

Resumen para tomadores  
de decisiones.

INFORME A LAS NACIONES

# El aire que respiramos: pasado, presente y futuro

Contaminación atmosférica por  
MP<sub>2,5</sub> en el centro y sur de Chile

(CR)<sup>2</sup> | Center for Climate  
and Resilience Research  
[www.CR2.cl](http://www.CR2.cl)



UNIVERSIDAD  
DE CHILE

PATROCINA



UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCIÓN

INSTITUCIONES ASOCIADAS



UNIVERSIDAD  
AUSTRAL DE CHILE



AGENCIA NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

FINANCIA

## Contenido



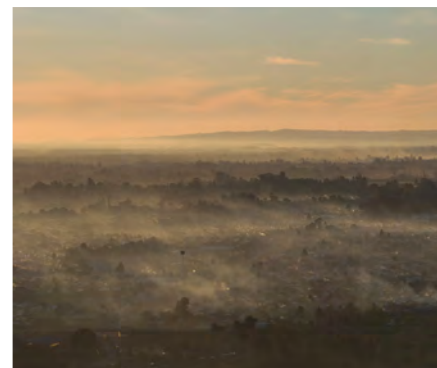
La (des)contaminación  
del aire en Chile:  
pasos hacia el futuro

Pag.  
**3**



Uso de leña y  
pobreza energética

Pag.  
**6**



Impacto del  $MP_{2,5}$   
en la salud

Pag.  
**8**



La contaminación  
en el futuro

Pag.  
**10**



Recomendaciones

Pag.  
**12**



Los resultados presentados en este informe son parte del trabajo interdisciplinario que realiza el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2.

El (CR)2 es un centro de excelencia financiado por el programa FONDAP de CONICYT (Proyecto 15110009) en el cual participan cerca de 60 científicos asociados a la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile.

La versión electrónica de este documento está disponible en el sitio web [www.cr2.cl/contaminacion/](http://www.cr2.cl/contaminacion/)

#### **Coordinación general:**

Nicolás Huneus

#### **Edición general:**

Eugenia Gayó, Mauricio Osses, Anahí Urquiza, Rodrigo Arriagada, Nicolás Huneus, Macarena Valdés, José Barraza y Andrea Rudnick

#### **Diseño:**

M. Giselle Ogaz.

#### **Fotografías:**

© Mario Quilodrán (m.quilodrans@gmail.com) - Portadas


© Catalina Amigo - Página 6

© Claudio Campusano - Página 10

© Carlos Riquelme - (www.flickr.com/photos/tabriss) - Páginas 8, 12 y 14

#### **La presente publicación debe citarse como:**

Huneus, N., Urquiza A., Gayó, E., Osses, M., Arriagada, R., Valdés, M., Álamos, N., Amigo, C., Arrieta, D., Basoa, K., Billi, M., Blanco, G., Boisier, J.P., Calvo, R., Casielles, I., Castro, M., Chahuán, J., Christie, D., Cordero, L., Correa, V., Cortés, J., Fleming, Z., Gajardo, N., Gallardo, L., Gómez, L., Insunza, X., Iriarte, P., Labraña, J., Lambert, F., Muñoz, A., Opazo, M., O’Ryan, R., Osses, A., Plass, M., Rivas, M., Salinas, S., Santander, S., Seguel, R., Smith, P., Tolvett, S (2020). Resumen para tomadores de decisiones. *El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por  $MP_{2,5}$  en el centro y sur de Chile*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 16 pp. Disponible en [www.cr2.cl/contaminacion/](http://www.cr2.cl/contaminacion/)

An aerial photograph of a city, likely Santiago, Chile, showing a dense urban landscape with various buildings, trees, and a hazy sky. In the background, a range of mountains is visible under a grey, overcast sky. The overall atmosphere is one of air pollution or smog. A solid blue rectangular shape is positioned in the top right corner of the image.

