

Calidad del Aire

La contaminación del aire afecta la salud de personas y animales, daña la vegetación y el suelo, deteriora materiales, reduce la visibilidad y tiene el potencial de contribuir significativamente al cambio climático. Por ello, la calidad del aire sigue siendo una de las prioridades en materia de gestión ambiental en Chile.

Para el cumplimiento del objetivo estratégico de medir la contaminación del aire, el país cuenta con una Red de monitoreo de calidad del aire, orientada principalmente a la medición de material particulado en sus fracciones gruesa (MP_{10}) y fina ($MP_{2,5}$). Desde la publicación de la Norma para $MP_{2,5}$ se ha ido incrementando considerablemente la cobertura de esta medición, especialmente en ciudades de las zonas centro y sur del país, donde se registran las más altas concentraciones de ese contaminante, superando en gran número de casos la normativa anual vigente.

En Chile, se reconocen tres grandes fuentes de contaminación del aire: los medios de transporte, las actividades industriales y la calefacción de las viviendas mediante combustión de leña.

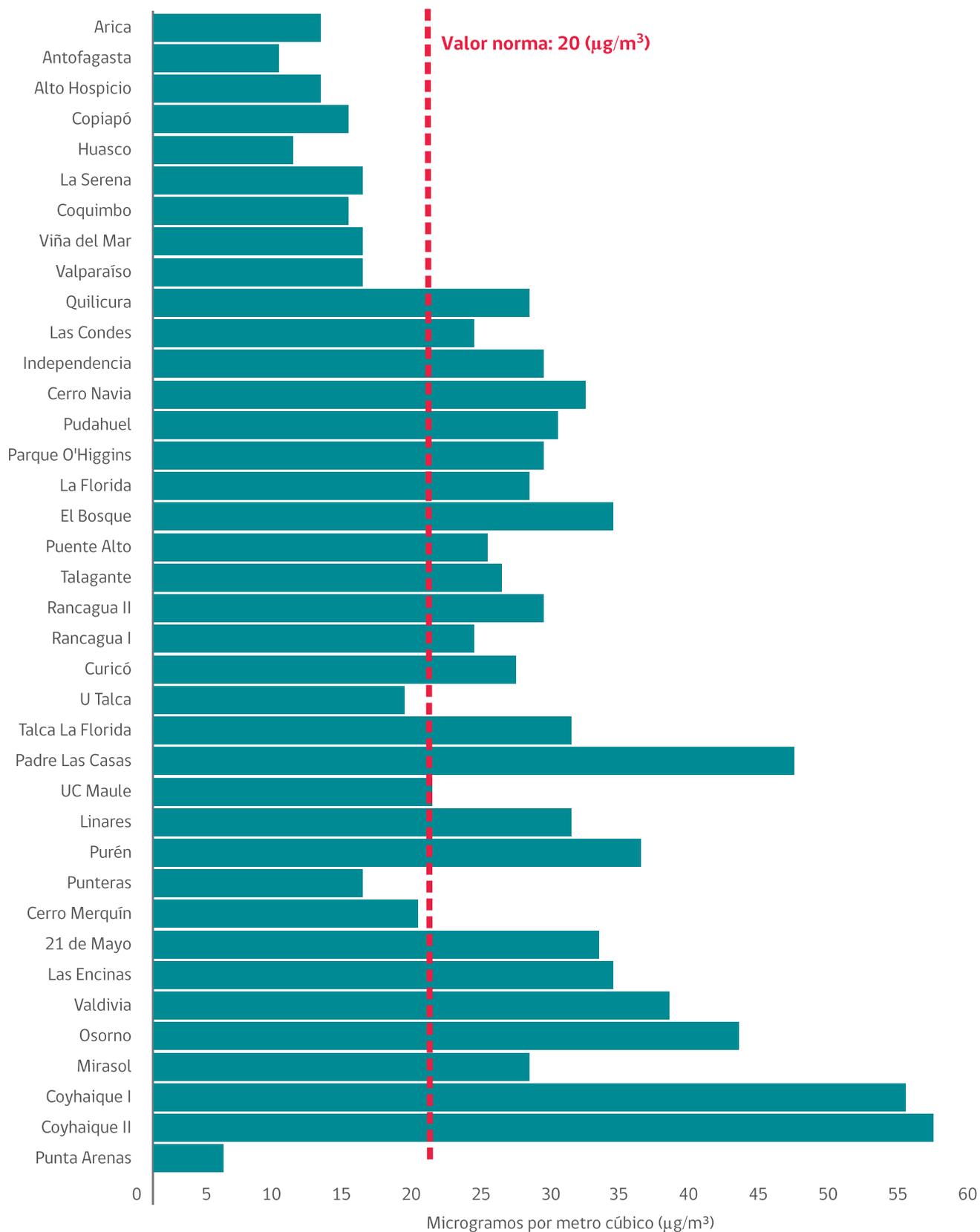
El país ha continuado implementando diversas acciones para mejorar la calidad del aire: nuevos planes de descontaminación atmosférica y alertas sanitarias, como el Plan de Concón, Quintero Puchuncaví; incrementó del número de estaciones de monitoreo de calidad del aire; regulaciones aplicadas al sistema de transporte público y privado; trabajo con las comunidades para mejorar la eficiencia energética de los hogares; y estableciendo normas de calidad (ej.: nueva norma primaria de dióxido de azufre, SO_2) y emisión para las principales fuentes industriales emisoras de contaminantes; además de la implementación de impuestos verdes, gravando las emisiones de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de carbono (CO_2) provenientes de fuentes fijas, y de fuentes móviles en la primera venta de vehículos de acuerdo a su rendimiento urbano y emisiones de NO_x .

I-CA1. PROMEDIO TRIANUAL DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5}) EN ESTACIONES DE MONITOREO DEL PAÍS

El 2018, a nivel nacional el 63% (24 de 38) de las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional presentaron concentraciones superiores al valor de la norma primaria anual para MP_{2,5} (20 µg/m³). Las estaciones ubicadas en la zona sur del país registraron las mayores concentraciones, debido principalmente a la combustión de leña residencial, alcanzándose el valor más alto (56 µg/m³) en la ciudad de Coyhaique (Estación Coyhaique II).

Descripción	Muestra las concentraciones promedio trianuales de material particulado fino (material particulado de diámetro menor a 2,5 micrones, MP _{2,5}) en las estaciones de monitoreo a nivel nacional, comparadas entre sí y con el valor de la norma primaria anual de ese contaminante (20 µg/m ³), para los últimos tres años más recientes con datos disponibles.
Metodología	<p>Las concentraciones anuales de MP_{2,5} se calculan según lo establece la norma D.S .Nº12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen las mediciones horarias de concentraciones de MP_{2,5} en el aire en estaciones de monitoreo con representatividad poblacional. • A partir de las mediciones horarias se calcula el promedio diario. Se considera válido el promedio diario si por lo menos tiene 18 horas medidas en el día. • A partir de los promedios diarios válidos se calculan los promedios mensuales. Se considera válido el promedio mensual si por lo menos tiene el 75% de los promedios diarios válidos en el mes. • Con los promedios mensuales se calcula el promedio anual. Para que el promedio anual sea válido se necesita un mínimo de 9 meses válidos. En el caso de tener 9 ó 10 meses válidos se completan los meses faltantes con el máximo de los últimos 12 meses válidos anteriores al mes faltante, hasta obtener 11 meses válidos. Luego con los 11 meses válidos se calcula el promedio anual. En el caso de tener 11 meses válidos se calcula el promedio anual con esos 11 meses. • Por último, se calcula el promedio aritmético de tres años sucesivos, a partir del cual se puede comparar con el valor límite que establece la norma.
Fuente de los datos	Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019.

Promedio trianual de concentraciones de material particulado fino (MP_{2,5}) en estaciones de monitoreo del país, (2016-2018)



[Download data](#)

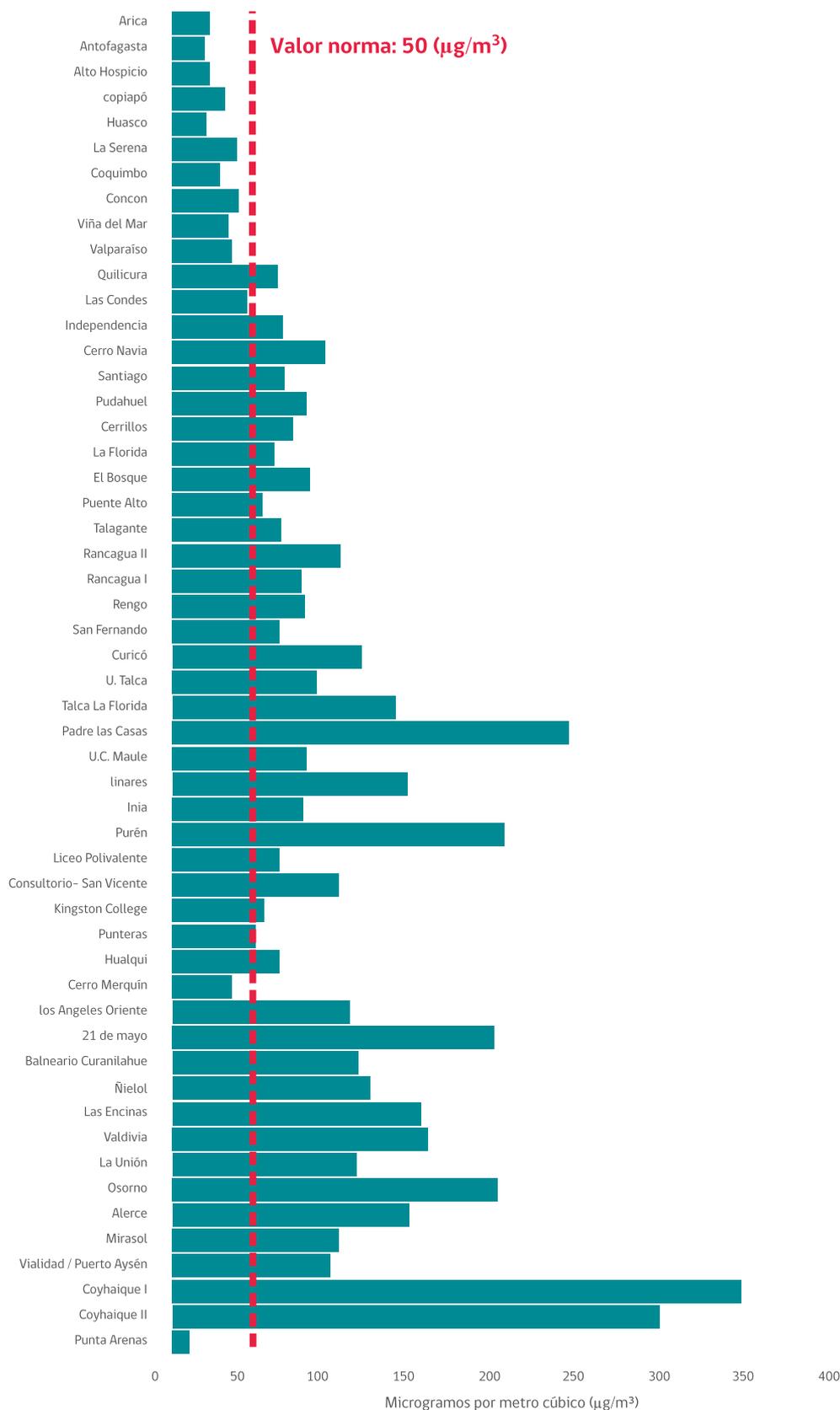
Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2019.

