



Combustión de leña residencial, Coyhaique
Foto: Karina Bahamonde



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 para contribuir significativamente al cambio climático. Gran parte del territorio nacional se encuentra afectado por problemas de contaminación. Por ello, la calidad del aire sigue siendo una de las prioridades en materia de gestión ambiental del país.

Para el cumplimiento del objetivo estratégico de medir la contaminación del aire del país, se 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 las zonas centro y sur del país donde se registran las más altas concentraciones de ese contaminante, superando en algunos casos la normativa anual vigente.

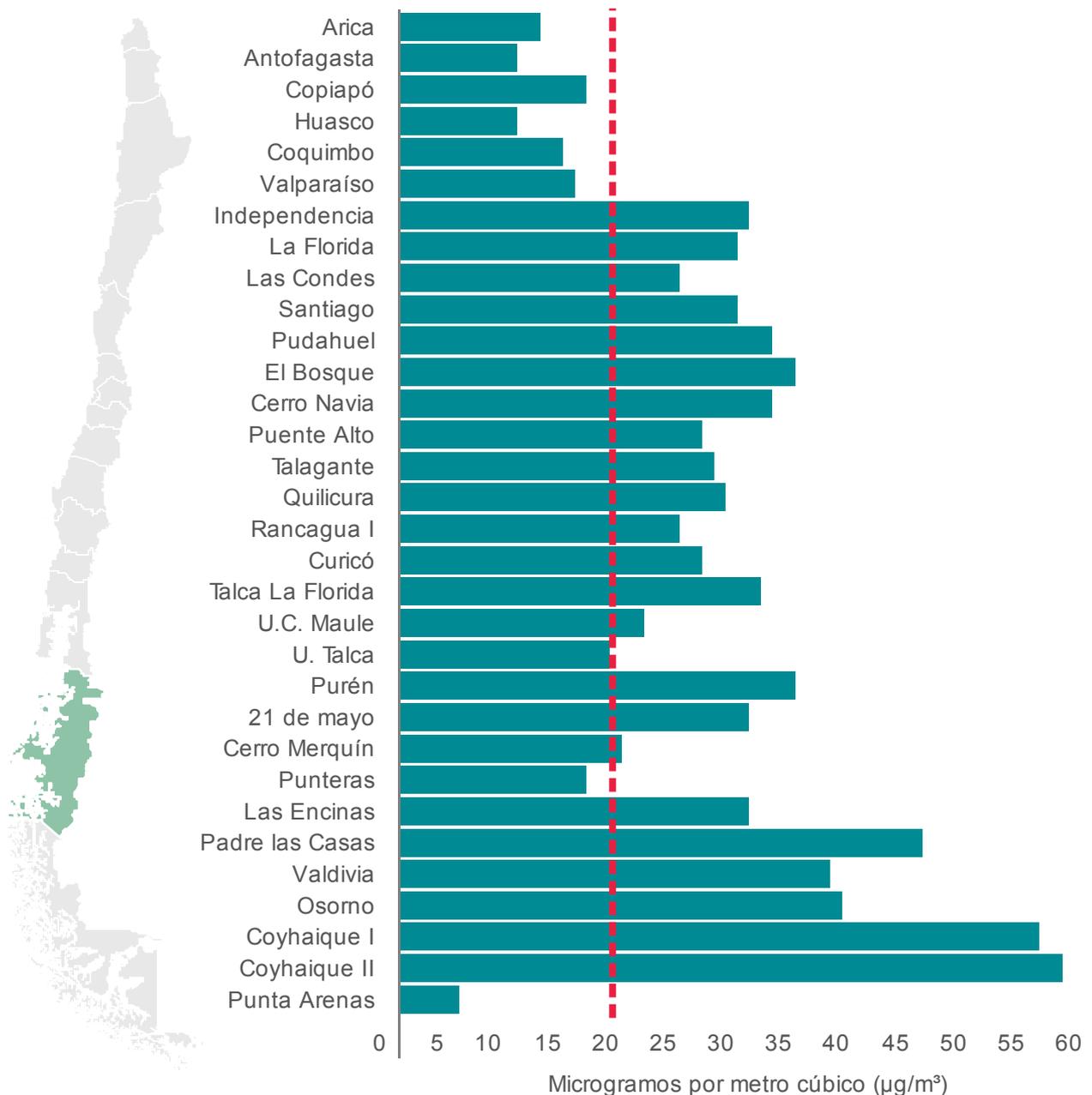
En Chile, se reconocen tres grandes fuentes de contaminación del aire: los medios de transporte, las actividades industriales y la calefacción de las viviendas. Asimismo, la actividad productiva de algunos sectores también ha tenido responsabilidad en generar problemas de contaminación en varias zonas del país.

Por ello, la calidad del aire constituye una prioridad en la gestión ambiental, para lo cual se están implementando diversas acciones, entre ellas: nuevos planes de descontaminación atmosférica y alertas sanitarias; incremento 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 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 por otra, 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 2017, a nivel nacional 22 estaciones de monitoreo con representatividad poblacional (69% del total) 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 a nivel residencial, alcanzándose el valor más alto (57 µg/m³) en la ciudad de Coyhaique (Estación Coyhaique II).

Promedio trianual de concentraciones de material particulado fino (MP_{2,5}) en estaciones de monitoreo del país, 2017



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

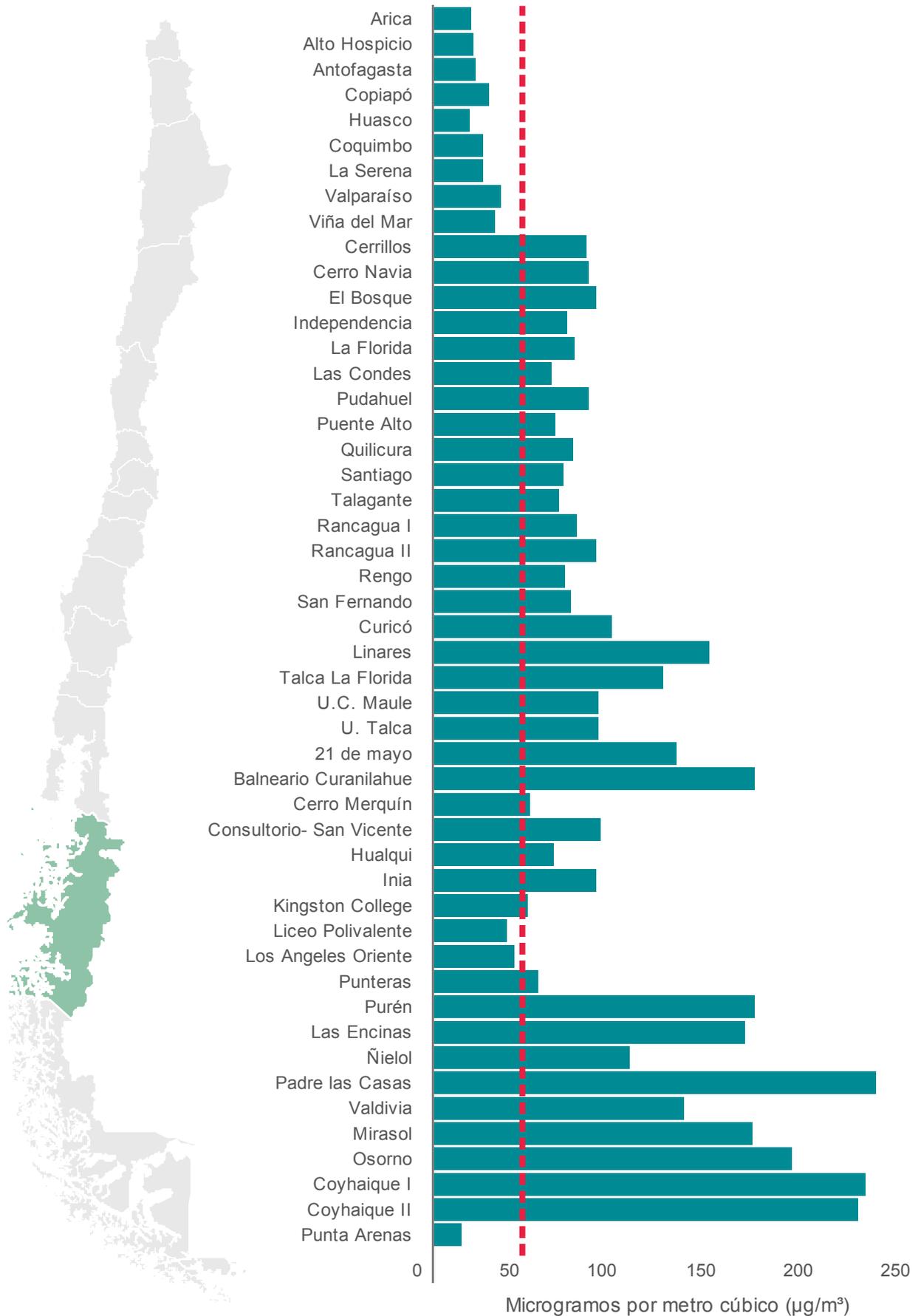
<p>Descripción</p>	<p>Muestra las concentraciones promedio trianuales de material particulado fino (material particulado de diámetro menor a 2,5 micrones, $MP_{2,5}$) en las estaciones de monitoreo a nivel nacional, comparadas entre sí y con el valor de la norma primaria anual de ese contaminante ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), para los últimos tres años más recientes con datos disponibles.</p>
<p>Metodología</p>	<p>Las concentraciones anuales de $MP_{2,5}$ se calculan según 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. • 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.
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2018.</p>