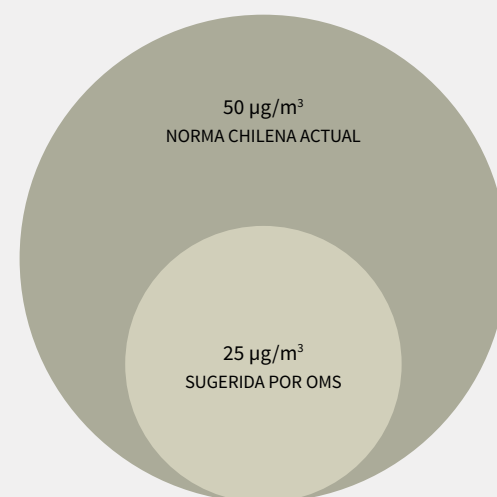
# La (des)contaminación del aire en Chile: pasos hacia el futuro

## La (des)contaminación del aire en Chile: pasos hacia el futuro

La calidad del aire es un problema complejo que no responde solo a factores físico-químicos, sino que también a variables socioculturales, económicas e institucionales. El informe “*El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por  $MP_{2,5}$  en el centro y sur de Chile*” se centra en los impactos y el rol que juega el sector residencial y sus emisiones de  $MP_{2,5}$  considerando estos diferentes factores. Esta investigación interdisciplinaria integra múltiples bases de datos, simulaciones numéricas, resultados de entrevistas y talleres con diversos actores para caracterizar no solo la calidad del aire actual, sino que también la evolución de la contaminación atmosférica desde épocas precolombinas y los factores que influyen en su evolución futura.

El  $MP_{2,5}$  es el material particulado fino completamente respirable, esto es, inferior a 2,5 micrones, que cada invierno causa un deterioro de la calidad del aire en las ciudades del centro y sur de Chile. Según estimaciones del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), alrededor de 10 millones de ciudadanos estuvieron expuestos en el año 2018 a concentraciones promedio diarias de  $MP_{2,5}$  superiores a lo establecido por la norma chilena actual ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y aún más lejos del límite sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Estos niveles tienen un importante impacto en salud y el MMA, además, estimó en cerca de 3.600 las muertes prematuras en ese año.

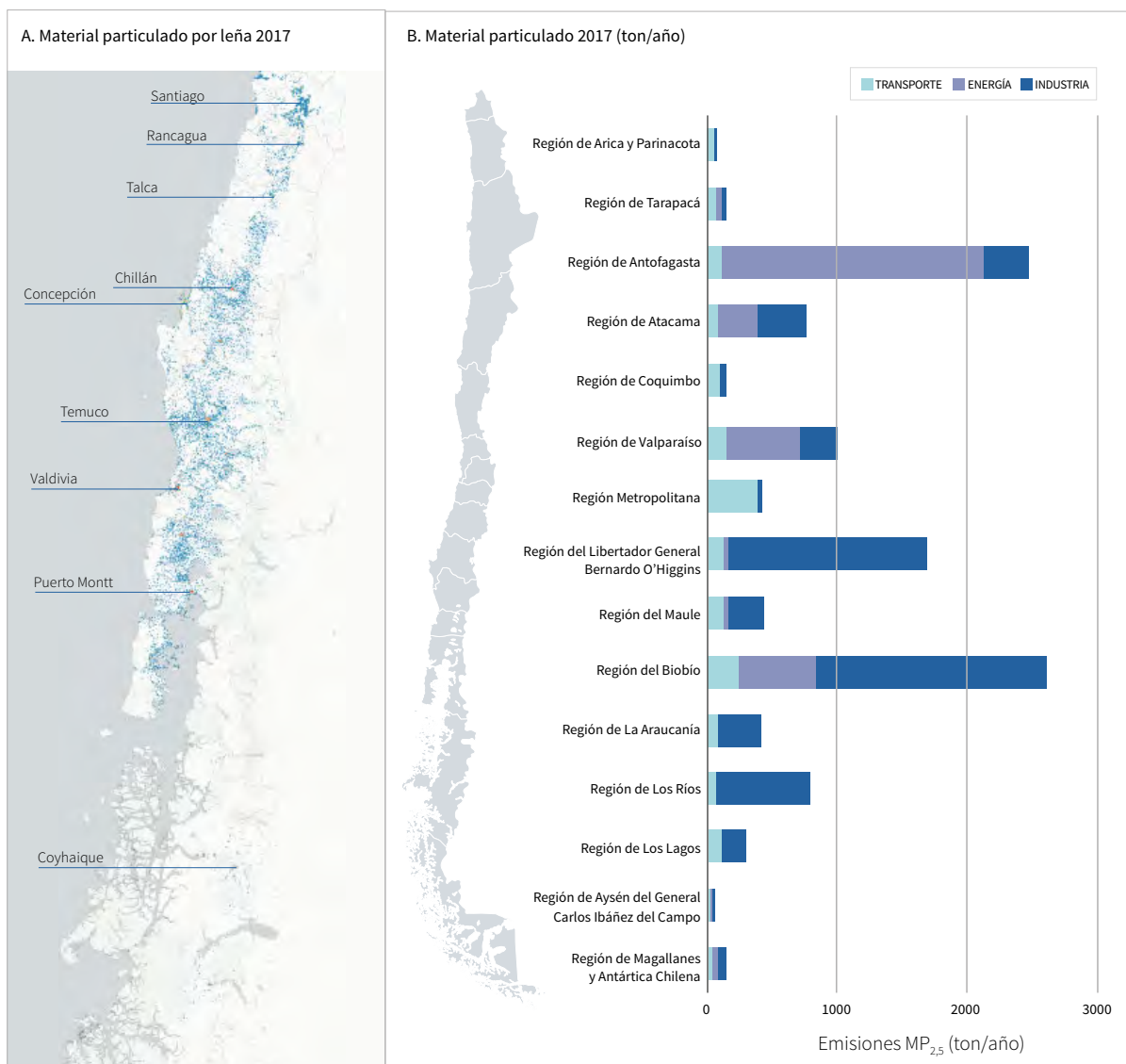
La calidad del aire en Chile ha experimentado un gradual deterioro durante los últimos 2.000 años, con un marcado incremento de la contaminación en el último siglo, lo que está directamente relacionado con el crecimiento demográfico, urbano y económico del país. Sin embargo, durante las últimas décadas se ha observado que los planes de descontaminación y políticas públicas implementadas para el monitoreo y control de emisiones han resultado en una mejoría parcial en la calidad del aire. Pese a esto, dicha mejoría aún no es suficiente, quedando mucho espacio para analizar la eficiencia y efectividad de las políticas implementadas.