I-CA2. PERCENTIL 98 DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5}) EN ESTACIONES DE MONITOREO DEL PAÍS

En 2018, de las 53 estaciones que monitorearon el percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}), 39 registraron concentraciones sobre el valor límite (50 µg/m³) de la norma diaria de MP_{2,5} (promedio de 24 horas), las que representan el 73% del total. Las mayores concentraciones diarias para material particulado fino (MP_{2,5}) se observan en la comuna de Padre las casas, Región de la Araucanía (259 µg/m³ la estación de monitoreo Padre las Casas) y en la comuna de Coyhaique, Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo (380 µg/m³ en la estación de monitoreo Coyhaique I y 306 µg/m³ en la estación de monitoreo Coyhaique II).

Descripción	Muestra la comparación del percentil 98 de los promedios diarios de material particulado fino (material particulado cuyo diámetro es menor a 2,5 micrones, MP _{2,5}), registrados durante un año, en las estaciones de monitoreo a nivel nacional y de éstas con el valor de la norma de este parámetro (50 µg/m ³) al año más reciente.
Metodología	<p>El percentil 98 de las concentraciones diarias de MP_{2,5} se calcula según la norma D.S. N°12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen las mediciones horarias de concentraciones de MP_{2,5} en el aire en estaciones de monitoreo con representatividad poblacional. • A partir de las mediciones horarias se calcula el promedio diario. Se considera válido el promedio diario si por lo menos tiene 18 horas medidas en el día. • Luego se ordenan de menor a mayor los promedios diarios válidos registrados durante un año. Si existen por lo menos el 75% de los promedios diarios válidos, se podrá calcular el percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}) registradas durante un año. • Finalmente, el Percentil 98 corresponde al valor del elemento de orden "k", donde "k" se calcula por medio de la siguiente fórmula: $k=q \cdot n$, siendo "q" =0,98, y "n" el número de promedios diarios válidos. El valor "k" se redondea al número entero más próximo.
Fuente de los datos	Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019.

Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}) en estaciones de monitoreo del país, 2018



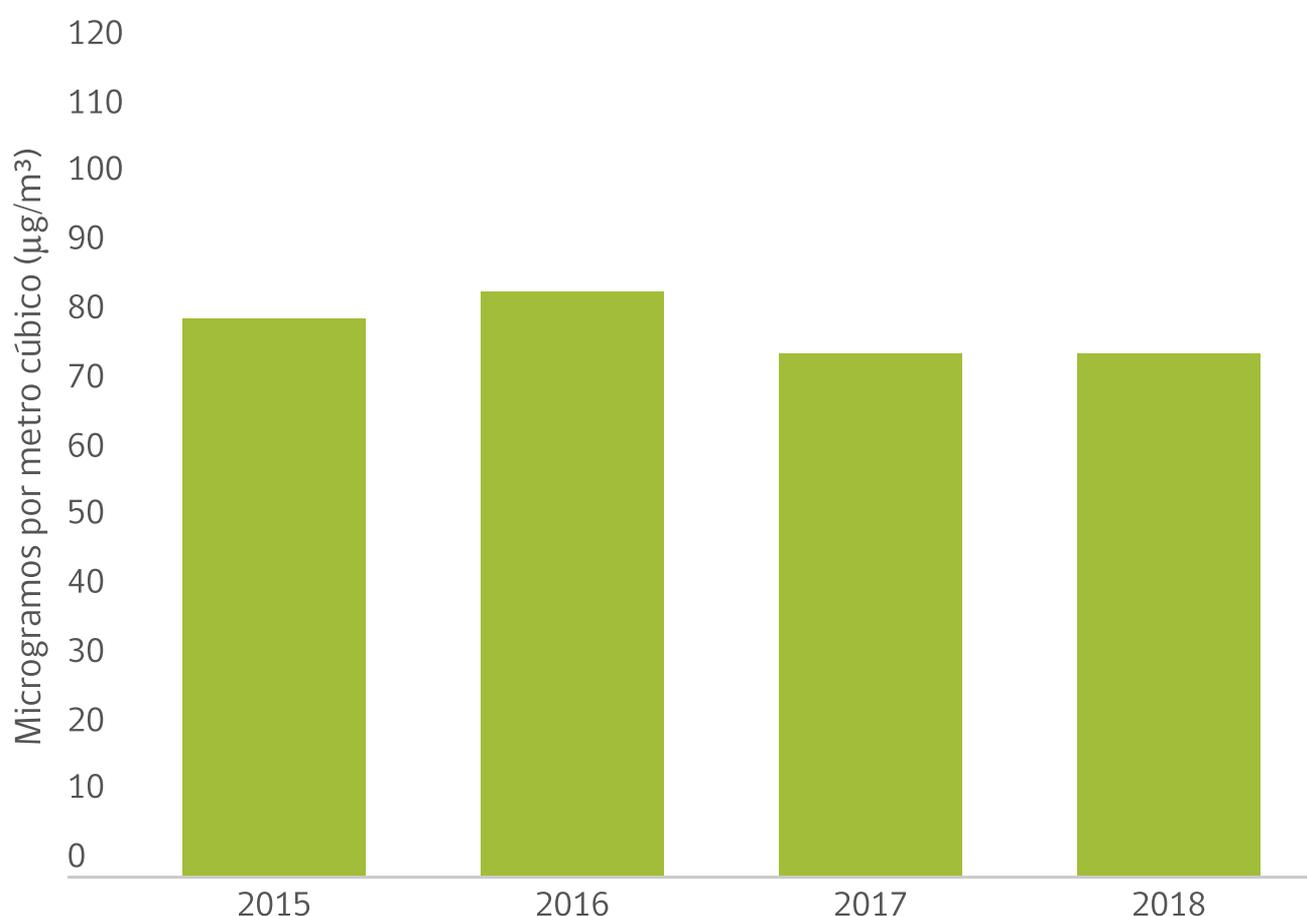
[Download data](#)

Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2019.

I-CA3 PERCENTIL 98 DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5}), PONDERADAS POR POBLACIÓN, EN ZONAS CON PLAN DE PREVENCIÓN Y/O DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}), ponderado por población, relaciona el promedio de las mediciones registradas por las estaciones de monitoreo para cada plan de prevención y/o descontaminación vigentes o en desarrollo, con la población expuesta dentro de las zonas reguladas por estos instrumentos. El periodo 2015-2018 muestra una disminución de 6,2% de la concentración ponderada total, desde 81 (µg/m³) a 76 (µg/m³).

Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}), ponderadas por población, en zonas con plan de prevención y/o descontaminación atmosférica, 2015-2018



 [Download data](#)

Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2019.

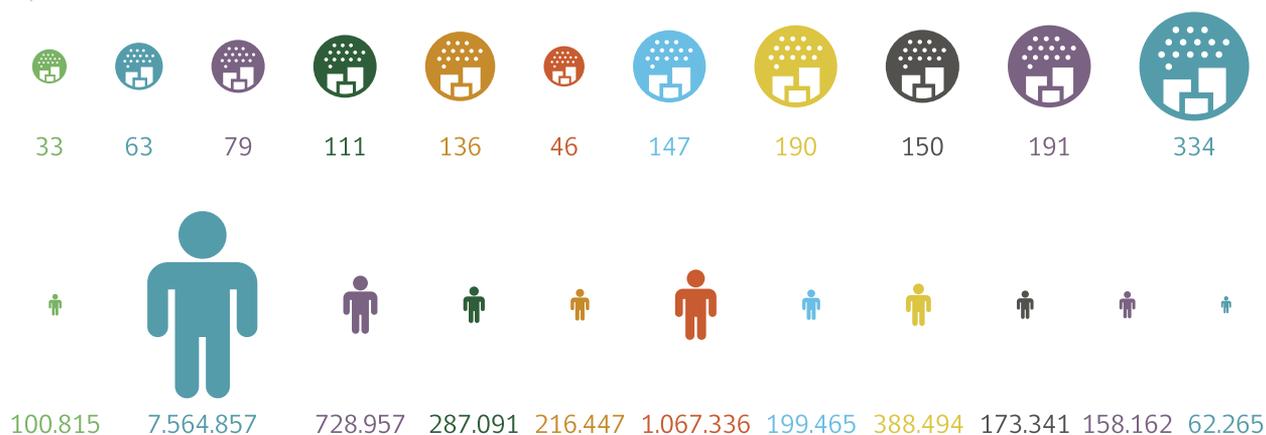
Descripción	<p>Muestra el promedio del percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}), registradas por estaciones de monitoreo de zonas asociadas a planes de prevención y/o descontaminación atmosférica (PPDA) vigentes o en desarrollo, ponderadas por la población expuesta de estas zonas.</p>
Metodología	<p>El indicador considera el promedio del percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}) registradas por estaciones de monitoreo asociadas a planes de prevención y/o descontaminación atmosférica (PPDA). Se incluye un total de 11 planes para las siguientes zonas: comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví; Región Metropolitana de Santiago; Valle central de la región de O'Higgins; Provincia de Curicó; comunas de Chillán y Chillán Viejo; comunas de Concepción, Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Penco, Tome, Hualpén y Talcahuano; comuna de los Ángeles; Comuna de Valdivia; comuna Temuco y Padre las Casas; Comuna de Osorno; ciudad de Coyhaique y su Zona Circundante.</p> <p>El total de concentración ponderada por población se obtiene mediante la sumatoria de las multiplicaciones de las concentraciones promedio de cada zona con PPDA por su respectiva población expuesta, dividida por la población total expuesta de todas las zonas.</p> <p>Las variables de concentraciones y población expuesta se definen y obtienen de la siguiente manera.</p> <p>Concentraciones: Promedio del percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}), registradas por estaciones de monitoreo asociadas a PPDA.</p> <p>El percentil 98 de las concentraciones diarias de MP_{2,5} se calcula según la norma D.S. N°12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen las mediciones horarias de concentraciones de MP_{2,5} en el aire en estaciones de monitoreo con representatividad poblacional. • A partir de las mediciones horarias se calcula el promedio diario. Se considera válido el promedio diario si por lo menos tiene 18 horas medidas en el día. • Luego se ordenan de menor a mayor los promedios diarios válidos registrados durante un año. Si existen por lo menos el 75% de los promedios diarios válidos, se podrá calcular el percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}) registradas durante un año. • Finalmente, el Percentil 98 corresponde al valor del elemento de orden "k", donde "k" se calcula por medio de la siguiente fórmula: $k=q \cdot n$, siendo "q" =0,98, y "n" el número de promedios diarios válidos. El valor "k" se redondea al número entero más próximo.
Fuente de los datos	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), proyecciones de población 2002-2020.</p>

