción de SLCPs (Short-Lived Climate Pollutants), a través de medidas de mitigación impulsadas por el Gobierno de Chile, es parte de los compromisos de la NDC (National Determined Contribution) de Chile. La reducción de carbono negro (contaminante catalogado como SLCPs), es esencial para alcanzar un desarrollo sustentable.

La evaluación de reducción de carbono negro a través del modelo Long Range Energy Alternatives Planning System - Integrated Benefits Calculator (LEAP-IBC), forma parte del proyecto Supporting National Action and Planning on Short Lived Climate Pollutants (SNAP) of the Climate and Clean Air Coalition (CCAC) y busca cuantificar los beneficios calculados por el modelo (muertes prematuras evitadas y cambio de temperatura), a partir de medidas de mitigación en los Sectores: Transporte y Calefacción Residencial. Las proyecciones de emisiones fueron realizadas desde el 2010 hasta el 2050.

**Medidas evaluadas según sector y escenario**

*Ann. Tabla 6. Evaluación de reducción de carbono negro (CCAC)*

Sector	Medidas
<b>Full Mitigation</b>	
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estrategia Electromovilidad               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Al año 2050 los vehículos livianos estarán, compuestos por 40% de vehículos eléctricos.</li> <li>b. Al año 2050 los buses de transporte urbano, estarán compuestos por un 100% de buses eléctricos.</li> </ol> </li> </ol>
Calefacción Residencial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento en consumo energético por vivienda.</li> <li>2. Mejoramiento térmico de la vivienda.</li> <li>3. Recambio o aumento de calefactores a leña.</li> <li>4. Aumento en consumos eléctricos en departamentos y casas.</li> <li>5. Cambio de energético para calefaccionar el hogar.</li> </ol>

<b>Partial Mitigation</b>	
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estrategia Electromovilidad               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Al año 2050 los vehículos livianos, estarán compuestos por 20% de vehículos eléctricos.</li> <li>b. Al año 2050 los buses de transporte urbano, estarán compuestos por un 30% de buses eléctricos.</li> </ol> </li> </ol>
Calefacción Residencial	Se consideran las mismas medidas que en el escenario anterior, pero en menor medida de penetración.

### **Resumen**

Las medidas de mitigación evaluadas en el modelo LEAP – IBC, son un primer acercamiento a los posibles beneficios que podrían tener la reducción de emisiones de carbono negro. Sin embargo, las medidas evaluadas son solo supuestos, que no están siendo actualmente impulsados por ninguna política oficial.

Con respecto al Sector Transporte: Las emisiones calculadas con el modelo LEAP – IBC, fueron estimadas en base a las proyecciones realizadas por el inventario de CCVC del MMA. Las emisiones calculadas, tienen un valor muy cercano con las calculadas por el inventario. Esto, debido a que se utilizaron las mismas bases de datos, lo que trae consigo los mismos desafíos que el anterior estudio. A continuación, se presentan algunos factores que mejorar de la base de datos:

1. Actualizar proyecciones econométricas para las demandas del modelo.
2. Incluir factores de deterioro.
3. Actualizar los factores de emisión a factores locales.
4. Incluir otros modos de transporte (Metro, motocicletas, peatones y bicicleta).

Con respecto al Sector Residencial: Se utilizaron las proyecciones de consumo energético hechas por el Ministerio de Energía. A partir del consumo energético calculado por estas, se estimaron las emisiones de carbono negro y otros contaminantes. Al igual que el Sector Transporte, las medidas evaluadas, fueron hechas en base a supuestos y no de acuerdo a políticas actuales del Gobierno Chile. Por lo tanto, las emisiones calculadas podrían no ser precisamente las que se van a obtener en el futuro. Los siguientes aspectos que se deben mejorar en las proyecciones de emisiones son:

1. Actualizar proyecciones econométricas para las demandas de energía.
2. Actualizar drivers de entrada del modelo:
  - a. Número de viviendas.
  - b. Número de departamentos y casas.
  - c. Número de personas.
3. Incluir factores de emisión locales para los demás contaminantes.
4. Poner énfasis en la estimación de consumo energético por vivienda.
5. Evaluar medias concretas del Gobierno de Chile.

g) Estrategia de planes de Descontaminación Atmosférica

**Propósito**

El documento recopila todas las estrategias de Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) y sus respectivos “Análisis General de Impacto Económico y Social” (AGIES). Además, en el documento se incluye una “Actualización de los Costos y Beneficios” (ACB) de algunos planes.