Límite de concentraciones promedio diarias de  $MP_{2,5}$

Tanto la evaluación de políticas de mitigación como la cuantificación del impacto de los contaminantes en la calidad del aire y en la salud exigen conocer la magnitud de las emisiones humanas, la contribución relativa de los distintos sectores en las emisiones y su distribución en el territorio. Para dicho fin, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 compiló y desarrolló, a partir de información pública disponible, un inventario de emisiones de los principales contaminantes que afectan la calidad del aire en Chile. Este incluye una estimación de las emisiones desde los principales sectores (residencial,

transporte, industria y energía) para el periodo 2015-2017, y la ubicación de estas emisiones en mapas de alta resolución espacial (aproximadamente un kilómetro). Según este inventario, en las ciudades del centro y sur del país las emisiones de  $MP_{2,5}$  provienen, principalmente, del uso de leña a nivel residencial; mientras que, en la zona norte, de los sectores transporte e industria; en Santiago, en tanto, se da una combinación de estos tres sectores. Cabe destacar que a nivel nacional el uso de leña para calefacción y cocción de alimentos representó el 94 % de las emisiones de  $MP_{2,5}$  del año 2017.



Distribución del total anual de emisiones de  $MP_{2,5}$  del año 2017 para: (A) el sector residencial en la zona centro y sur de Chile, con resolución de 0.01 grados, y (B) los sectores transporte, energía y otras industrias a escala regional.