I-CA4. POBLACIÓN EXPUESTA A CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO FINO EN ZONAS LATENTES O SATURADAS POR MP_{2,5}

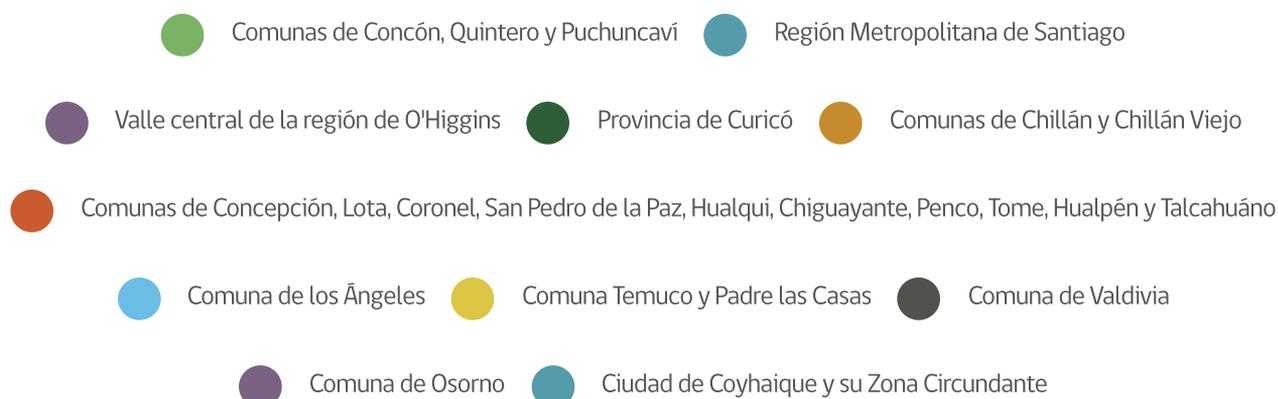
En 2018, cerca de 9,7 millones de habitantes del país en zonas latentes o saturadas por material particulado fino se encontraron expuestos a concentraciones de MP_{2,5} superiores al valor de la norma (50 µg/m³). Las mayores concentraciones se encuentran registradas en la estación Coyhaique I (334 µg/m³), asociada al plan de descontaminación de la ciudad de Coyhaique y zonas circundante, en donde habitan aproximadamente 62.000 personas. Mientras que las menores concentraciones se encuentran en la zonas de Concón, Quintero y Puchuncaví, en donde el promedio del percentil 98 de las concentraciones diarias de MP_{2,5} de las estaciones Quintero, La Greda, Puchuncaví, Los Maitenes, Valle Alegre y Concón es de 33 µg/m³.

Población expuesta a concentraciones de material particulado fino en zonas latentes o saturadas por MP_{2,5}, 2018

MP_{2,5} (µg/m³)



Población (hab)



Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA 2019 e INE 2018.

<p>Descripción</p>	<p>Muestra la población expuesta a concentraciones anuales de material particulado fino (MP_{2,5}) agrupadas por zonas que se encuentren latentes o saturadas por material particulado fino (MP_{2,5})</p>
<p>Metodología</p>	<p>El indicador considera el promedio del percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}) registrados por estaciones de monitoreo asociadas a PPDA vigente o en desarrollo, razón por la cual la zona se considere latente o saturada por material particulado, y su población expuesta respectiva, para lo cual hay un total de 11 planes, para las siguientes zonas: comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví; Región Metropolitana de Santiago; Valle central de la región de O'Higgins; Provincia de Curicó; comunas de Chillán y Chillán Viejo; comunas de Concepción, Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Penco, Tome, Hualpén y Talcahuano; comuna de los Ángeles; Comuna de Valdivia; comuna Temuco y Padre las Casas; Comuna de Osorno; ciudad de Coyhaique y su Zona Circundante.</p> <p>Población expuesta: La población expuesta corresponde a las estimaciones de población del INE en el periodo 2002-2020 que abarcan las zonas de los PPDA.</p>
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), proyecciones de población 2002-2020.</p>

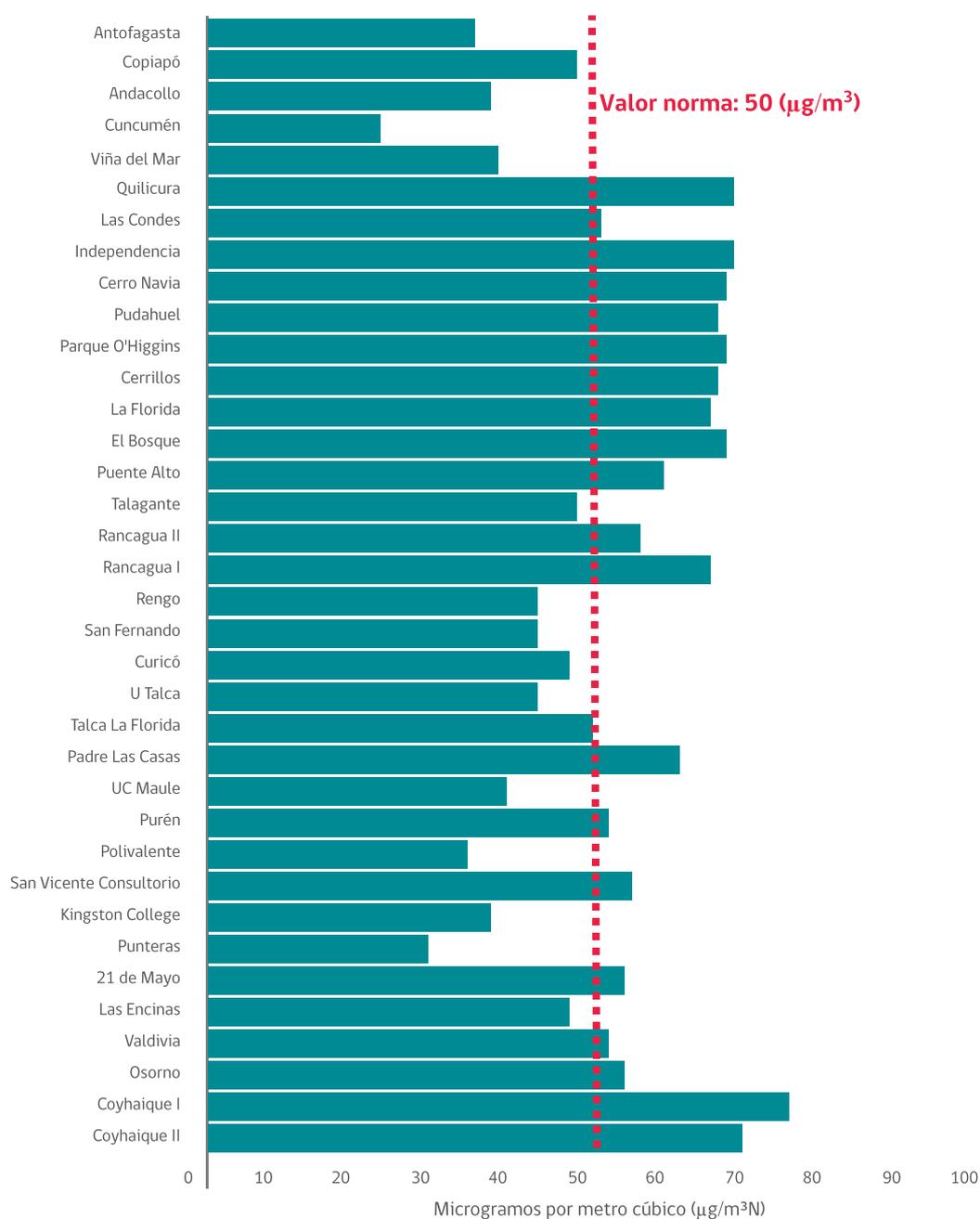


Foto: Karina Bahamonde

I-CA5. PROMEDIO TRIANUAL DE MATERIAL PARTICULADO (MP₁₀) EN ESTACIONES DE MONITOREO DEL PAÍS

El 2018, el 53% (19 de 36) de las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional sobrepasaron el límite normativo anual para MP₁₀ (50 µg/m³N). Las mayores concentraciones de este contaminante se observaron en las estaciones Coyhaique I (74 µg/m³N), Coyhaique II (68 µg/m³N), Quilicura (67 µg/m³N) e Independencia (67 µg/m³N).

Promedio trianual de concentraciones de material particulado grueso (MP₁₀) en estaciones de monitoreo del país, 2016- 2018



 [Download data](#)

Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2019.