Los AGIES y actualizaciones de los planes incluidos son:

1. PDA Localidad de Andacollo y sectores aledaños (no incluye actualización).
2. PDA Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.
3. PDA Temuco y Padre las casas por MP10 y MP2,5.
4. PDA Osorno por MP10 y MP2,5.
5. PDA Comunas de Talca y Maule por MP10.
6. PDA Chillán y Chillán Viejo por MP10 y MP2,5.
7. PDA Coyhaique por MP10.
8. PDA Localidad de Huasco y su Zona Circundante por MP10.
9. PDA Valdivia por MP10 y MP2,5.
10. PDA Los Ángeles por MP2,5.
11. PDA Región Metropolitana.
12. PDA Concepción Metropolitano.
13. PDA Coyhaique por MP10 y MP2,5.
14. PDA Valle Central de la Provincia de Curicó por MP2,5.

**Medidas según PDA y sector**

*Ann. Tabla 7. Estrategia de planes de descontaminación atmosférica*

<b>PDA Localidad de Andacollo y sectores aledaños</b>	
Ámbito	Medidas
Mínero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límites de emisiones de MP10.</li> <li>2. Control de emisiones de material particulado en caminos de la mina por tránsito vehicular.</li> <li>3. Control de emisión de material particulado en tronaduras.</li> </ol>
<b>PDA Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví</b>	
Empresa o Ámbito	Medidas
CODELCO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límite de emisión de SO<sub>2</sub> y MP.</li> </ol>
AES GENER	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límite de emisiones de SO<sub>2</sub>, MP y NO<sub>x</sub>, según norma de emisión para termoeléctricas.</li> </ol>
ENAP	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límite de emisión de refinería.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límite de emisiones de SO<sub>2</sub>, MP y NO<sub>x</sub> en calderas nuevas y existentes según su potencia.</li> </ol>
Acopios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encapsulamiento de acopios de combustibles.</li> </ol>

<b>PDA Temuco y Padre de las Casas por MP10 y MP2,5 (2015 – 2025)</b>	
<b>Ámbito</b>	<b>Medidas</b>
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición de calefactores del tipo hechizas, salamandras o cámaras simples.</li> <li>2. Prohibición de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>3. Recambio de calefactores con 70% de eficiencia y 75% de leña y pellet respectivamente.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se establecen límites de emisiones de SO<sub>2</sub> para las calderas existentes.</li> <li>2. Se establecen nuevos límites de emisión de SO<sub>2</sub> para las calderas nuevas.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de buses en el transporte público.</li> <li>2. Fomento a nuevas tecnologías en el transporte público.</li> <li>3. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores en establecimientos comerciales y servicios.</li> <li>2. Recambio de cocinas.</li> <li>3. Se prohíbe el uso de cocinas que no cumplan con la normativa técnica.</li> </ol>

<b>PDA Osorno por MP10 y MP2,5 (2015 – 2025)</b>	
<b>Ámbito</b>	<b>Medidas</b>
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se establecen límites de emisiones de SO<sub>2</sub> para las calderas existentes.</li> <li>2. Se establecen nuevos límites de emisión de SO<sub>2</sub> para las calderas nuevas.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de buses en el transporte público.</li> <li>2. Reducción de emisiones de MP y NOx agregando nuevas tecnologías al transporte.</li> <li>3. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores en establecimientos comerciales y servicios.</li> <li>2. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado.</li> </ol>

<b>PDA Comunas de Talca y Maule por MP10 (2016 – 2025)</b>	
Ámbito	Medidas
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio voluntario de calefactores y cocinas.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se establecen límites de emisiones de SO<sub>2</sub> para las calderas existentes.</li> <li>2. Se establecen nuevos límites de emisión de SO<sub>2</sub> para las calderas nuevas.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores en establecimientos comerciales y servicios.</li> <li>2. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado.</li> </ol>
<b>PDA Chillán y Chillán Viejo por MP 10 y MP2,5 (2016 – 2025)</b>	
Ámbito	Medidas
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija norma de emisión de MP y SO<sub>2</sub> para las calderas nuevas según su potencia.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de buses en el transporte público.</li> <li>2. Fomento a nuevas tecnológicas en el transporte público.</li> <li>3. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado.</li> </ol>