# Uso de leña y pobreza energética



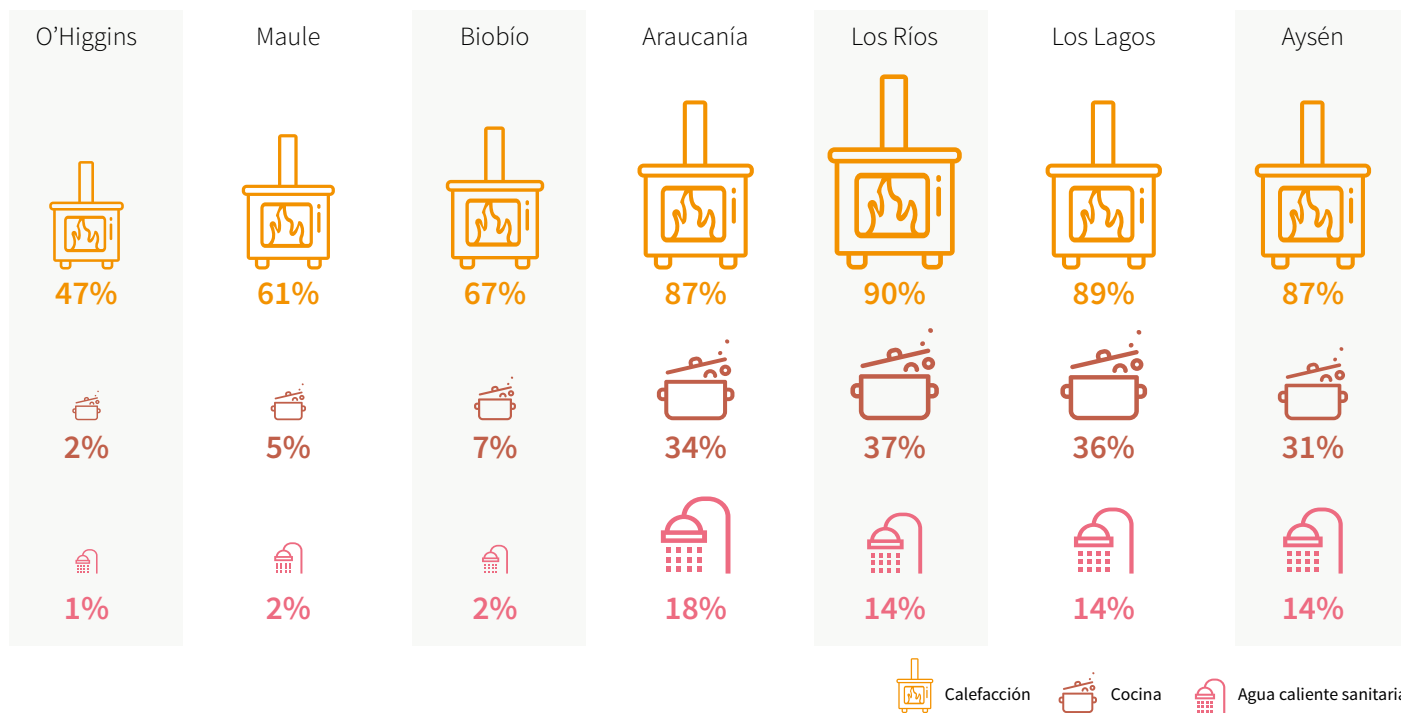
## Uso de leña y pobreza energética

La contaminación por uso de leña en las ciudades del centro y sur de Chile está estrechamente asociada a la pobreza energética debido a las dificultades para acceder a servicios energéticos de calidad junto con una aislación térmica deficiente de las viviendas. Además, la leña no solo es valorada por ser el energético de menor precio, sino que también por la multifuncionalidad de los artefactos asociados, el tipo de calor que entrega y porque es posible acceder a ella por diversos medios.

Debido a lo anterior, mejorar la calidad del aire para cumplir con la normativa ambiental vigente requiere lograr una transición energética hacia combustibles menos contaminantes, pero considerando las condiciones socioculturales y su heterogeneidad a lo largo del territorio. En el informe (CR)2 se presentan múltiples barreras

socioculturales y sociotécnicas a considerar para lograr esta transición, destacándose: (a) la precariedad de las viviendas, que no permiten retener el calor dentro del hogar; (b) las limitaciones para la disponibilidad y almacenamiento de leña seca; (c) la falta de conocimientos en eficiencia energética y manejo adecuado de los artefactos; (d) el arraigo cultural a la leña y a los artefactos multifuncionales, como la cocina a leña; (e) la definición de altos umbrales de confort térmico; y (d) el “olvido programado” del problema, ya que es relevante solo en invierno. Todo esto acompañado por la vulnerabilidad energética territorial relacionada con la limitada disponibilidad de otros combustibles, la desregulación e informalidad del mercado de la leña y la fragmentación de acciones jurídicas, político-institucionales y baja participación social.