<p>Descripción</p>	<p>Muestra las concentraciones promedio trianuales de material particulado grueso (material particulado cuyo diámetro es menor a 10 micrones, MP_{10}) de las estaciones de monitoreo a nivel nacional comparadas entre sí y con el valor de la norma anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) al año más reciente.</p>
<p>Metodología</p>	<p>Las concentraciones anuales de MP_{10} se calculan de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ Se toman las mediciones horarias de concentraciones de MP_{10} en el aire en estaciones de monitoreo con representatividad poblacional. ▸ A partir de las mediciones horarias se calcula el promedio diario. Se considera válido el promedio diario si por lo menos tiene 18 horas medidas en el día. ▸ A partir de los promedios diarios válidos se calculan los promedios mensuales. Se considera válido el promedio mensual si por lo menos tiene el 75% de los promedios diarios válidos en el mes. ▸ Luego con los promedios mensuales se calcula el promedio anual. Para que el promedio anual sea válido se necesita un mínimo de 9 meses válidos. En el caso de tener 9 o 10 meses válidos se completan los meses faltantes con el máximo de los últimos 12 meses válidos al mes faltante, hasta obtener 11 meses válidos. Luego con los 11 meses válidos se calcula el promedio anual. En el caso de tener 11 meses validos se calcula el promedio anual con esos 11 meses. ▸ Por último, se calcula el promedio aritmético de tres años sucesivos, a partir del cual se puede comparar con el valor límite que establece la norma.
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019.</p>

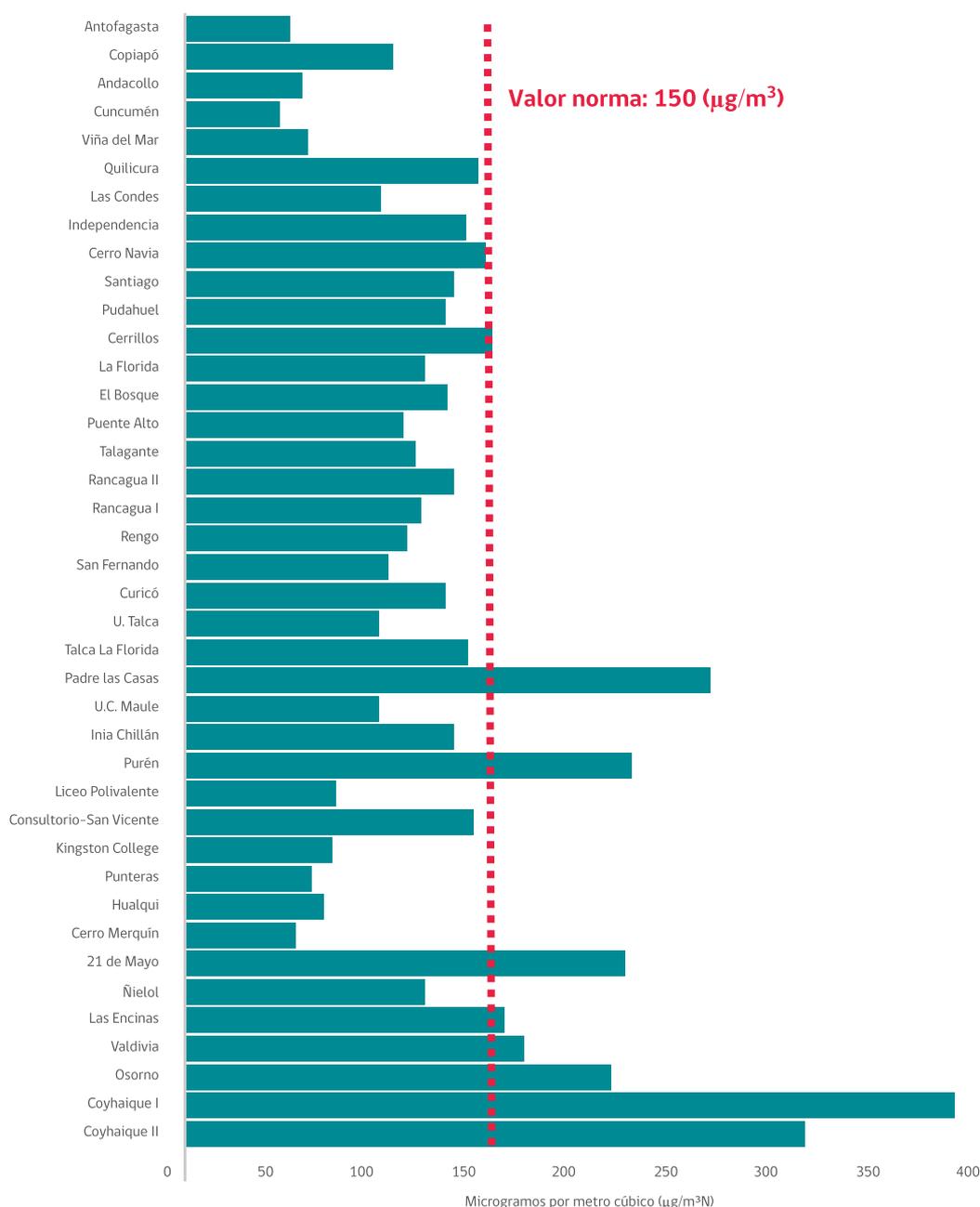


Foto: Pablo García Saldaña

I-CA6. PERCENTIL 98 DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE MATERIAL PARTICULADO (MP₁₀) EN ESTACIONES DE MONITOREO DEL PAÍS

En 2018, el 23% (9 de 40) de las estaciones de monitoreo en las que es posible calcular el percentil 98 de MP₁₀ obtuvieron concentraciones de 24 horas mayores al límite establecido a nivel normativo (150 µg/m³N). Las estaciones que registraron los más altos valores fueron Coyhaique I (380 µg/m³N) y Coyhaique II (306 µg/m³N).

Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP₁₀) en estaciones de monitoreo del país, 2018



 Download data

Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2019.

<p>Descripción</p>	<p>Muestra la comparación del percentil 98 de los promedios diarios de material particulado grueso material particulado cuyo diámetro es menor a 10 micrones, MP_{10} de las estaciones de monitoreo representativas del país, entre sí y con el valor de la norma ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{N}$), para el año más reciente.</p>
<p>Metodología</p>	<p>El percentil 98 de las concentraciones diarias de MP_{10} se calcula de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se registran las mediciones horarias de concentraciones de MP_{10} en el aire en estaciones de monitoreo con representatividad poblacional. • A partir de las mediciones horarias se calcula el promedio diario, considerándose válido cuando por lo menos tiene 18 horas medidas en el día. • Luego se ordenan de menor a mayor los promedios diarios válidos registrados durante un año. Si existen por lo menos el 75% de los promedios diarios válidos, se podrá calcular el percentil 98 de las concentraciones diarias registradas durante el año. • Finalmente el Percentil 98 será el valor del elemento de orden "k". En el que "k" se calculará por medio de la siguiente fórmula: $k=q \cdot n$, donde "q" =0,98, y "n" corresponde al número de promedios diarios válidos. El valor "k" se redondea al número entero más próximo.
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019.</p>



Foto: Loïc Merxilliod

I-CA7. EVOLUCIÓN TRIANUAL DEL PERCENTIL 99 DE LAS CONCENTRACIONES (MEDIA MÓVIL DE 8 HORAS) DE OZONO PARA LA REGIÓN METROPOLITANA

En la Región Metropolitana, el percentil 99 de las concentraciones trianuales máximas de 8 horas ha excedido su valor de norma ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) durante todo el periodo 2003-2018). Primero se observó una disminución en el periodo 2003-2012 desde 202 (68% de superación) a $142 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (18% de superación), el valor más bajo. Luego, se observa un incremento a partir del 2013, llegando a un valor de $164 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ el año 2018, lo que representa un 37% de superación de la norma.

Evolución trianual del Percentil 99 de las concentraciones de ozono (O_3) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2003-2018



 [Download data](#)

Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2019.

<p>Descripción</p>	<p>Evolución del promedio aritmético trianual del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas (media móvil de 8 horas) de ozono monitoreado en las estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, con respecto al valor de la norma (170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N).</p>
<p>Metodología</p>	<p>Las estaciones de monitoreo registran horariamente las concentraciones de ozono en el aire.</p> <p>Las concentraciones de ozono (medias móviles de 8 horas) se calculan en los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se obtienen las medias móviles de 8 horas para los datos horarios en un año. Se considera media móvil de 8 horas al promedio de 8 horas consecutivas. Como requisito mínimo se consideraron tener a lo menos 6 horas consecutivas de datos válidos para calcular el promedio. - Se mide el máximo de las medias móviles de 8 horas por cada día. Se considera como criterio tener a los menos el 75% de los datos máximos diarios. - Se calcula el percentil 99 de los máximos diarios obtenidos en el paso anterior. <p>Las estaciones consideradas para el cálculo son: Independencia, La Florida, Las Condes, Santiago, Pudahuel, Cerrillos, El Bosque, Cerro Navia, Puente Alto, Talagante y Quilicura.</p>
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2019.</p>



I-CA8. ESTIMACIÓN TEÓRICA DE MORTALIDAD Y MORBILIDAD POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5})

Entre los efectos de la exposición crónica de la población a la contaminación por MP_{2,5} se consideran la mortalidad cardiorrespiratoria, admisiones hospitalarias por diversas causas, visitas a salas de emergencia por bronquitis agudas y restricciones de actividad que incluyen días de pérdida de trabajo y días de actividad restringida.

Para poder valorizar la magnitud de los impactos en salud en función de la variación en los niveles de contaminación presente, el Ministerio del Medio Ambiente ha desarrollado análisis teóricos que permiten de manera referencial valorizar el efecto potencial de la calidad del aire en la población expuesta a ella.

El método de la función de daño comprende una secuencia de modelos interrelacionados que es parte central de la técnica para la elaboración de análisis general de impacto económico y social para instrumentos de gestión de calidad del aire, desarrollada por el Ministerio del Medio Ambiente. A partir de la aplicación de estas herramientas se han obtenido valoraciones teóricas para las categorías en estudio.