<b>PDA Coyhaique por MP10 (2016 – 2025)</b>	
<b>Ámbito</b>	<b>Medidas</b>
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se establecen normas de emisión de MP para las calderas según su potencia.</li> </ol>
<b>PDA Localidad de Huasco y su Zona Circundante por MP10</b>	
<b>Empresa</b>	<b>Medidas</b>
Compañía Minera del Pacífico (CAP)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límite de emisiones de MP10.</li> <li>2. Exigencia de monitoreo de MP en ambas chimeneas.</li> <li>3. Instalación de un precipitador electrostático en chimenea 2B.</li> <li>4. Instalación de chutes de transferencia de contrapresión en todos los puntos de carga y descarga del material.</li> <li>5. Instalación de cubierta completa a todas las correas.</li> <li>6. Lavado encapsulado de los vagones del tren.</li> <li>7. Encapsulamiento de canchas de pre-concentrado de hierro y carbón.</li> <li>8. Pavimentación tramo Puerto Las Losas – C-468.</li> </ol>
Empresa Eléctrica Guacolda S.A.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encapsulamiento de chutes de transferencia de carga y descarga de carbón.</li> <li>2. Instalación cubierta completa a todas las correas.</li> <li>3. Pavimentación del camino al vertedero.</li> <li>4. Encapsulamiento de canchas.</li> </ol>

<b>PDA Valdivia por MP10 y MP2,5 (2017 – 2026)</b>	
Ámbito	Medidas
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija norma de emisión de MP y SO2 para las calderas nuevas según su potencia.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de buses en el transporte público.</li> <li>2. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores en establecimientos comerciales y servicios.</li> <li>2. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado.</li> </ol>
<b>PDA Los Ángeles por MP2,5 (2017 – 2027)</b>	
Ámbito	Medidas
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija norma de emisión de MP y SO2 para las calderas nuevas según su potencia.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de buses en el transporte público.</li> <li>2. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado.</li> </ol>

<b>PDA Región Metropolitana (2017 – 2027)</b>	
<b>Ámbito</b>	<b>Medidas</b>
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores a leña, carbón u otro derivado en algunos sectores de Santiago.</li> <li>2. Se prohíbe el uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>3. Se fija una norma para los calefactores nuevos en base a su potencia.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se entregan subsidios de aislación a viviendas que se calefaccionen con leña.</li> </ol>
Calderas y Fuentes Estacionarias	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija norma de emisión de MP y SO<sub>2</sub> para las calderas nuevas según su potencia.</li> <li>2. Las fuentes estacionarias deben cumplir con límites de emisiones de NO<sub>x</sub>, según su potencia térmica.</li> <li>3. Se fija norma de emisiones de CO.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija nueva norma de emisión para los buses del transporte público.</li> <li>2. Se implementará una zona de baja emisión.</li> <li>3. Se establecen límites de emisión para los vehículos livianos que circulen dentro de Santiago (restricción vehicular).</li> <li>4. Se incluye un cupo exclusivo para taxis eléctricos.</li> <li>5. Se establecen nuevas regulaciones para los vehículos livianos y medianos que ingresen al parque.</li> <li>6. Se establecen regulaciones para las maquinarias fuera de ruta (por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de Salud).</li> <li>7. Se fijan límites de emisión par la maquinaria fuera de ruta.</li> <li>8. Se disminuyen los límites de emisión de los vehículos antiguos.</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado</li> </ol>

<b>PDA Concepción Metropolitano (2017 – 2027)</b>	
<b>Ámbito</b>	<b>Medidas</b>
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas y Fuentes Estacionarias	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija norma de emisión de MP y SO<sub>2</sub> para las calderas nuevas según su potencia.</li> <li>2. Las fuentes estacionarias deben cumplir con límites de emisiones de NO<sub>x</sub>, según su potencia térmica.</li> <li>3. Se fijan límites de emisiones de MP para las fuentes que usen combustibles sólidos.</li> </ol>
Transporte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de buses en el transporte público.</li> <li>2. Cumplimiento de normas de emisión para NO, HC y CO.</li> <li>3. Se incorpora filtro de partículas en el transporte (hasta un 5% del transporte regularizado).</li> </ol>
Calidad de los Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se prohíbe el uso de calefactores a leña en establecimientos del Estado.</li> </ol>