Porcentaje de hogares, por región, que utiliza la leña para calefactar, cocinar y/o calentar agua. Fuente: CASEN 2017.





An aerial photograph of a city at dusk or dawn. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. A wide river flows through the city, with a bridge crossing it. The city lights are visible, and there is a hazy atmosphere. A blue square is in the top right corner.

# Impacto del $MP_{2,5}$ en la salud

*Ciudad de Temuco y contaminación*

## Impacto del $MP_{2,5}$ en la salud

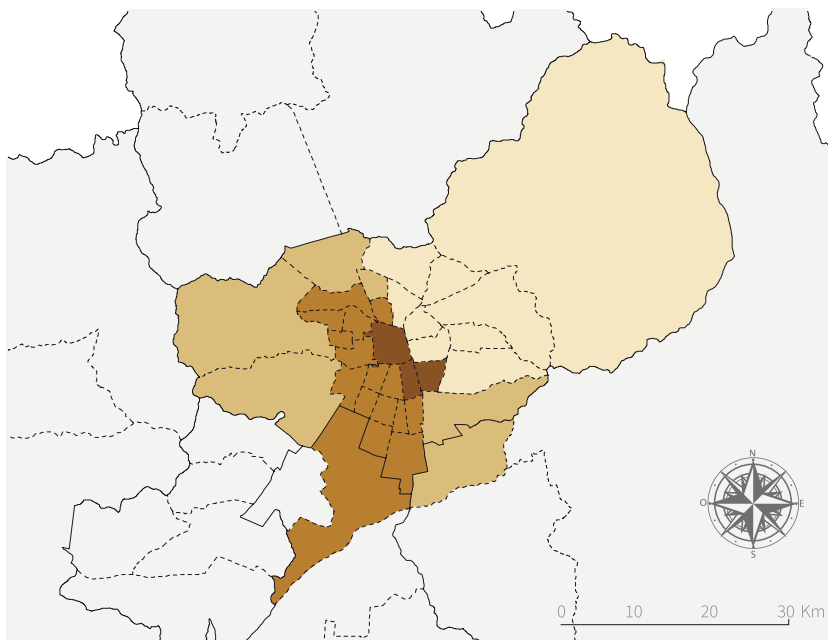
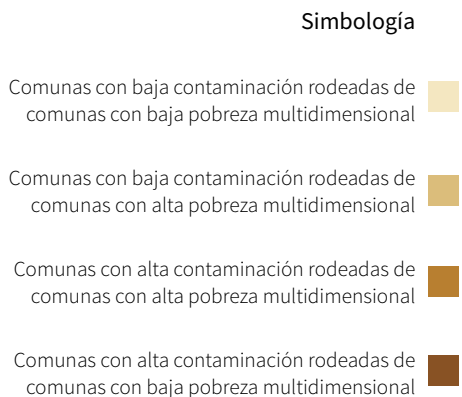
La sensibilidad de la población frente al impacto del  $MP_{2,5}$  en la salud tiene una distribución heterogénea a lo largo del país, siendo las ciudades del centro y sur de Chile especialmente vulnerables. A esto se suma que existe una mayor sensibilidad según variables socioeconómicas, demográficas y de condiciones de salud previas, reproduciendo así otras formas de desigualdad.

El informe (CR)2 estima en cerca de 4.500 las muertes anuales asociadas a la contaminación atmosférica por  $MP_{2,5}$ , un número mayor a la estimación oficial de muertes, la que solo considera los efectos cardiopulmonares en la población adulta menor a 80 años. Por el contrario, la estimación de mortalidad realizada para el informe incluye, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), a toda la población, sin distinción etaria y todas las causas naturales (exceptuando causas externas o no naturales, como accidentes, crímenes, etc.), no solo las asociadas a efectos cardiopulmonares. Según nuestros cálculos, estas diferencias metodológicas sugieren que la estimación oficial podría estar subestimando la mortalidad en cerca de un 50 %.