Estimación teórica de mortalidad y morbilidad por exposición a material particulado fino (MP_{2,5}),

2018

TIPO DE EFECTO	CAUSA	GRUPO DE EDAD	CASOS (2018)	COSTOS SOCIALES (MM USD) (2018)
MORTALIDAD PREMATURA	Cardiopulmonar	Mayores de 30 años	3.640	2.437
ADMISIONES HOSPITALARIAS	Ataques de asma	Entre 0 y 64 años	130	0,15
	Cardiovasculares	Mayores de 18 años	1.563	3,9
	Pulmonar crónica	Mayores de 18 años	223	0,36
	Neumonía	Mayores de 65 años	984	1,7
VISITA A SALA DE EMERGENCIAS	Bronquitis aguda	Entre 0 y 17 años	88.635	5
RESTRICCIÓN DE ACTIVIDAD	Días de pérdida de trabajo	Entre 18 y 64 años	728.434	27
	Días de actividad restringida	Entre 18 y 64 años	3.212.560	36

 [Download data](#)

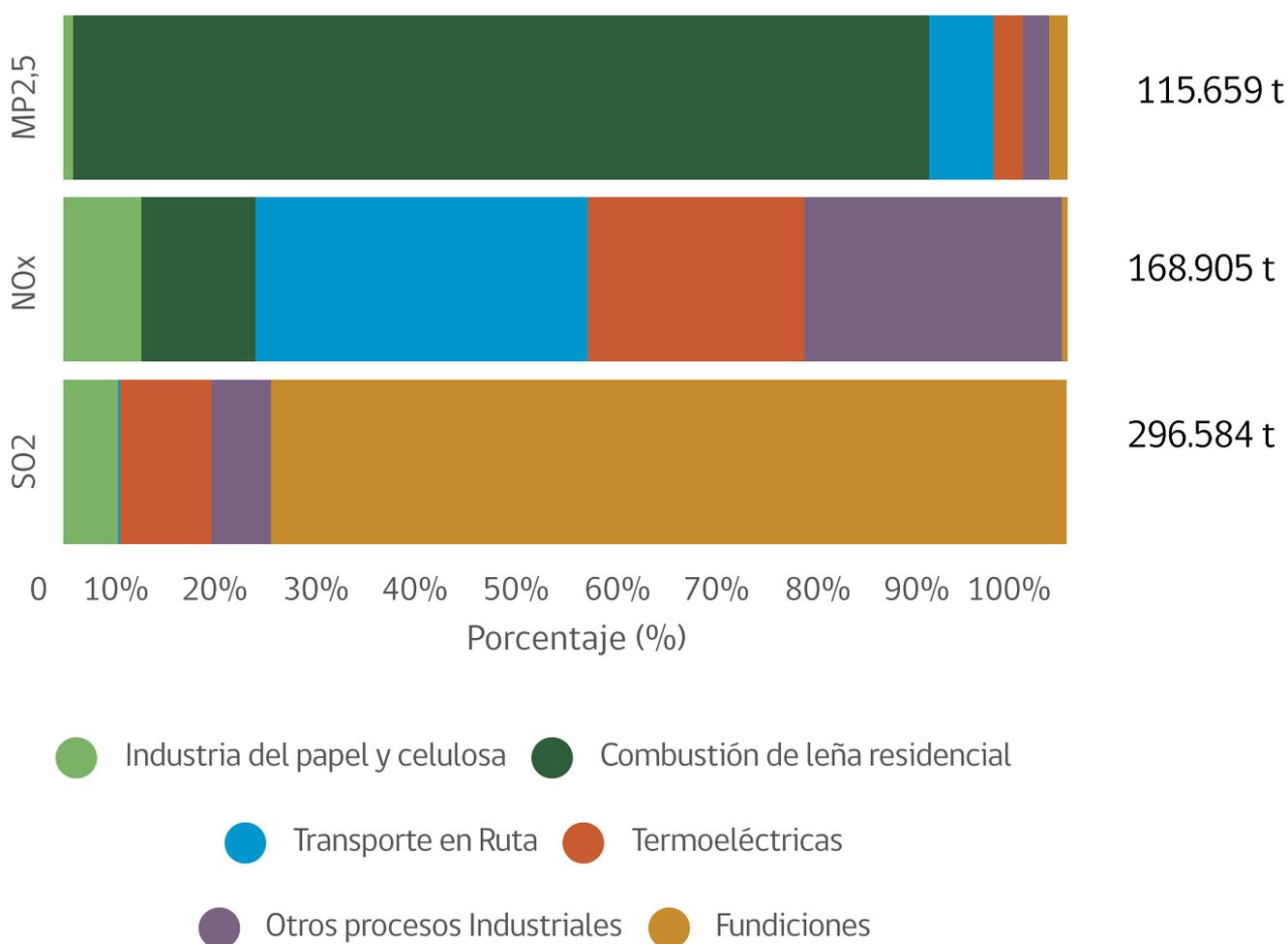
Fuente: Elaboración propia, en base a actualización 2019 de MMA (2012), MIDESO (2011) y GreenLabUC (2015).

<p>Descripción</p>	<p>Presenta una estimación del número de eventos de mortalidad y morbilidad asociados a la exposición a contaminación atmosférica por $MP_{2.5}$ a nivel nacional según grupo etéreo para el año más reciente con datos disponibles. Además presenta una estimación del impacto económico (MMUSD/año) o costo social producto del perjuicio en el bienestar social por el aumento en el riesgo de muerte, costos de gastos médicos y pérdida de productividad laboral. Este indicador representa una subvaloración del verdadero impacto de la contaminación atmosférica ya que no considera el efecto de otros contaminantes diferentes al material particulado fino ($MP_{2.5}$), ni la incidencia de la calidad del aire en otros efectos en salud no cuantificados.</p>
<p>Metodología</p>	<p>Para estimar el número de casos asociados a los distintos eventos de mortalidad y morbilidad estudiados, según grupo etario, se utilizan funciones concentración-respuesta que relacionan las concentraciones de $MP_{2.5}$ en el ambiente con sus impactos en salud. Los números de casos representan los eventos de mortalidad y morbilidad que se producen en el país por observarse niveles de concentración superiores al nivel recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual.</p> <p>Las funciones concentración-respuesta aíslan el impacto que la concentración tiene sobre ciertos tipos de mortalidad y enfermedades, a través de un coeficiente de riesgo unitario obtenido en estudios epidemiológicos internacionales. En el cálculo se considera también la población expuesta y las tasas de mortalidad y de morbilidad en la zona. Estas últimas fueron calculadas en el estudio GreenlabUC (2015) de acuerdo a las estadísticas del Departamento de Estadísticas e información de Salud (DEIS).</p> <p>Entre las enfermedades que tienen vinculación demostrada con la contaminación se encuentran enfermedades cardiopulmonares, cardiovasculares, pulmonares crónicas, neumonía, ataques de asma y bronquitis aguda.</p> <p>Se estiman también impactos en la productividad debido a la contaminación, ya que los días de hospitalización en muchos casos implican días de trabajo perdido. A su vez, se consideran “días de actividades restringida” en aquellos casos en que el afectado es un niño que está al cuidado de una persona adulta ocupada.</p> <p>En último lugar, se valoriza el cambio en la incidencia de los efectos usando valores sociales.</p> <p>La población considerada en este análisis corresponde a la población urbana de las comunas que cuentan con monitoreo de $MP_{2.5}$, la que representa el 66% de la población total del país (urbana más rural).</p>
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Elaboración propia en base a MMA (2012), MIDESO (2011), GreenLabUC (2015).</p> <p>“Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire”, 2012, Santiago, Ministerio del Medio Ambiente.</p> <p>“Estimación de los costos sociales por fallecimiento prematuro en Chile a través del enfoque de capital humano”, 2011, Ministerio de Desarrollo Social.</p> <p>“Actualización de tasas de incidencia base, valores unitarios por eventos de morbilidad y análisis de funciones dosis -respuesta para contaminación atmosférica”, 2015 GreenLabUC.</p>

I-CA9. COMPOSICIÓN DE LAS EMISIONES AL AIRE DE MP_{2,5}, NO_x y SO₂ A NIVEL NACIONAL POR TIPO DE FUENTE

El 2017, las emisiones nacionales totales de MP_{2,5}, NO_x y SO₂ alcanzaron 115.659, 168.905 y 296.584 toneladas, respectivamente. En el caso del MP_{2,5} la combustión de leña residencial fue la principal fuente emisora (85,2%), seguido del transporte en ruta (6,5%). Respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), el transporte en ruta (33,2%), otros procesos industriales (25,7%) y termoeléctricas (21,5%) fueron las principales fuentes. Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) fueron generadas principalmente por las fundiciones (79,3%).

Composición de las emisiones al aire de MP_{2,5}, NO_x y SO₂ a nivel nacional por tipo de fuente, 2017



 [Download data](#)

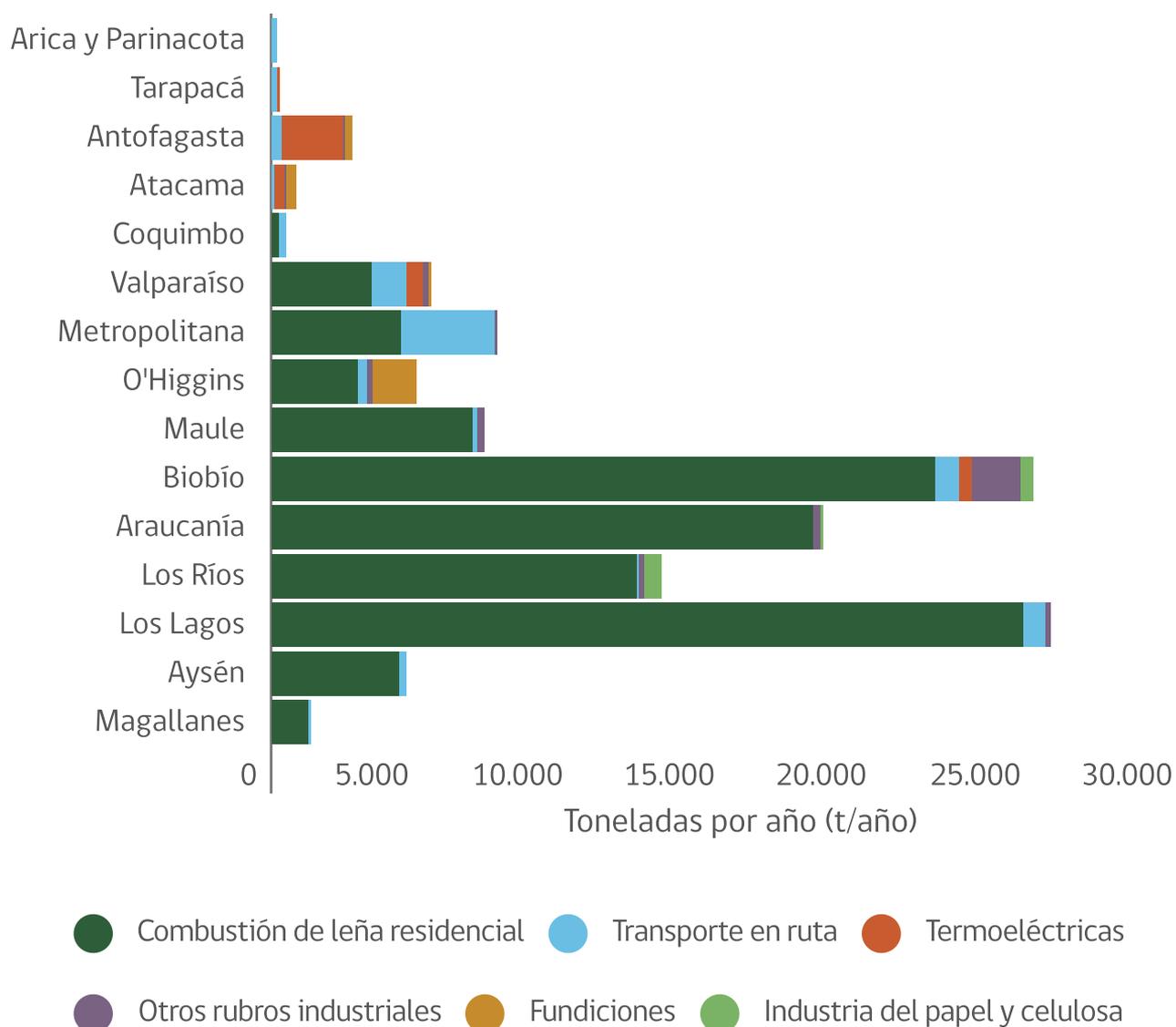
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2019.