<b>PDA Coyhaique por MP10 y MP2,5</b>	
Ámbito	Medidas
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de calefactores a leña por calefactores a leña cumple norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores a leña por calefactores a kerosene, pellet y gas.</li> <li>3. Prohibición al uso calefactores a leña que no cumplan norma.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Límite de emisión de MP.</li> </ol>
<b>PDA Valle Central de la Provincia de Curicó por MP2,5 (2018 – 2027)</b>	
Ámbito	Medidas
Leña	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prohibición del uso de calefactores que no cumplan con la norma.</li> <li>2. Recambio de calefactores.</li> <li>3. Se prohíbe el uso de cocinas que no cumplan con la norma.</li> </ol>
Aislación Térmica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsidios para reacondicionamiento térmico.</li> <li>2. Las viviendas nuevas deberán contar con estándares de construcción.</li> </ol>
Calderas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se fija norma de emisión de MP y SO2 para las calderas nuevas según su potencia.</li> </ol>

## **Resumen**

Los PDA son medidas implementadas por el MMA en conjunto con otras entidades gubernamentales, que buscan disminuir los efectos de la contaminación excesiva en algunas localidades del país. Las estrategias de planes, cuentan con medidas explícitas (cantidad de beneficiados, años de implementación, metas y resultados) de reducción de emisiones y beneficiados.

Por otro lado, las medidas no contemplan la reducción de emisiones de carbono negro, pero sí, en su mayoría, contemplan la reducción de emisiones de MP2,5, lo que conllevaría una reducción importante de carbono negro (dependiendo de la fuente).

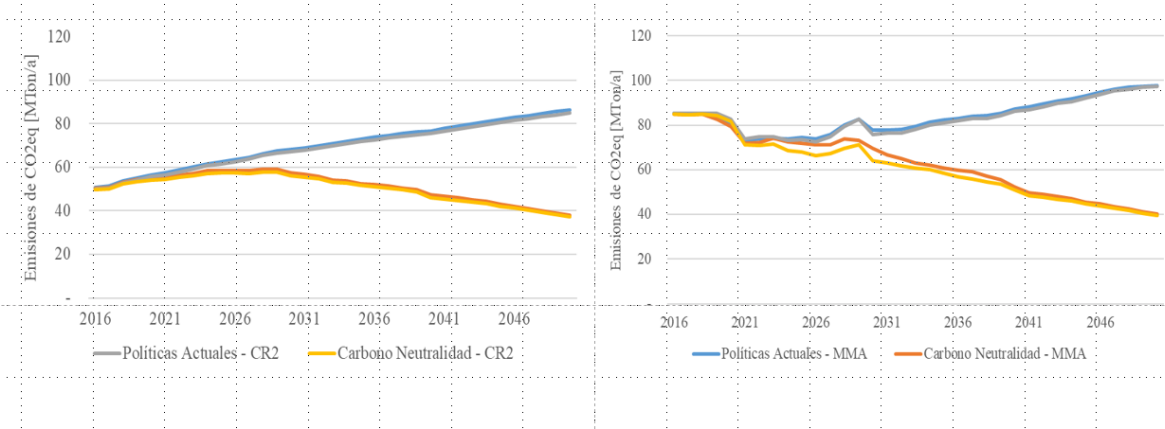
Dentro de los PDA de todo Chile, las medidas que destacan en relación con emisiones de MP2,5 son: el recambio de calefactores, aislación térmica y el recambio a nuevas tecnologías en el transporte público.

En las evaluaciones hechas por los AGIES, se le da un peso importante al uso de calefactores certificados o al recambio de leña por pellet, lo que se traduce en una gran reducción de emisiones de MP2,5. Esto puede deberse, principalmente por los factores de emisiones utilizados para realizar las proyecciones de emisiones, si bien el aumento en la eficiencia de los calefactores es una ayuda para disminuir las emisiones, el factor de emisión, puede estar sub estimado, al igual que el de los calefactores a pellet. Por otra parte, los subsidios de aislación térmica son una medida muy relevante e importante para las metas de Chile y el compromiso del Estado con el país. La implementación de subsidios y normativas para la aislación en viviendas es importante para la reducción en el uso de cualquier energético con fines de calefacción hogareña. Cuantificar de manera precisa y con la menor incertidumbre el requerimiento energético de las viviendas es un desafío complejo, que por el actual escenario del país debe ser revisado y corroborado con exigencias acordes a su relevancia. Por lo tanto, al igual que los factores de emisión de los calefactores, las necesidades de las viviendas energéticas de las viviendas deben ser explícitas en los supuestos evaluados por el MMA. El sector transporte, posee medidas mayoritariamente de recambio de buses a normativas más exigente (EURO V para las regiones y EURO VI para la RM). Esto es una ayuda para la reducción de MP2,5 (y también para carbono negro), sin embargo, los factores de emisión de las nuevas tecnologías tienen grados de incertidumbres que es necesario acortar (factores de emisión local, deterioro, mediciones on-road).