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

El 2017, 32 estaciones de monitoreo (71% del total del país) registraron concentraciones sobre el valor límite (50 µg/m³) de la norma diaria de MP_{2,5} (promedio de 24 horas). Las mayores concentraciones diarias para material particulado fino (MP_{2,5}) se observan en las regiones de La Araucanía y Aysén del General Carlos Ibañez del Campo (226 µg/m³ la estación de monitoreo Padre las Casas, 221 µg/m³ en la estación de monitoreo Coyhaique I y 217 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 diarias 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, 2018.

Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP_{2,5}) en estaciones de monitoreo del país, 2017

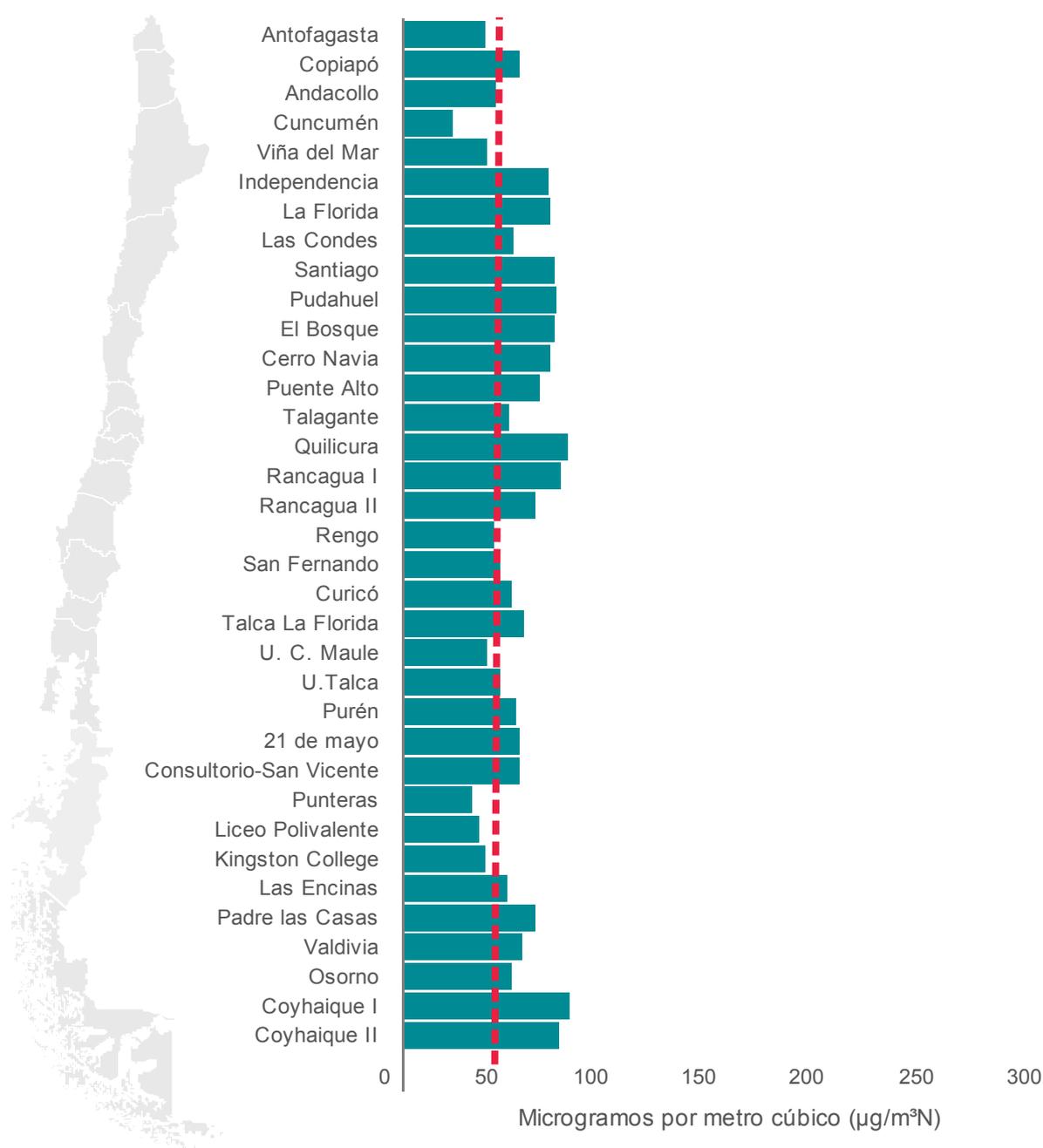


Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2018.

I-CA3. PROMEDIO TRIANUAL DE MATERIAL PARTICULADO GRUESO (MP₁₀) EN ESTACIONES DE MONITOREO DEL PAÍS

El 2017, 20 estaciones de monitoreo con representatividad poblacional (57% del total mostradas en el indicador) sobrepasaron el límite normativo anual para MP₁₀ (50 µg/m³N). Las mayores concentraciones de este contaminante se observaron en el valle central (la estación Quilicura promedió 75 µg/m³N) y en las estaciones del extremo sur (estación Coyhaique I promedió 76 µg/m³N).

Promedio trianual de concentraciones de material particulado grueso (MP₁₀) en estaciones de monitoreo del país, 2017



 Download data

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

Descripción	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.
Metodología	<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.
Fuente de los datos	Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2018.