Descripción	<p>Indicador que compara la proporción de emisiones de material particulado fino ($MP_{2.5}$), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO_2) a nivel nacional, por cada tipo de fuente emisora sobre el total de emisiones de cada uno de estos contaminantes, del año más reciente con datos disponibles.</p>
Metodología	<p>Las emisiones de contaminantes al aire por tipo de fuente provienen del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Las fuentes de emisión tienen distintas metodologías de estimación y origen, pudiéndose clasificar principalmente como fuentes puntuales y fuentes no puntuales. Dentro de las fuentes no puntuales se encuentran la combustión de leña residencial y el transporte en ruta, en cambio, en las fuentes puntuales se encuentran las termoeléctricas, las fundiciones y el resto de las categorías industriales.</p> <p>Las emisiones del transporte en ruta se calculan a partir del modelo de emisiones vehiculares MODEM versión 5.1., para 22 ciudades del país, el cual contempla información proporcionada por: SECTRA, Plantas de Revisión Técnica (MTT), Transantiago (RM) y el parque vehicular estimado por el INE. Hay otras 5 ciudades donde la estimación se realiza a partir de una metodología simplificada con el uso de factores de emisión.</p> <p>En el caso de la combustión de leña residencial, las estimaciones se hacen a partir de una metodología top down, para la cual se utilizó como información base, la encuesta nacional de leña del estudio "Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera" realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2015) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Arica y Parinacota hasta Coquimbo son agrupadas en macrozona norte. Además, desde esa misma encuesta se obtuvieron parámetros claves para la estimación de emisiones por región; tales como, humedad, tipo de artefacto y tiraje, mientras que los factores de emisión que utilizan dichos parámetros fueron calculados en el marco del inventario de Temuco y Padre Las Casas, provenientes del estudio "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013" (CONAMA, 2014) desarrollado por SICAM Ingeniería Ltda., para la Seremi del Medio Ambiente, Región de la Araucanía.</p> <p>También, se utilizó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN, 2013) y la información reportada por el "Programa de Proyecciones de la Población" desarrollado por el INE a partir de los resultados de los Censos levantados en el país, para obtener porcentajes de distribución poblacional a nivel comunal (urbano y rural) en las 15 regiones del país, los cuales son utilizados para distribuir los consumos regionales de leña.</p> <p>En el caso de las emisiones de fuentes puntuales, se utilizan los datos de los establecimientos que declaran en el D.S N°138/2005 MINSAL. En el caso de la categoría termoeléctricas, se consideran solo a los establecimientos afectos a declarar en el D.S.N°13/2011 MMA, junto con privilegiar el valor de las emisiones de NO_x y SO_2 reportadas en el marco de dicho decreto, por corresponder a mediciones realizadas directamente en sus chimeneas. Además, para las fundiciones, se consideran sólo aquellos establecimientos que deben dar cumplimiento a la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico (D.S. N°28/2013 MMA), junto con privilegiar las emisiones de SO_2 del proceso de</p>
Fuente de los datos	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2019.</p>

I-CA10 . EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5}) POR REGIÓN Y TIPO DE FUENTE

En el año 2017, las mayores emisiones de MP_{2,5} del país se observan en la zona sur desde la Región del Biobío hasta al Región de Los Lagos, sumando cerca de 85 mil toneladas entre las cuatro regiones (Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos), lo que representa el 70% del total nacional. En estas cuatro regiones las emisiones se explican mayormente por la combustión de leña residencial, las que suman 76 mil toneladas, y representan el 88% del total para esta zona. En cambio, en la zona norte del país, las mayores fuentes emisoras son las actividades industriales (termoeléctricas) y el transporte en ruta. Finalmente, cabe destacar que en la región Metropolitana, junto con la combustión de leña residencial, el transporte en ruta tiene una importante participación. Esto último se explica principalmente por las emisiones asociadas al polvo en suspensión.

Emisiones de material particulado fino (MP_{2,5}) por región y tipo de fuente, 2017



 **Download data**

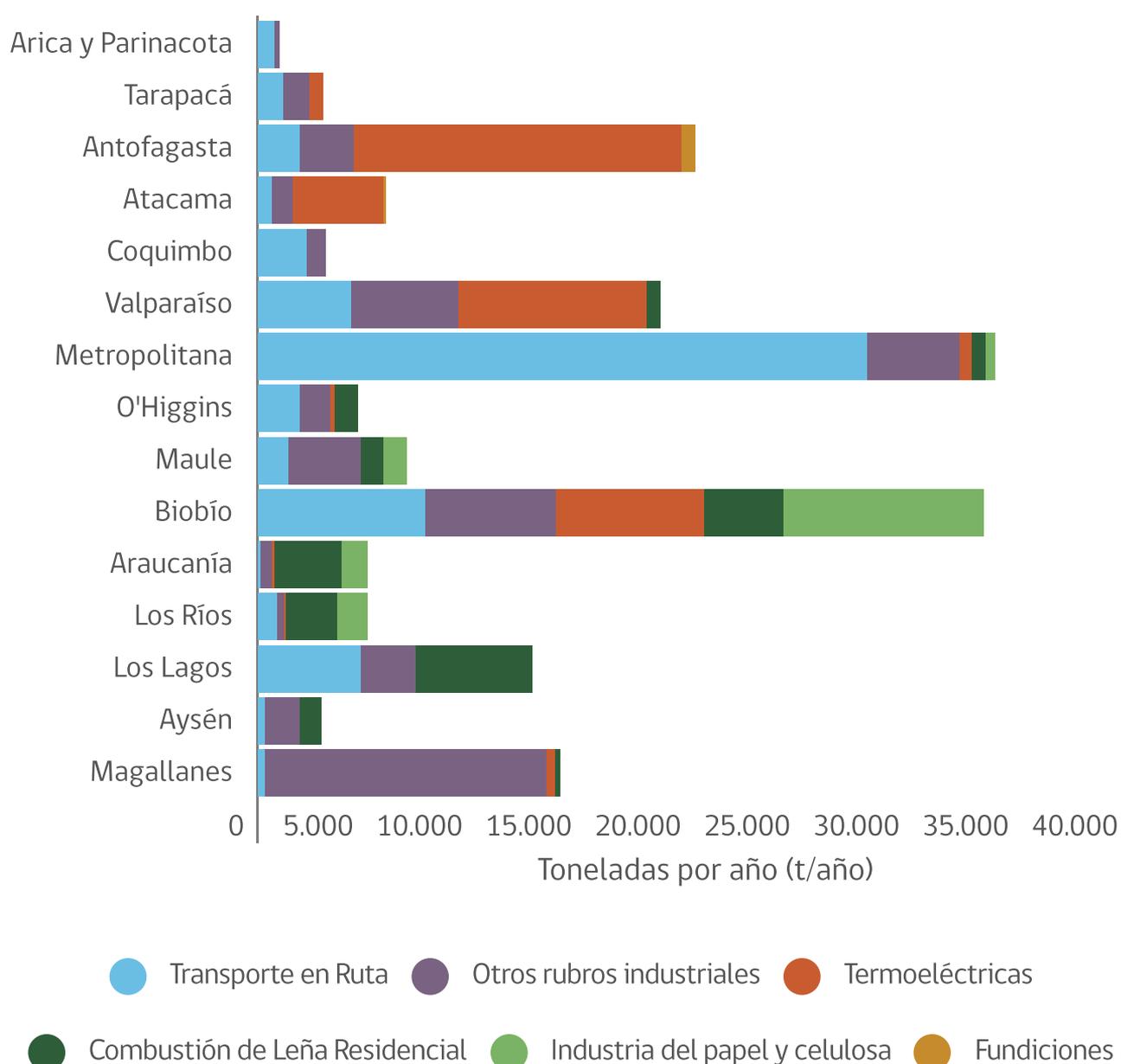
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2019.

Descripción	<p>Indicador que muestra las emisiones anuales de material particulado fino (material particulado cuyo diámetro es menor a 2,5 micrones, $MP_{2,5}$) por región y fuente emisora para el año más reciente con datos disponibles.</p>
Metodología	<p>Las emisiones de contaminantes al aire por tipo de fuente provienen del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Las fuentes de emisión tienen distintas metodologías de estimación y origen, pudiéndose clasificar principalmente como fuentes puntuales y fuentes no puntuales. Dentro de las fuentes no puntuales se encuentran la combustión de leña residencial y el transporte en ruta, en cambio, en las fuentes puntuales se encuentran las termoeléctricas, las fundiciones y el resto de las categorías industriales.</p> <p>Las emisiones del transporte en ruta se calculan a partir del modelo de emisiones vehiculares MODEM versión 5.1., para 22 ciudades del país, el cual contempla información proporcionada por: SECTRA, Plantas de Revisión Técnica (MTT), Transantiago (RM) y el parque vehicular estimado por el INE. Hay otras 5 ciudades donde la estimación se realiza a partir de una metodología simplificada con el uso de factores de emisión.</p> <p>En el caso de la combustión de leña residencial, las estimaciones se hacen a partir de una metodología top down, para la cual se utilizó como información base, la encuesta nacional de leña del estudio "Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera" realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2015) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Arica y Parinacota hasta Coquimbo son agrupadas en macrozona norte. Además, desde esa misma encuesta se obtuvieron parámetros claves para la estimación de emisiones por región; tales como, humedad, tipo de artefacto y tiraje, mientras que los factores de emisión que utilizan dichos parámetros fueron calculados en el marco del inventario de Temuco y Padre Las Casas, provenientes del estudio "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013" (CONAMA, 2014) desarrollado por SICAM Ingeniería Ltda., para la Seremi del Medio Ambiente, Región de la Araucanía.</p> <p>También, se utilizó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN, 2013) y la información reportada por el "Programa de Proyecciones de la Población" desarrollado por el INE a partir de los resultados de los Censos levantados en el país, para obtener porcentajes de distribución poblacional a nivel comunal (urbano y rural) en las 15 regiones del país, los cuales son utilizados para distribuir los consumos regionales de leña.</p> <p>En el caso de las emisiones de fuentes puntuales, se utilizan los datos de los establecimientos que declaran en el D.S N°138/2005 MINSAL. En el caso de la categoría termoeléctricas, se consideran solo a los establecimientos afectos a declarar en el D.S.N°13/2011 MMA, junto con privilegiar el valor de las emisiones de NO_x y SO_2 reportadas en el marco de dicho decreto, por corresponder a mediciones realizadas directamente en sus chimeneas. Además, para las fundiciones, se consideran sólo aquellos establecimientos que deben dar cumplimiento a la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico (D.S. N°28/2013 MMA), junto con privilegiar las emisiones de SO_2 del proceso de fundición de cobre reportadas por dicha obligación.</p>
Fuente de los datos	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2019.</p>

I-CA11. EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x) POR REGIÓN Y TIPO DE FUENTE

El 2017, las regiones que presentaron las mayores emisiones de NO_x del país fueron la Metropolitana, con alrededor de 33,7 mil toneladas (19,9%) y la del Biobío con emisiones entorno a 33,2 mil toneladas (19,6%). En el caso de la primera, se debe principalmente a las emisiones del transporte en ruta, en cambio en la segunda a la industria del papel y celulosa, el transporte en ruta y las termoeléctricas principalmente.

Emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) por región y tipo de fuente, 2017



 **Download data**

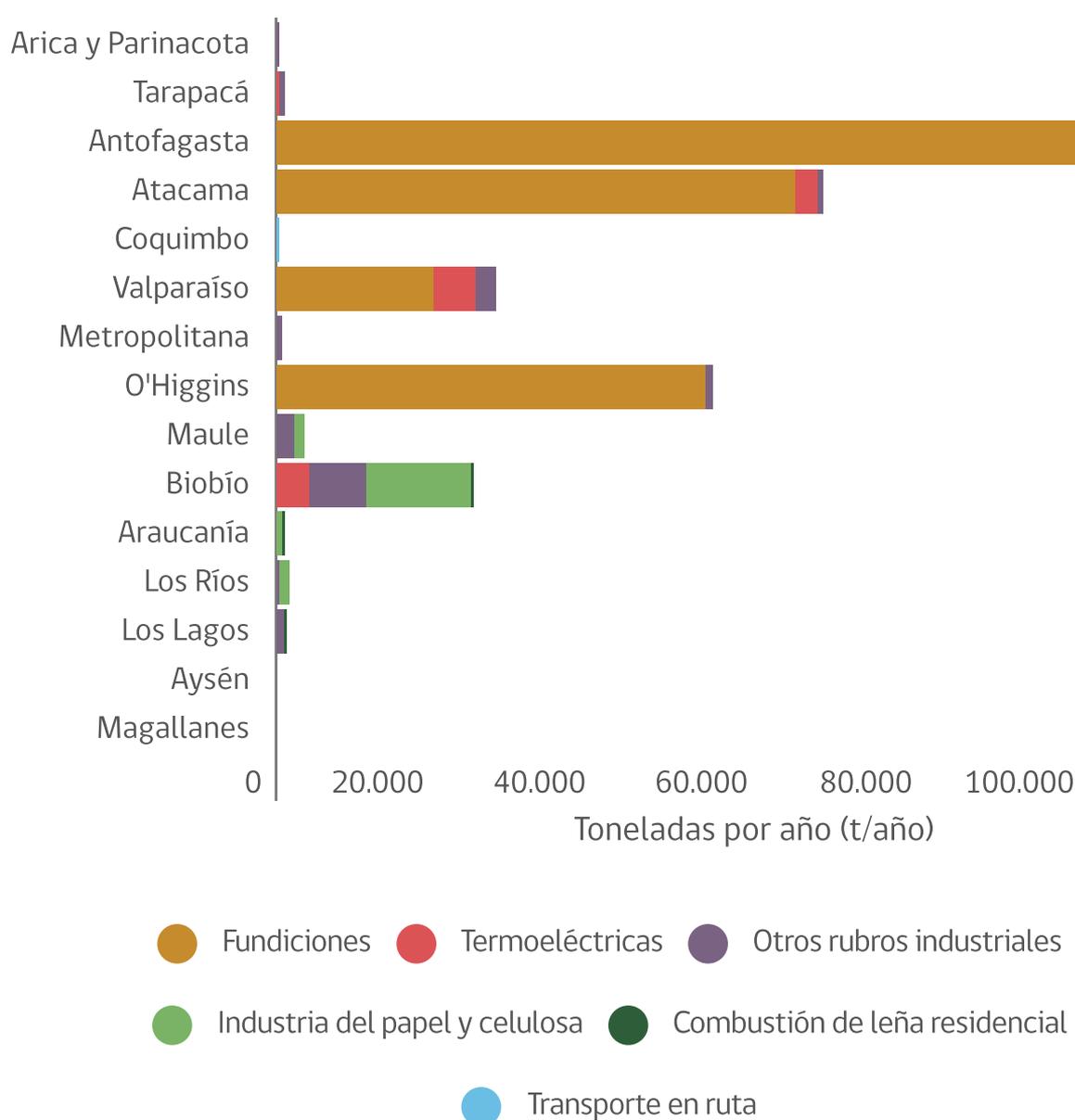
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2019.

Descripción	Indicador que compara la emisión anual de óxidos de nitrógeno (NO _x) por región y fuente, para el año más reciente con datos disponibles.
Metodología	<p>Las emisiones de contaminantes al aire por tipo de fuente provienen del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Las fuentes de emisión tienen distintas metodologías de estimación y origen, pudiéndose clasificar principalmente como fuentes puntuales y fuentes no puntuales. Dentro de las fuentes no puntuales se encuentran la combustión de leña residencial y el transporte en ruta, en cambio, en las fuentes puntuales se encuentran las termoeléctricas, las fundiciones y el resto de las categorías industriales.</p> <p>Las emisiones del transporte en ruta se calculan a partir del modelo de emisiones vehiculares MODEM versión 5.1., para 22 ciudades del país, el cual contempla información proporcionada por: SECTRA, Plantas de Revisión Técnica (MTT), Transantiago (RM) y el parque vehicular estimado por el INE. Hay otras 5 ciudades donde la estimación se realiza a partir de una metodología simplificada con el uso de factores de emisión.</p> <p>En el caso de la combustión de leña residencial, las estimaciones se hacen a partir de una metodología top down, para la cual se utilizó como información base, la encuesta nacional de leña del estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2015) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Arica y Parinacota hasta Coquimbo son agrupadas en macrozona norte. Además, desde esa misma encuesta se obtuvieron parámetros claves para la estimación de emisiones por región; tales como, humedad, tipo de artefacto y tiraje, mientras que los factores de emisión que utilizan dichos parámetros fueron calculados en el marco del inventario de Temuco y Padre Las Casas, provenientes del estudio “Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013” (CONAMA, 2014) desarrollado por SICAM Ingeniería Ltda., para la Seremi del Medio Ambiente, Región de la Araucanía.</p> <p>También, se utilizó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN, 2013) y la información reportada por el “Programa de Proyecciones de la Población” desarrollado por el INE a partir de los resultados de los Censos levantados en el país, para obtener porcentajes de distribución poblacional a nivel comunal (urbano y rural) en las 15 regiones del país, los cuales son utilizados para distribuir los consumos regionales de leña.</p> <p>En el caso de las emisiones de fuentes puntuales, se utilizan los datos de los establecimientos que declaran en el D.S N°138/2005 MINSAL. En el caso de la categoría termoeléctricas, se consideran solo a los establecimientos afectos a declarar en el D.S.N°13/2011 MMA, junto con privilegiar el valor de las emisiones de NO_x y SO₂ reportadas en el marco de dicho decreto, por corresponder a mediciones realizadas directamente en sus chimeneas. Además, para las fundiciones, se consideran sólo aquellos establecimientos que deben dar cumplimiento a la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico (D.S. N°28/2013 MMA), junto con privilegiar las emisiones de SO₂ del proceso de fundición de cobre reportadas por dicha obligación.</p>
Fuente de los datos	Ministerio del Medio Ambiente, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2019.

I-CA12. EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) POR REGIÓN Y TIPO DE FUENTE

En 2017, las regiones del país que presentaron las mayores emisiones de dióxido de azufre, en orden decreciente son, las regiones de Antofagasta , Atacama , O'Higgins y Valparaíso. Precisamente, en estas regiones es donde se encuentra la actividad de fundición de cobre, la cual se encuentra regulada mediante la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico (D.S N°28 /2013 MMA) . Además, en algunas regiones de la zona norte y centro del país, se observa que las termoeléctricas son la segunda mayor fuente emisora para este contaminante.

Emisiones de dióxido de azufre (SO₂) por región y tipo de fuente, 2017



 **Download data**

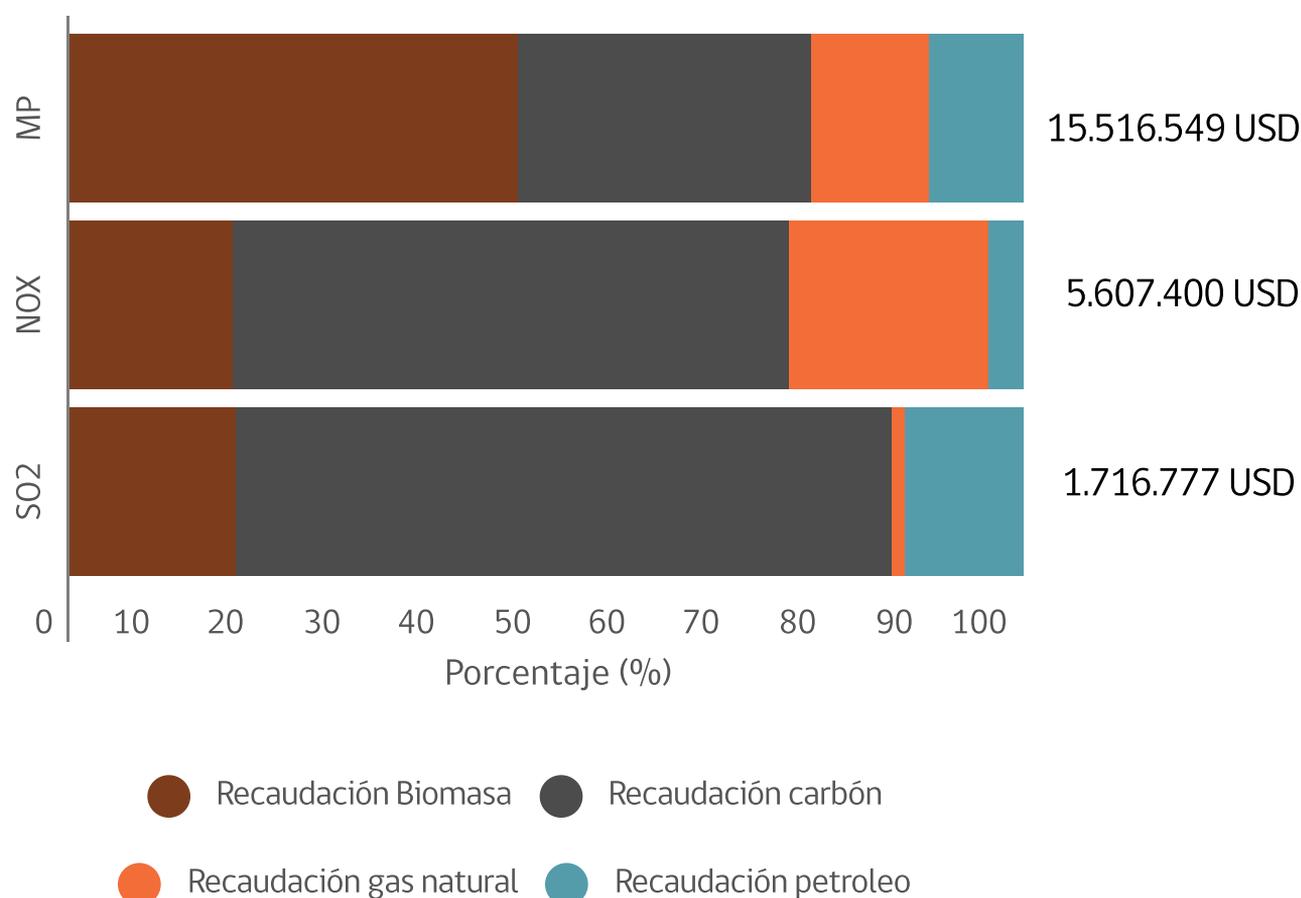
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2019.