Las reducciones de emisiones producto de los PDA, son un importante paso para mejorar la calidad del aire del país. Sin embargo, el cálculo de las emisiones y reducción de emisiones, deben tener fuentes claras y precisas, de los parámetros utilizados en sus estimaciones.

## II. AJUSTE PARA EMISIONES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

El escenario de carbono neutralidad para gases de efecto invernadero se nos facilitó sólo en términos de emisiones de efecto invernadero y no como consumos energéticos. Por lo tanto, dichos consumos debieron ser inferidos. Para ello, se estimaron las emisiones de GEI para los escenarios de políticas actuales, carbono neutralidad y carbono neutralidad +. La calibración principal fue realizada con todos los sectores, excluyendo el sector GE, debido a la falta de información para el escenario Carbono Neutralidad. A continuación, se presentan los resultados de la calibración de ambos escenarios con y sin el sector GE.

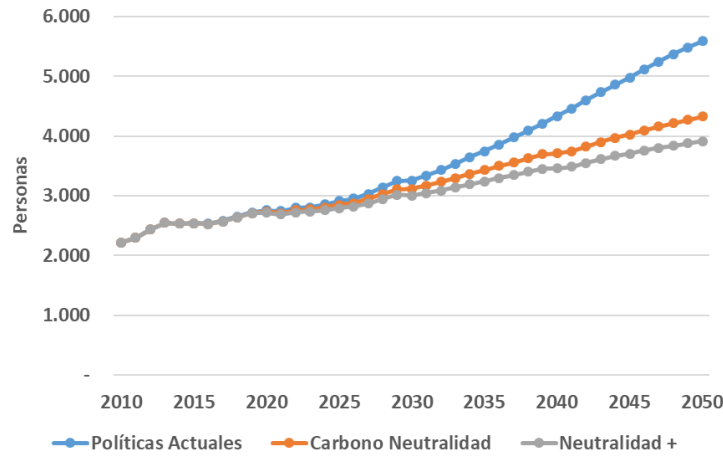


Ann. Fig 3. Calibración de escenarios oficiales y evaluados en este estudio

Al realizar la calibración, se llegó a una similitud aceptable entre los escenarios del MMA y del CR2. Las principales diferencias se encuentran en el sector GE, debido a la metodología utilizada para estimar las emisiones de ese sector. Sin embargo, un margen de error en las emisiones del sector GE no traerá consigo consecuencias en la estimación global de emisiones de BC, debido al bajo aporte de este sector.

### III. ESTIMACIÓN DE IMPACTOS SOBRE MORTALIDAD

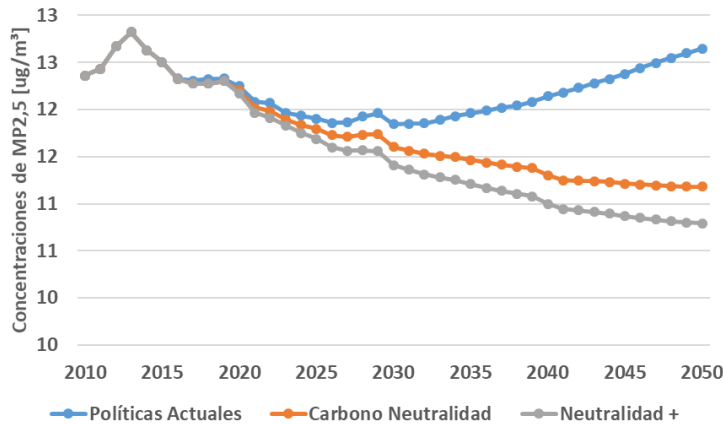
Como se mencionó anteriormente, uno de los objetivos de este estudio fue evaluar los cobeneficios de la reducción de BC (y otros contaminantes) en materia de salud. En esta sección, a parte de los resultados obtenidos con el modelo LEAP-IBC, se presentarán algunos antecedentes necesarios para entender la evaluación realizada por el modelo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.