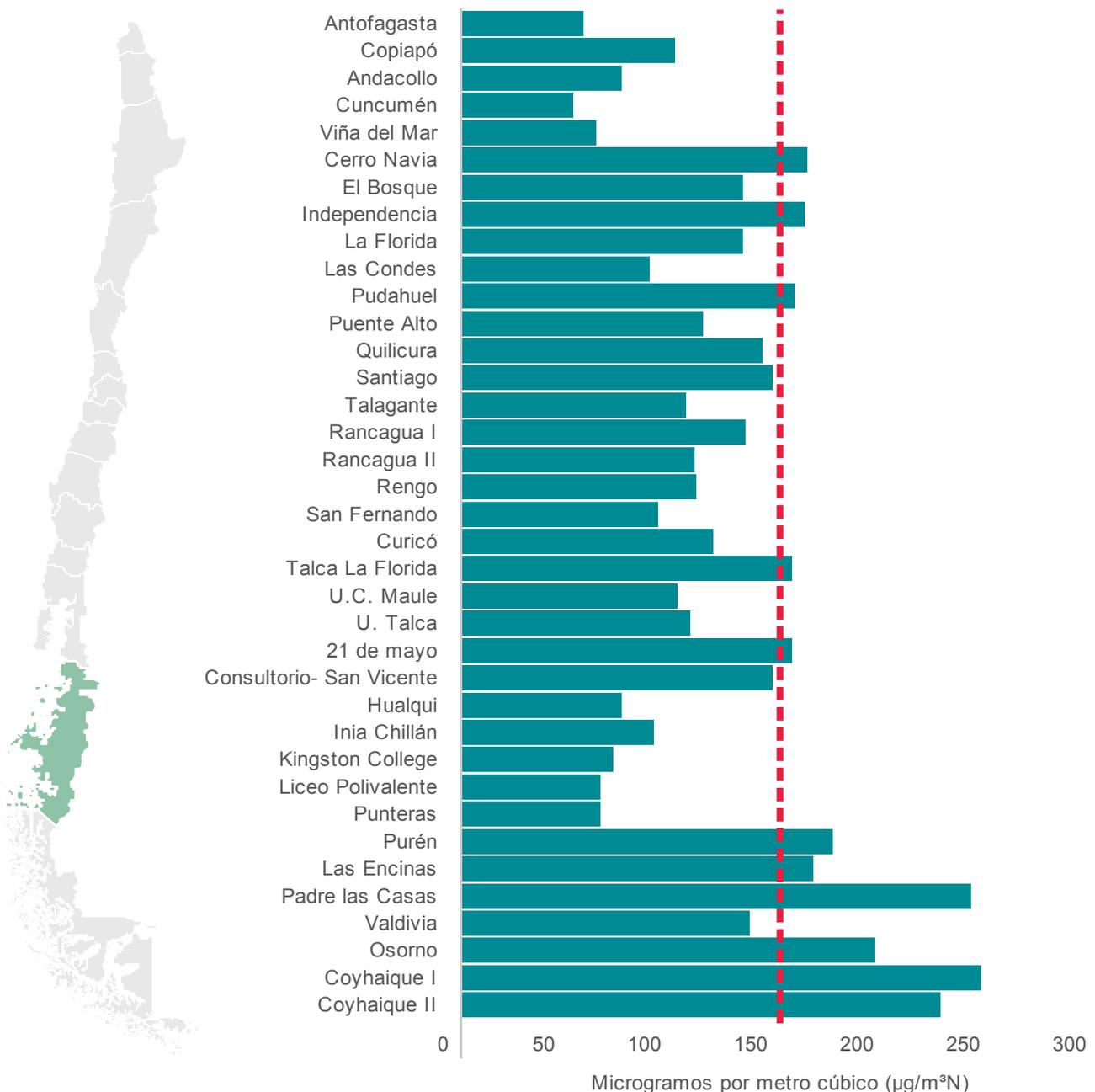


Foto: Víctor Rojas

I-CA4. PERCENTIL 98 DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE MATERIAL PARTICULADO GRUESO (MP₁₀) EN ESTACIONES DE MONITOREO DEL PAÍS

De las 37 estaciones de monitoreo que tienen percentil 98 de MP₁₀ para el año 2017, 26 (70,3%) presentan concentraciones de 24 horas menor al límite establecido a nivel normativo (150 µg/m³N). Por otra parte, de las 11 estaciones de monitoreo que superan ese límite, 3 superan incluso los 200 µg/m³ N(estaciones de Coyhaique I-II y Padre las Casas).

Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP₁₀) en estaciones de monitoreo del país, 2017



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

<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, 2018.</p>

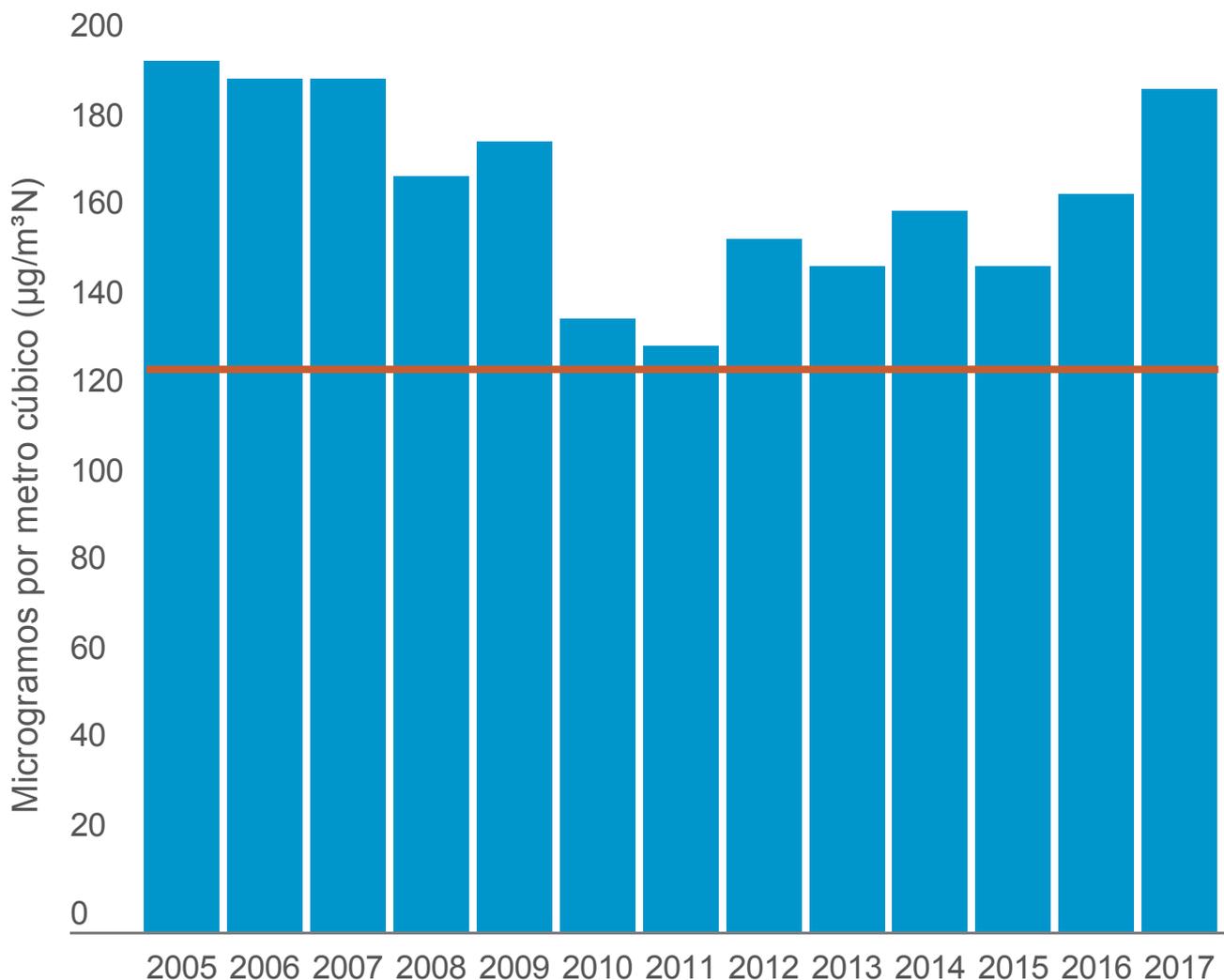


Fuentes emisoras
Foto: Francisco Donoso

I-CA5. EVOLUCIÓN 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 máximas de 8 horas de ozono presentó una disminución en el periodo 2010-2012, alcanzando una concentración de 142 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2012 (18% excedencia del valor de la norma). Luego, se observa un incremento a partir del año 2014, llegando a un 40% de excedencia el año 2017 (168 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Evolución del Percentil 99 de las concentraciones de ozono (O_3) en estaciones de monitoreo del país, 2005-2017



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

Descripción	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 (120 µg/m ³ N).
Metodología	<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>
Fuente de los datos	Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2018.