Muertes y hospitalizaciones evitables, según este trabajo, siguiendo recomendaciones OMS y el estándar nacional.



Mapa de patrones espaciales de pobreza multidimensional y contaminación atmosférica para las comunas del Gran Santiago



# La contaminación en el futuro

*Ciudad de Coyhaique y contaminación*

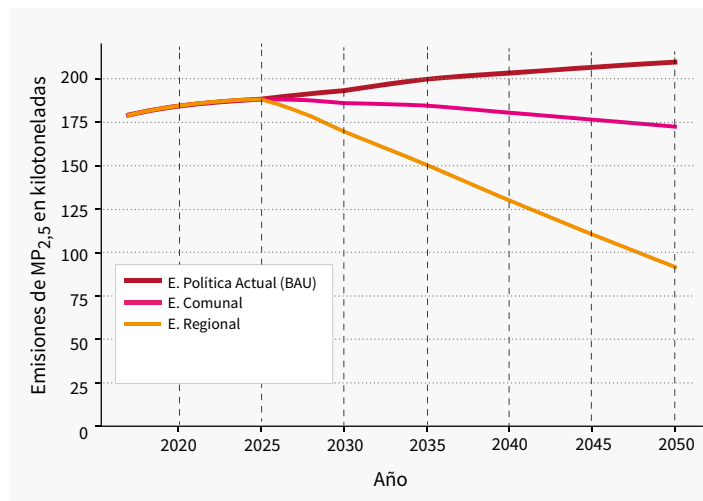
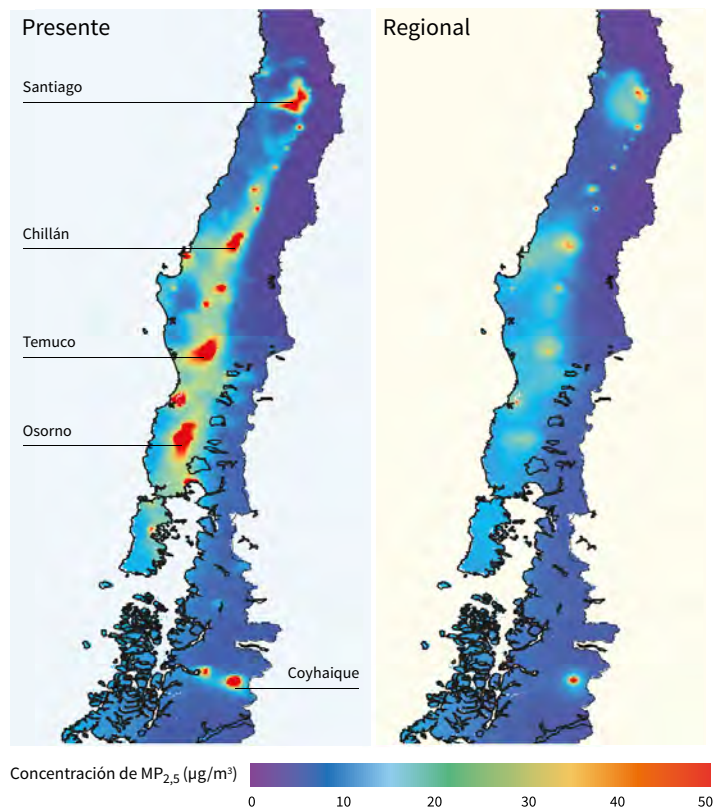
## La contaminación en el futuro

La calidad del aire en el futuro estará determinada, en primer lugar, por las acciones y políticas orientadas a reducir las emisiones. Debido a esto, la investigación realizada desarrolló diferentes escenarios de emisiones considerando distintas medidas de mitigación. Estas medidas integran las reducciones planificadas actualmente, así como tasas mayores de reducción de emisiones. Los resultados sugieren que la mayor reducción de las emisiones se logra cuando estas medidas se aplican simultáneamente en todas las comunas de las regiones del centro y sur. Sin embargo, los resultados de modelos numéricos de transporte de contaminantes basadas en estos escenarios mostraron que las principales ciudades de esta zona, ya aquejadas por problemas de contaminación atmosférica, seguirán excediendo la norma diaria de calidad del aire. Esto, aunque se aplicasen hoy todas las reducciones de emisiones hasta el año 2050 consideradas en el mejor de los escenarios. Estos resultados sugieren que se deben desarrollar medidas más ambiciosas que las que se prevén actualmente.