Ann. Fig 4. Muertes prematuras anuales producto de la exposición a material particulado totalmente respirable, para los 3 escenarios.

Al observar los resultados de muertes prematuras anuales, se desprende una clara reducción de casos evitados en los escenarios propuestos por el MMA, y un poco más de casos evitados en el escenario propuesto por el equipo CR2. Por otro lado, destaca que, a pesar de la reducción de emisiones contaminantes en Chile, las muertes prematuras por año, no disminuyen en el 2050 con respecto al año base. Para entender mejor los resultados, se presentan algunos antecedentes y figuras explicativas de los resultados obtenidos.

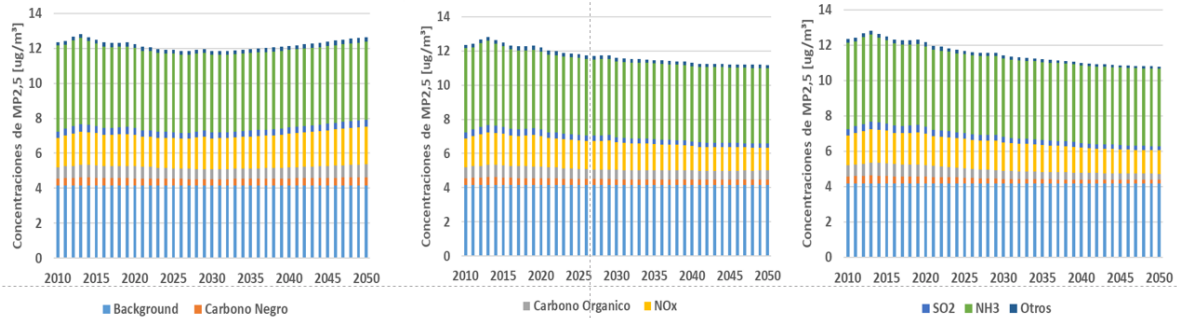
Primero las muertes obtenidas con el modelo LEAP-IBC provienen de la exposición a material particulado completamente respirable, el cual es obtenido de las emisiones estimadas con el modelo. A continuación, las concentraciones obtenidas.



Ann. Fig 5. Concentraciones de MP<sub>2,5</sub> a la cual está expuesta una persona, para los 3 escenarios.

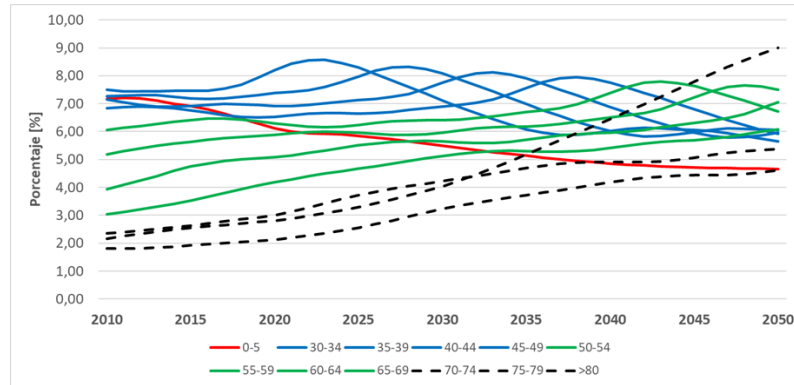


Como se observa en la figura, las concentraciones de exposición bajan acorde a la reducción de emisiones de cada escenario, siendo mayores las concentraciones en el escenario políticas actuales y menores en el escenario Neutralidad +. Estas concentraciones, son producto de diferentes contaminantes producto de diferentes actividades, dentro de los contaminantes que considera el modelo, que son parte o son precursores de MP<sub>2.5</sub> se encuentran: carbono negro (BC), carbono orgánico (OC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>). La estimación de estos contaminantes para todo el país (exceptuando BC) se realizó a través del consumo para los sectores *top-down*, mientras que para los sectores *bottom-up*, se utilizó el mismo acercamiento que para BC. Es importante notar que, en las concentraciones de MP<sub>2.5</sub>, el amoníaco es fundamental, por lo que fue necesario estimar las emisiones del sector agricultura (solo animales) para este ejercicio. De esta forma, las emisiones para realizar la evaluación en LEAP-IBC, comprenden el sector energía y el sector agricultura. A continuación, se presenta la evolución de las concentraciones de cada contaminante dentro del MP<sub>2.5</sub>.