Descripción	<p>Indicador que compara las emisiones anuales de dióxido de azufre (SO₂) por región y fuente para el año más reciente con datos disponibles.</p>
Metodología	<p>Las emisiones de contaminantes al aire por tipo de fuente provienen del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Las fuentes de emisión tienen distintas metodologías de estimación y origen, pudiéndose clasificar principalmente como fuentes puntuales y fuentes no puntuales. Dentro de las fuentes no puntuales se encuentran la combustión de leña residencial y el transporte en ruta, en cambio, en las fuentes puntuales se encuentran las termoeléctricas, las fundiciones y el resto de las categorías industriales.</p> <p>Las emisiones del transporte en ruta se calculan a partir del modelo de emisiones vehiculares MODEM versión 5.1., para 22 ciudades del país, el cual contempla información proporcionada por: SECTRA, Plantas de Revisión Técnica (MTT), Transantiago (RM) y el parque vehicular estimado por el INE. Hay otras 5 ciudades donde la estimación se realiza a partir de una metodología simplificada con el uso de factores de emisión.</p> <p>En el caso de la combustión de leña residencial, las estimaciones se hacen a partir de una metodología top down, para la cual se utilizó como información base, la encuesta nacional de leña del estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2015) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Arica y Parinacota hasta Coquimbo son agrupadas en macrozona norte. Además, desde esa misma encuesta se obtuvieron parámetros claves para la estimación de emisiones por región; tales como, humedad, tipo de artefacto y tiraje, mientras que los factores de emisión que utilizan dichos parámetros fueron calculados en el marco del inventario de Temuco y Padre Las Casas, provenientes del estudio “Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013” (CONAMA, 2014) desarrollado por SICAM Ingeniería Ltda., para la Seremi del Medio Ambiente, Región de la Araucanía.</p> <p>También, se utilizó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN, 2013) y la información reportada por el “Programa de Proyecciones de la Población” desarrollado por el INE a partir de los resultados de los Censos levantados en el país, para obtener porcentajes de distribución poblacional a nivel comunal (urbano y rural) en las 15 regiones del país, los cuales son utilizados para distribuir los consumos regionales de leña.</p> <p>En el caso de las emisiones de fuentes puntuales, se utilizan los datos de los establecimientos que declaran en el D.S N°138/2005 MINSAL. En el caso de la categoría termoeléctricas, se consideran solo a los establecimientos afectos a declarar en el D.S.N°13/2011 MMA, junto con privilegiar el valor de las emisiones de NOx y SO₂ reportadas en el marco de dicho decreto, por corresponder a mediciones realizadas directamente en sus chimeneas. Además, para las fundiciones, se consideran sólo aquellos establecimientos que deben dar cumplimiento a la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico (D.S. N°28/2013 MMA). iunto con privilegiar las emisiones de SO₂ del proceso de</p>
Fuente de los datos	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2019.</p>

I-CA13 EMISIONES Y RECAUDACIONES DE IMPUESTOS VERDES SEGÚN CONTAMINANTE LOCAL Y COMBUSTIBLE

En 2018, el total de las emisiones de los tres contaminantes locales gravadas por el artículo 8° de la Ley N°20.780 y la estimación del monto de su recaudación alcanzaron las 99 mil toneladas y 22,8 millones de USD, respectivamente. El contaminante que representó la mayor recaudación estimada, a pesar de representar la menor proporción del total de emisiones de estos contaminantes locales (4,9 mil toneladas, es decir 5%), fue el material particulado (15.516.549 dólares, equivalente al 68%) donde la biomasa (47%) y el carbón 31%) representaron la mayor proporción del monto. Esto se debe a que la metodología de cálculo del impuesto considera diferencias en los factores asociados a la población expuesta y calidad del aire de cada comuna.

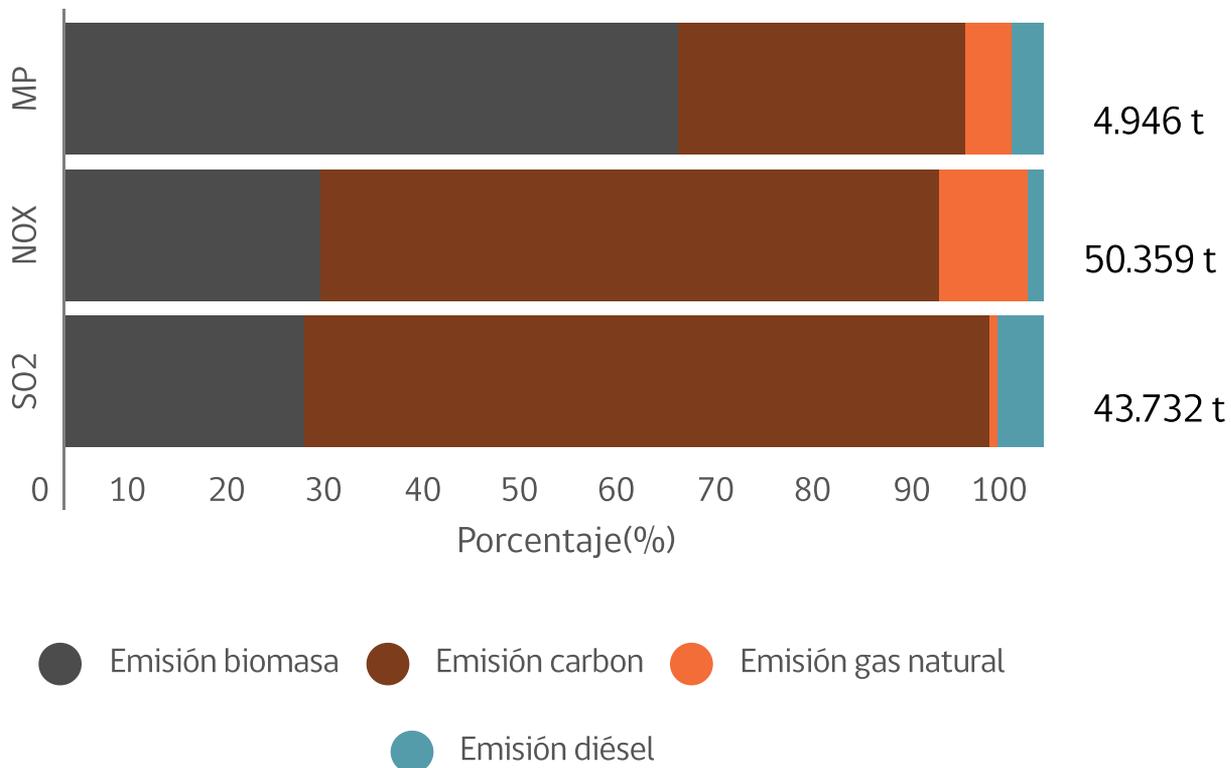
Recaudación de impuestos verdes según contaminante local y combustible, 2018



 [Download data](#)

Fuente: Elaboración propia, en base a SMA 2018.

Emisiones de impuestos verdes según contaminante local y combustible, 2018



Fuente: Elaboración propia, en base a SMA 2018.

Descripción	Indica una estimación del monto de recaudación, en base a las emisiones de contaminantes locales de fuentes fijas, gravadas por impuestos verdes (artículo 8° de la Ley N°20.780).
Metodología	<p>El artículo 8° de la Ley N°20.780 establece un "impuesto verde" a la emisión de contaminantes locales (material particulado MP, óxidos de nitrógeno NO_x y dióxidos de azufre SO₂) generados por fuentes fijas cuyas calderas y/o turbinas que se encuentren instaladas en sus establecimientos, individualmente o en su conjunto sumen, una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt (megavatios térmicos). Los totales de recaudación y emisión son desagregados según tipo de contaminante local gravado, mientras que la distribución porcentual se desagrega según combustible principal utilizado por la fuente emisora.</p> <p>El impuesto para las fuentes fijas es calculado de acuerdo al tipo de contaminante emitido. Las emisiones de contaminantes locales (material particulado, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre), son gravadas considerando como factor: la población de la comuna en la cual se encuentra el establecimiento afecto, para lo cual se utilizan las proyecciones elaboradas por el Instituto Nacional de estadísticas; el coeficiente de calidad del aire, el cual varía dependiendo del estado de saturación de la comuna (10% adicional si es latente y un 20% si está declarada saturada), de acuerdo al contaminante local emitido; y el Costo Social de contaminación per cápita, el que corresponde a la tasa de dólares estadounidenses para cada tonelada de contaminante local emitido (0,9 USD/t de MP, 0,01 USD/t de SO₂, 0,025 USD/t de NO_x).</p>
Fuente de los datos	Ministerio del Medio Ambiente en base a los datos de emisión proporcionados por la Superintendencia del Medio Ambiente, 2019.