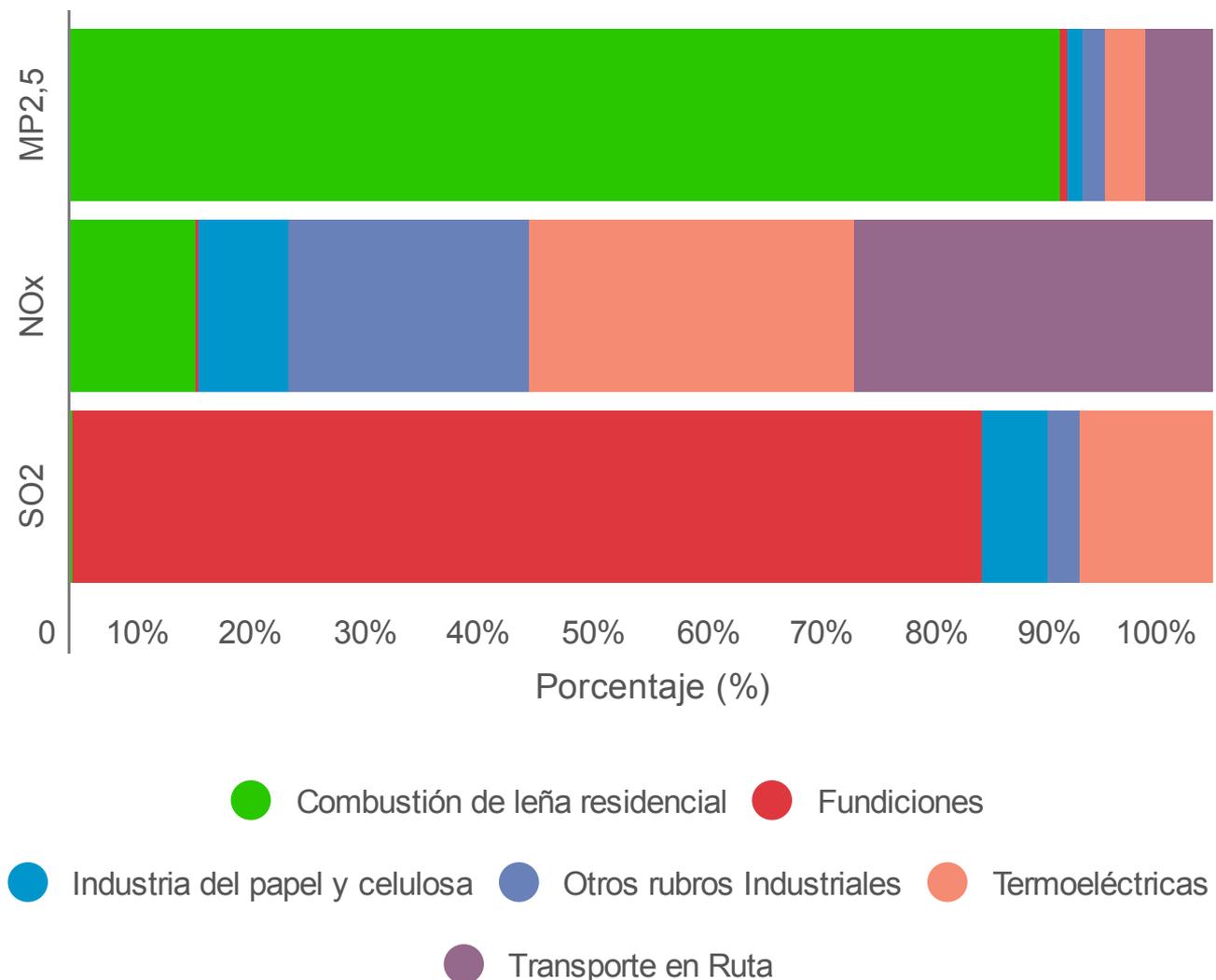


Estación de monitoreo de Talca
Foto: Karina Bahamonde

I-CA6. COMPOSICIÓN DE LAS EMISIONES AL AIRE DE MP_{2,5}, NO_x Y SO₂ A NIVEL NACIONAL POR TIPO DE FUENTE

El 2016, la combustión de leña residencial fue la principal fuente emisora de material particulado fino (MP_{2,5}) a nivel nacional (86,71%). En cambio, respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), el transporte en ruta (31,47%), las termoeléctricas (28,42%), junto con otros procesos industriales (20,98%) fueron las principales fuentes emisoras. Respecto a las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), las fundiciones fueron la principal fuente, con cerca del 80% de la emisión de este contaminante.

Composición de las emisiones al aire de MP_{2,5}, NO_x y SO₂ a nivel nacional por tipo de fuente, 2016



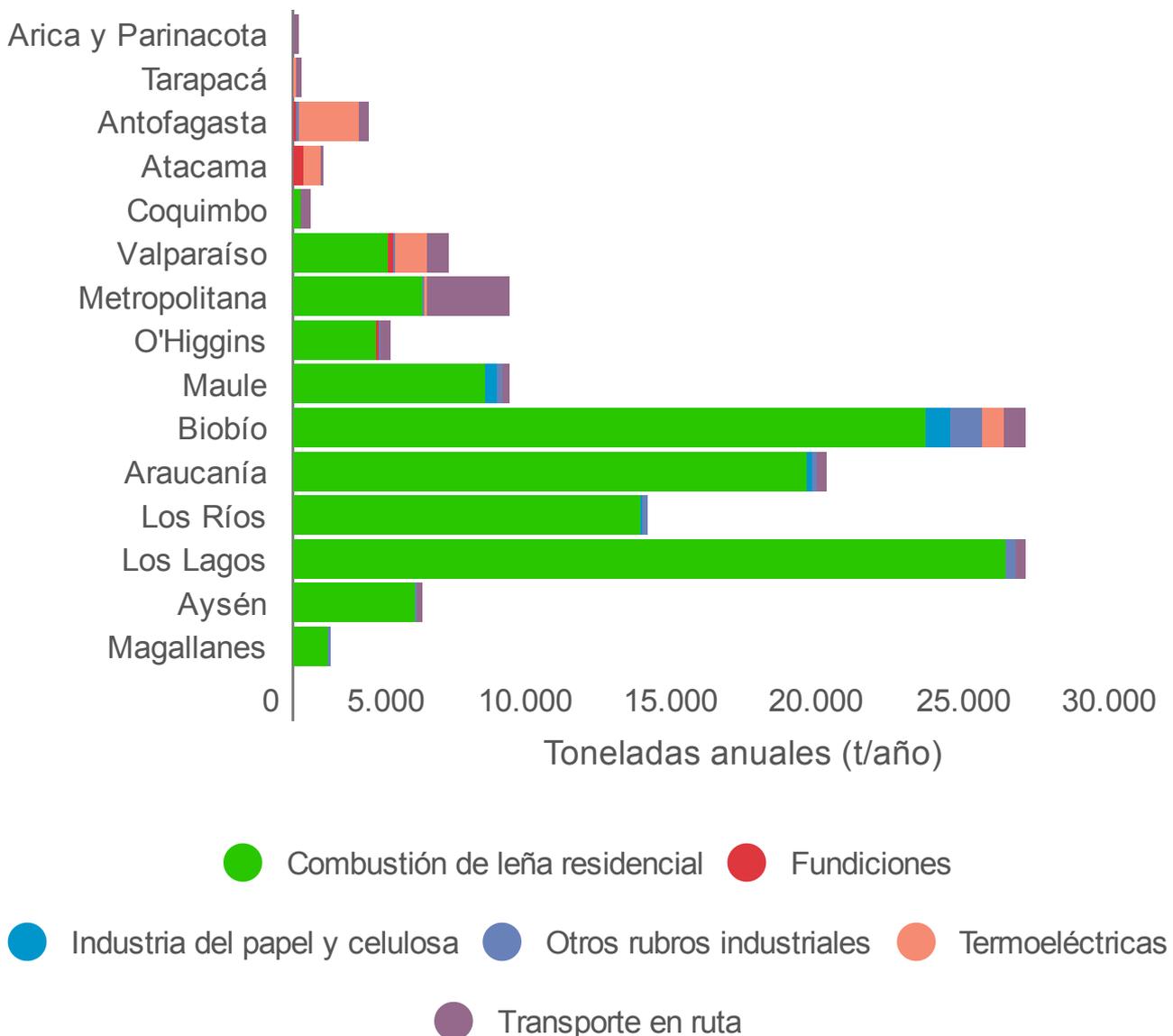
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2018.