En segundo lugar, la calidad del aire también se verá influenciada, entre otros factores, por el cambio climático, que traería cambios en las condiciones de mezcla y ventilación atmosférica. Nuestro análisis muestra que hacia el año 2050, posiblemente, aumenten las condiciones meteorológicas que favorecen la ocurrencia de eventos de contaminación en el sur del país, en tanto, en la zona centro y norte podrían aumentar las condiciones favorables para una mayor ventilación, lo que disminuiría la probabilidad de eventos de contaminación.

*Trayectoria de emisiones residenciales  $MP_{2,5}$  bajo los escenarios: Política Actual "Business as usual" (BAU), Comunal y Regional, para los años 2017 al 2050*

Concentración media de  $MP_{2,5}$  en invierno para el periodo 2015-2017, calculados a partir de **emisiones presente** y en base a las proyecciones para el año 2050, según el **escenario de mitigación Regional**.



# Recomendaciones

*Ciudad de Temuco*

## Recomendaciones

En vista de todo lo anterior y considerando: (a) las proyecciones de emisiones, (b) las simulaciones de la dispersión de contaminantes, y (c) las barreras socioculturales, económicas y políticas, queda claro que los actuales esfuerzos para mejorar la calidad del aire están lejos de ser suficientes.

Todo esto, sumado a un escenario generalmente desfavorable para la calidad del aire debido al cambio climático, hace necesario acelerar los esfuerzos por mejorar la calidad de vida de la población, reducir las muertes evitables y transitar hacia un comportamiento energético más sostenible.

En base los resultados presentados en el [informe \(CR\)2](#), se realiza un conjunto de recomendaciones que buscan contribuir con la gestión de la calidad del aire en el país y sobrepasar las barreras identificadas. Entre estas recomendaciones destacamos las siguientes:

Mejorar la estimación de las emisiones asociadas a la quema de leña del sector residencial desarrollando, por un lado, factores de emisión representativos de las condiciones locales y, por otro, creando un instrumento regular y de extensión nacional que entregue de manera **sistemática e integral** información sobre el consumo de leña y que considere prácticas de consumo, caracterización de aparatos y cantidad de leña consumida. Una mejor estimación de las emisiones, en particular del sector residencial, contribuirá a diseños de políticas públicas más ajustadas a la realidad local. Ello será también beneficioso para el seguimiento del compromiso de Chile ante el Acuerdo de París para **mitigar carbono negro**.

Evaluar los impactos en la salud, tanto en mortalidad como morbilidad por la contaminación, no solo en términos de las normas primarias nacionales de calidad del aire, sino que también respecto de las guías de la OMS, transparentando y armonizando las metodologías aplicadas. Adicionalmente, se debieran adoptar los criterios de la OMS en la estimación de la mortalidad **considerando todas las causas naturales** (exceptuando causas externas o no naturales) y de toda la población. Esto se justifica, pues los efectos de la calidad del aire sobre la salud son sistémicos y acumulativos, contribuyendo a la morbilidad y la mortalidad tras la exposición crónica a la contaminación. Estimar de manera más precisa estos impactos permitirá una mejor toma de decisiones.



Ampliar los Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica a todas las ciudades con altos niveles de contaminación atmosférica, desarrollando políticas públicas de **alcance regional**, fortaleciendo la participación de la ciudadanía y estableciendo protocolos de verificación y fiscalización efectiva.

Finalmente, es fundamental aumentar el estándar de la Norma Térmica de Viviendas para viviendas nuevas, considerando las condiciones territoriales de las diferentes zonas climáticas, al mismo tiempo, promover de forma masiva el mejoramiento térmico de las viviendas existentes y formalizar el mercado de la leña.

Es primordial comprender que la contaminación atmosférica es un problema ambiental de gran complejidad, que requiere medidas más ambiciosas e integrales que busquen necesariamente mejorar la calidad de las viviendas y **hacer asequible** combustibles y tecnologías limpias.