Ann. Fig 6. Concentraciones de MP<sub>2.5</sub> según contaminante para los 3 escenarios, políticas actuales (panel izquierdo), carbono neutralidad (centro) y Neutralidad + (panel derecho).

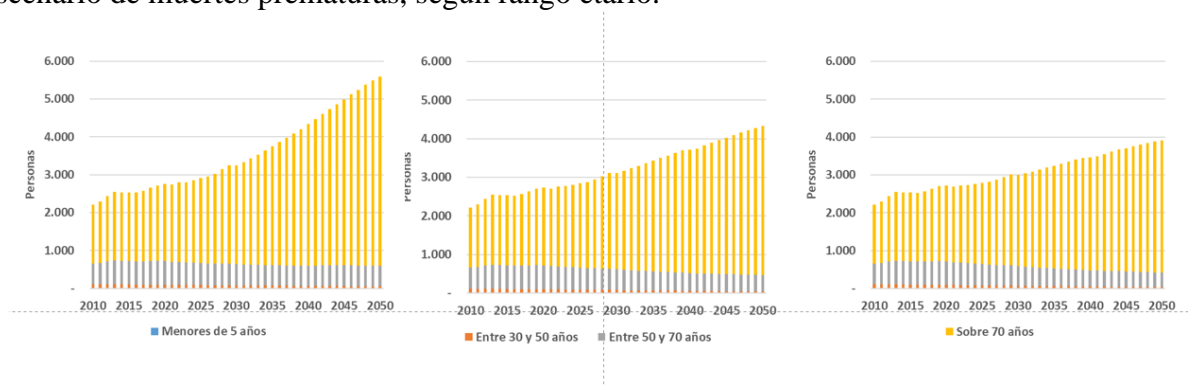
Dentro de los contaminantes participantes se encuentran las categorías “Background” y “Otros”. La primera categoría considera material particulado de otras regiones del mundo que pudiera ser transportado a Chile, material particulado desde los océanos o producto de los desiertos. La segunda categoría corresponde a otros efectos que contribuyen en menor medida. Para el caso del modelo LEAP-IBC, ambos valores permanecen constantes en el tiempo. Esto ayuda a explicar, en parte, la constante alza en muertes prematuras a pesar de la baja en emisiones, mientras que se disminuyen las emisiones de otros contaminantes, siempre habrá personas expuestas a este material particulado, que sumado al alza constante de la población resulta en más personas expuestas. Por otro lado, otro factor importante dentro de la modelación de LEAP-IBC es la población y la repartición etaria de esta. Según el modelo, y como se expone anteriormente, las personas mayores son más susceptibles a contraer enfermedades respiratorias, y, por lo tanto, a tener consecuencias fatales de estas. Para las modelaciones se utilizaron las proyecciones de población realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) disponibles en <https://www.ine.cl/estadisticas/demograficas-y-vitales>. A continuación, se presenta la fracción etaria de dichas proyecciones.



Ann. Fig 7. Repartición etaria de Chile desde el 2010 al 2050, excluye el rango de edad mayor a 5 años y menor a 30 años.

Observando la figura, se puede ver que los rangos de edad mayores (personas mayores a 70 años) aumentan considerablemente en el tiempo, mientras que los menores compensan esto disminuyendo. Esto muestra que la población en Chile se vuelve más vieja y por lo tanto más vulnerable al material particulado completamente respirable. Cabe destacar que, el rango etario excluido, no es considerado en el modelo, debido a la baja susceptibilidad de estas personas en la exposición a material particulado completamente respirable.

La participación de cada contaminante en el MP<sub>2.5</sub> y la fracción etaria de Chile al 2050, explican en parte los resultados obtenidos por el modelo, donde una disminución en las emisiones totales del país, no se traduce en una reducción neta de muertes prematuras producto de la exposición a MP<sub>2.5</sub>. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada escenario de muertes prematuras, según rango etario.



Ann. Fig 8. Muertes prematuras por rango etario para los 3 escenarios, políticas actuales (panel izquierdo), carbono neutralidad (centro) y carbono neutralidad + (panel derecho).