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 (SO₂) 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 para el año 2016 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. El 2016, se utilizó el consumo de leña comunal obtenido del estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña para el 2016 desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Coquimbo hasta Arica y Parinacota 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.</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 al 2016.</p> <p>Los factores de emisión utilizados son los 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>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	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2018.</p>

I-CA7 . EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5}) POR REGIÓN Y TIPO DE FUENTE

Las mayores emisiones de MP_{2,5} se observan en las regiones del Biobío y Los Lagos, con alrededor de 25 mil toneladas cada una . Estas emisiones se explican mayormente por la combustión de leña residencial. En cambio, en la zona norte del país, las mayores fuentes emisoras son las actividades industriales 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, 2016



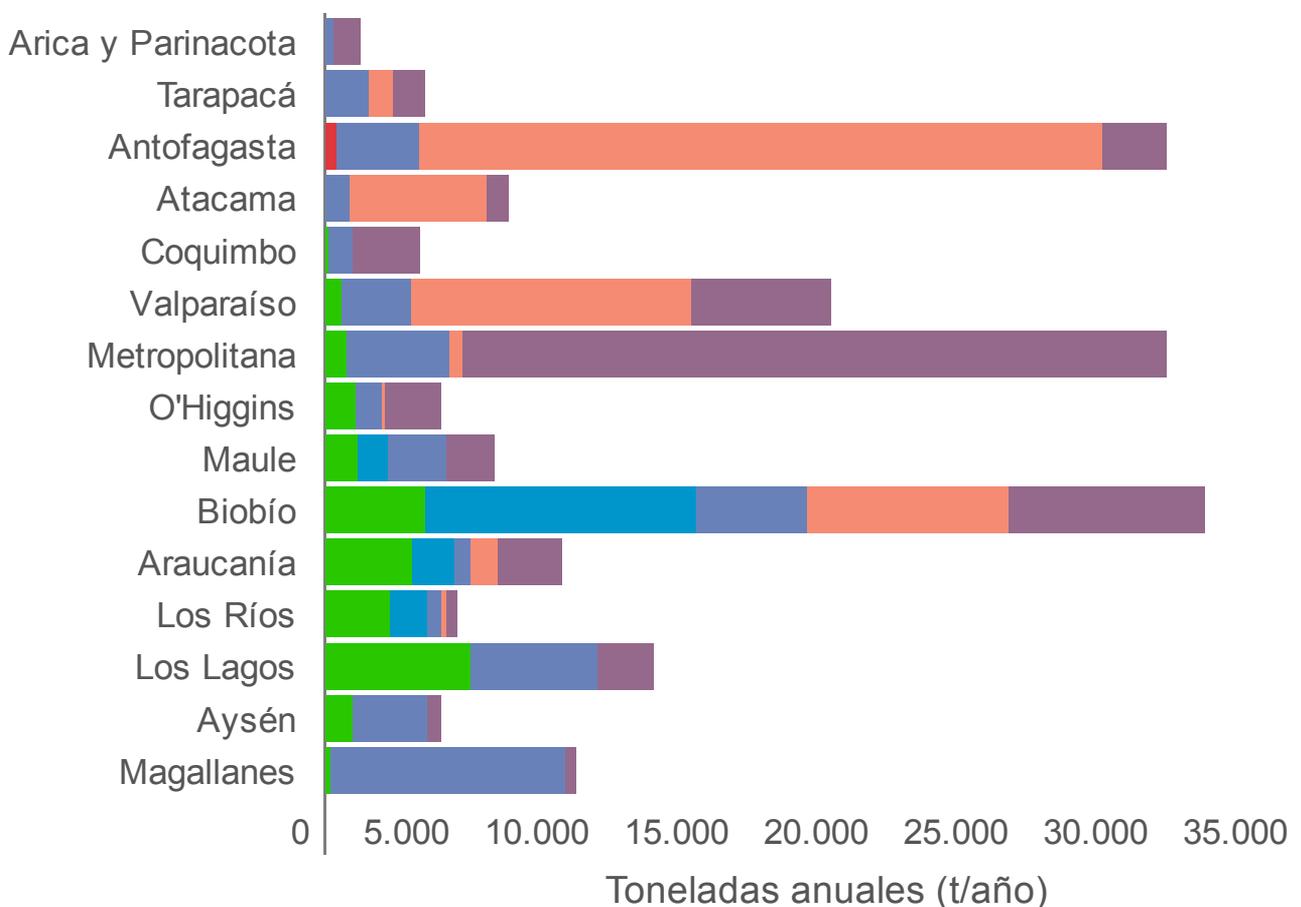
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2018.

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 para el año 2016 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. El 2016, se utilizó el consumo de leña comunal obtenido del estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña para el 2016 desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Coquimbo hasta Arica y Parinacota 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.</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 al 2016.</p> <p>Los factores de emisión utilizados son los 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>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), 2018.</p>

I-CA8. EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x) POR REGIÓN Y TIPO DE FUENTE

El 2016, la región del Biobío es la región que presenta las mayores emisiones de NO_x, debido a la industria del papel y celulosa, el transporte en ruta y las termoeléctricas principalmente. De cerca, las otras dos regiones que le siguen con altas emisiones son Metropolitana y de Antofagasta, donde el transporte en ruta, en la primera, y las termoeléctricas son las principales fuentes de emisión respectivamente.

Emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) por región y tipo de fuente, 2016



 Combustión de leña residencial  Fundiciones

 Industria del papel y celulosa  Otros rubros industriales  Termoeléctricas

 Transporte en Ruta

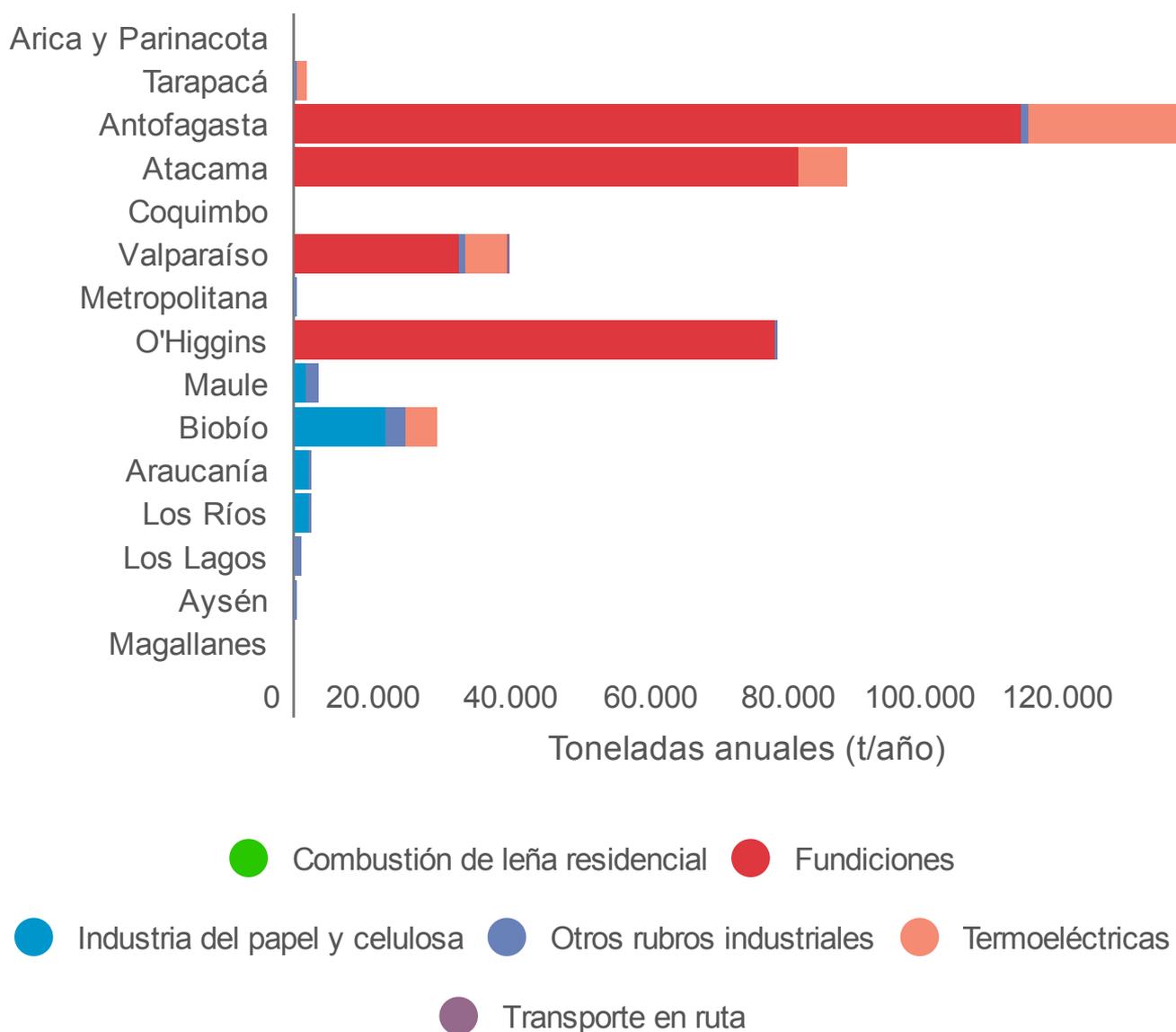
Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2018.

Descripción	<p>Indicador que compara la emisión anual de óxidos de nitrógeno (NO_x) 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 para el año 2016 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. El 2016, se utilizó el consumo de leña comunal obtenido del estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña para el 2016 desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Coquimbo hasta Arica y Parinacota 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.</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 al 2016.</p> <p>Los factores de emisión utilizados son los 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>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	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2018.</p>

I-CA9. EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) POR REGIÓN Y TIPO DE FUENTE

Las regiones del país que presentan 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 encuentran las 7 fundiciones que son parte de la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico. 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, 2016



Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2018.

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 para el año 2016 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. El 2016, se utilizó el consumo de leña comunal obtenido del estudio “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” realizado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) para el Ministerio de Energía, de dicho estudio se obtienen los consumos de leña para el 2016 desde la Región de Valparaíso hasta Aysén, en tanto, que desde la Región de Coquimbo hasta Arica y Parinacota 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.</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 al 2016.</p> <p>Los factores de emisión utilizados son los 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>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), junto con privilegiar las emisiones de SO₂ 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), 2018.</p>

I-CA10. MORTALIDAD Y MOBILIDAD ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO FINO (MP_{2,5})

Entre los efectos de la exposición crónica a la contaminación por de MP_{2,5} se consideran: mortalidad cardiorrespiratoria, admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares y respiratorias, ausentismo laboral y escolar. El año 2017 se estiman alrededor de 3.500 casos de mortalidad prematura por enfermedades cardiopulmonares asociadas a la exposición crónica a material particulado fino, lo cual significa un costo social de más de 2.400 millones de dólares (MM USD).

Mortalidad y morbilidad asociada a la exposición a material particulado fino (MP_{2,5}), 2017

TIPO DE EFECTO	CAUSA	GRUPO DE EDAD	CASOS	COSTOS SOCIALES (MM USD)
Mortalidad prematura	Cardiopulmonar	Mayores de 30 años	3.494	2.417
Admisiones hospitalarias	Ataques de asma	Entre 0 y 64 años	130	0,16
	Cardiovasculares	Mayores de 18 años	1.503	3,9
	Pulmonar crónica	Mayores de 18 años	211	0,35
	Neumonía	Mayores de 65 años	941	1,7
Visita a sala de emergencias	Bronquitis aguda	Entre 0 y 17 años	90.001	5.2
Restricción de actividad	Días de pérdida de trabajo	Entre 18 y 64 años	731.613	28
	Días de actividad restringida	Entre 18 y 64 años	3.226.602	37

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

Descripción	<p>Presenta el 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 el 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>
Metodología	<p>Para estimar el número de casos asociados a los distintos eventos de mortalidad y morbilidad 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. 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 de las comunas que cuentan con monitoreo de $MP_{2,5}$, la que representa el 62% de la población total del país.</p>
Fuente de los datos	<p>Elaboración propia en base a MMA (2012), MIDESO (2011), GreenLabUC (2015). “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>

ODS 11.6.2. NIVELES MEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS FINAS (MP_{2,5}) EN CIUDADES CON ESTACIONES DE MONITOREO CON REPRESENTATIVIDAD POBLACIONAL (PONDERADOS POR POBLACIÓN)

La concentración promedio anual de material particulado fino (MP_{2,5}) ponderada por población, en 29 estaciones de monitoreo con representatividad poblacional del país, ha decrecido un 10% entre 2015 y 2017, alcanzando 26 µg/m³ este último año.

Niveles medios anuales de partículas finas (MP_{2,5}) en ciudades con Estaciones de Monitoreo con representatividad poblacional(ponderados por población), 2015-2017



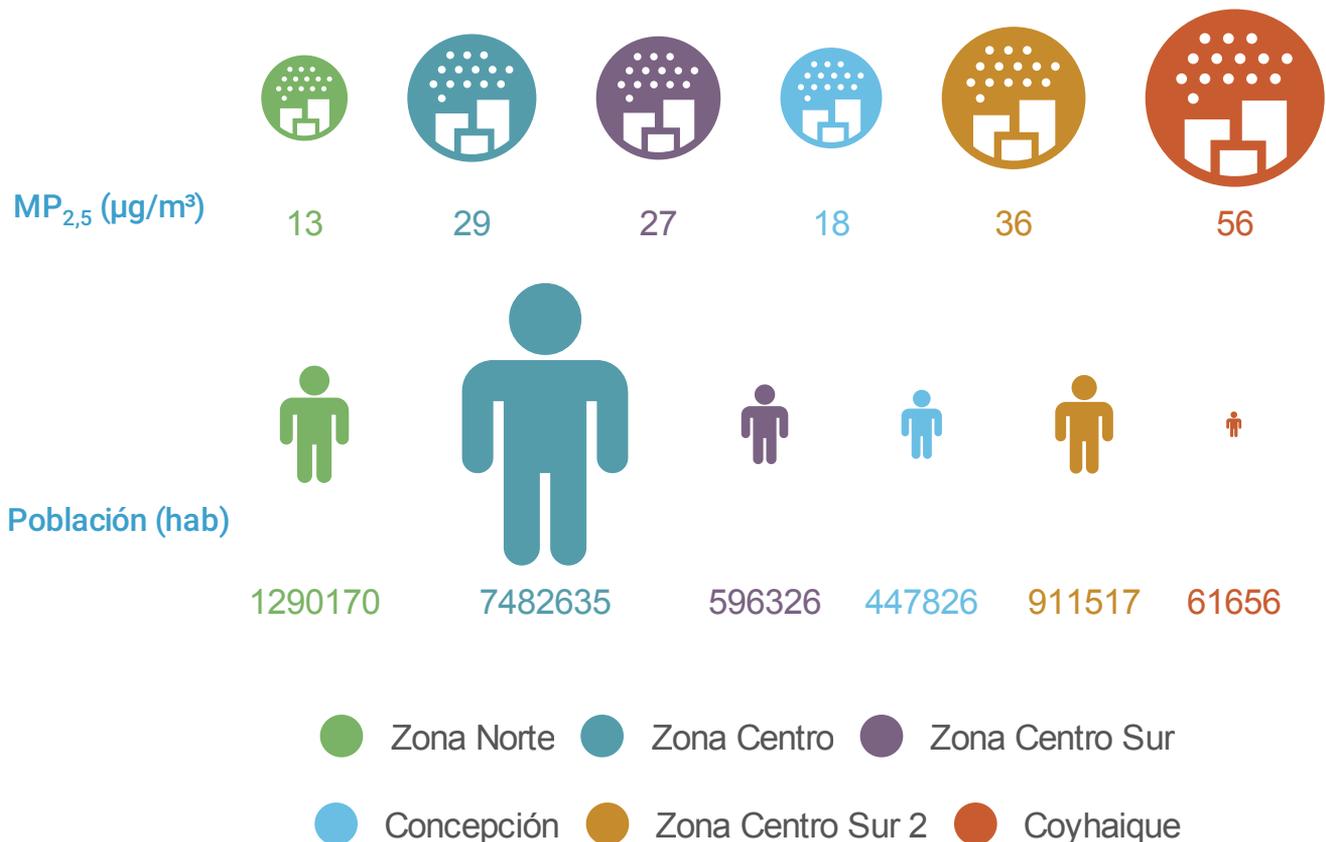
Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA, 2018.

<p>Descripción</p>	<p>Niveles medios anuales de material particulado fino (MP_{2,5}) ponderados por población expuesta en estaciones de monitoreo seleccionadas del país. Este indicador permite hacer seguimiento a la meta 11.6 de la agenda 2030 sobre reducir el impacto negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire.</p>
<p>Metodología</p>	<p>Para el cálculo de la media anual de concentraciones de MP_{2,5} (material particulado cuyo diámetro es menor a 2,5 micrones) se utilizaron las estaciones que presentan continuidad en el registro de datos y se encuentran clasificadas como Estaciones de Monitoreo con Representatividad Poblacional (EMRP) según norma D.S N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Las estaciones consideradas son: Arica, Antofagasta, Copiapó, Huasco, La Serena, Coquimbo, Independencia, La Florida, Las Condes, Parque O'higgins, Pudahuel, Cerrillos, El Bosque, Cerro Navia, Puente Alto, Talagante, Quilicura, Rancagua I, Rancagua II, Curicó, Purén, Inia, Cerro Merquin, Punteras, 21 de Mayo, La Encinas, Padre las Casas, Valdivia, Osorno, Coyhaique I, Coyhaique II. Estas estaciones representan a más de 10 millones de habitantes del país.</p> <p>El indicador se calcula multiplicando el promedio anual para una determinada estación EMRP, por la población estimada en aquella comuna donde se encuentra la estación de monitoreo. Para el cálculo del promedio anual se deben considerar los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen las mediciones horarias de concentraciones de MP 2,5 en el aire en estaciones EMRP. • A partir de las mediciones horarias se calcula el promedio diario. Se considera válido el promedio 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 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. <p>Finalmente, una vez obtenidos los productos entre cada promedio anual y la estimación de población, se determina un valor total ponderado para cada año.</p>
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2018. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), proyecciones de población 2002-2020.</p>

I-CA11. POBLACIÓN EXPUESTA A CONCENTRACIONES DE MP_{2,5} POR ZONA DE PLANES DE DESCONTAMINACIÓN

El año 2017, más de 8 millones de habitantes del país se encuentran bajo exposición de concentraciones promedio de MP_{2,5} superiores a la norma. En la Zona Centro, donde hay más de 7 millones de habitantes, las concentraciones promedio de MP_{2,5} llegan a las 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hacia el sur del país la concentraciones van aumentando considerablemente. En la zona del plan de descontaminación de Concepción, Coronel y Chiguayante las concentraciones promedio están bajo la norma, pero esa zona ha sido declarada saturada por la norma diaria (Percentil 98). La ciudad de Coyhaique, que tiene alrededor de 61 mil habitantes, es la zona que está expuesta a mayores concentraciones promedio de MP_{2,5}.

Población expuesta a concentraciones de MP_{2,5} por zona de planes de descontaminación, 2015-2017



Fuente: Elaboración propia, en base a SINCA - MMA 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 cuentan con plan de descontaminación para el año más reciente con datos disponibles.</p>
<p>Metodología</p>	<p>Concentraciones promedio de MP_{2,5}. Se considera el promedio trianual por estaciones (periodo 2015-2017) para los efectos del cálculo. Para los cálculos por zona se promedian las estaciones representativas que se encuentran en esa zona.</p> <p>Zonas: Se consideran las siguiente zonas:</p> <p>Zona Norte: Comunas de Arica, Antofagasta, Copiapó, Huasco, La Serena, Coquimbo.</p> <p>RM: Comunas de la Región Metropolitana.</p> <p>Zona Centro-Sur: Comunas de Rancagua, Curicó, Chillán, Chillán Viejo.</p> <p>Zona Sur I: Comunas de Concepción, Coronel, Chiguayante.</p> <p>Zona Sur II : Comunas de Los Ángeles, Temuco, Padre las Casas, Valdivia y Osorno.</p> <p>Coyhaique: Comuna de Coyhaique.</p> <p>Población: La población corresponde a las estimaciones de población del INE en el periodo 2002-2020</p>
<p>Fuente de los datos</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Redes de Monitoreo, 2018. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), proyecciones de población 2002-2020.</p>

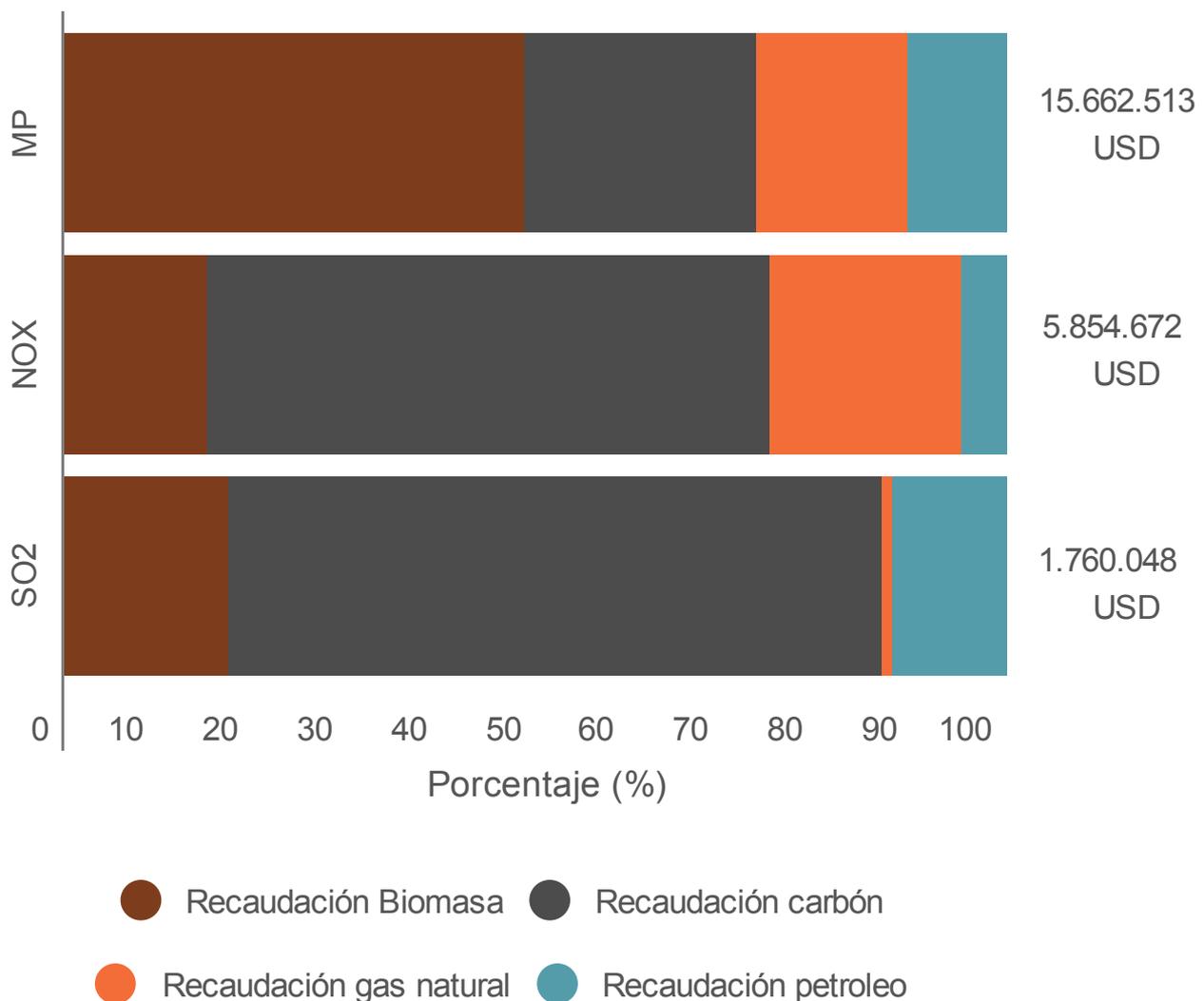


Emisiones de procesos industriales
Foto: Ministerio del Medio Ambiente

I-CA12 EMISIONES Y RECAUDACIONES DE IMPUESTOS VERDES SEGÚN CONTAMINANTE LOCAL Y COMBUSTIBLE

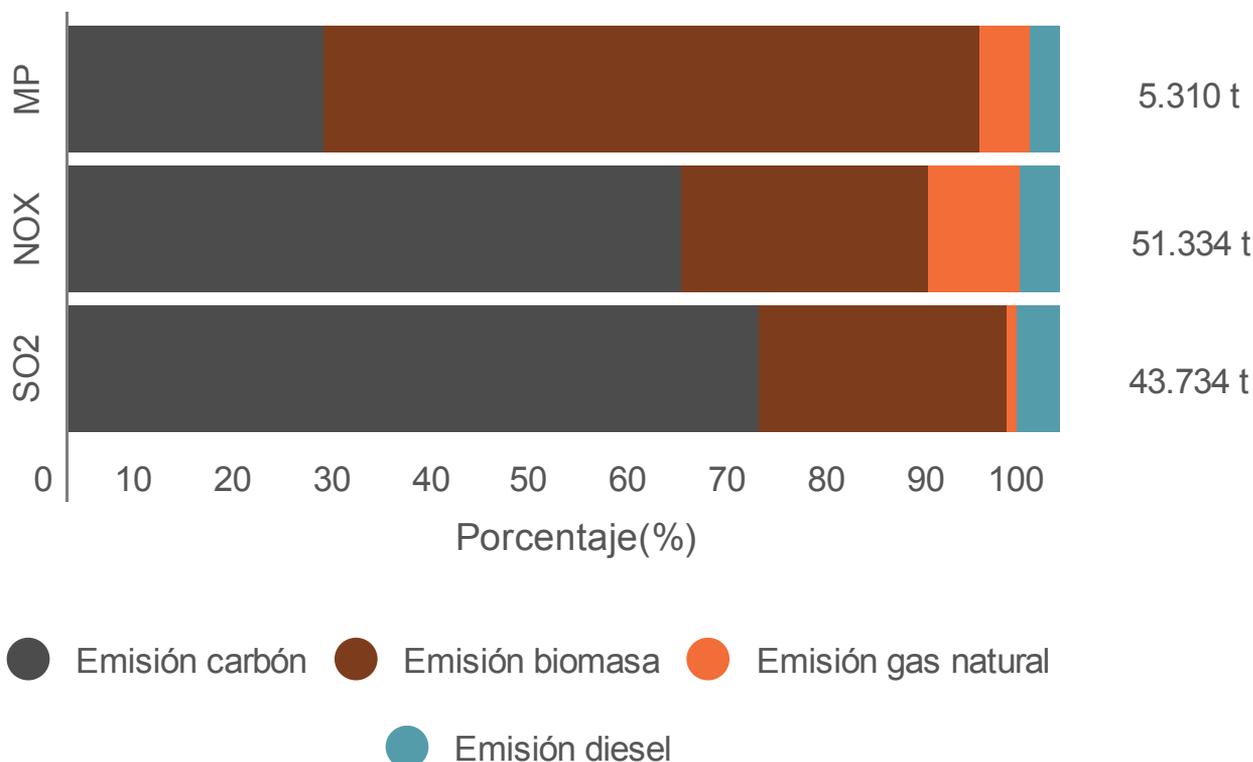
El año 2017, el total de las emisiones de los tres contaminantes locales gravadas por el artículo 8° de la Ley N°20.780 y el monto de su recaudación alcanzaron las 100.378 toneladas y 23.277.234 USD, respectivamente. El contaminante que representó la mayor cantidad de emisiones corresponde a los óxidos de nitrógeno (NO_x), con el 51,1% (51.334 toneladas). No obstante, el material particulado (MP) es el contaminante que posee mayor recaudación, representando el 67,2% (15.662.513 USD) del total, debido a que la metodología considera diferencias tanto del factor de cálculo en el gravamen por cada contaminante, como 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, 2017



Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2018.

Emisiones de impuestos verdes según contaminante local y combustible, 2017



Fuente: Elaboración propia, en base a RETC - MMA, 2018.

Descripción	Indica el monto de recaudación y las emisiones de contaminantes locales de fuentes fijas, gravados 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, 2018.