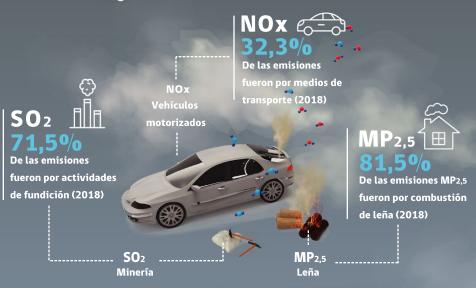




# **CALIDAD DEL AIRE**

La contaminación del aire afecta la salud de personas y animales, daña la vegetación y el suelo, deteriora materiales, reduce la visibilidad y contribuye significativamente al cambio climático. Por ello, la calidad del aire sigue siendo una de las prioridades en materia de gestión ambiental. En Chile, las tres grandes fuentes de contaminación del aire son los medios de transporte, las actividades industriales y la calefacción de las viviendas por combustión de leña.

## PRESIONES



Promedio trianual de concentraciones de material particulado fino (MP2,5) en estaciones de monitoreo del país, 2019 - 2017

Las concentraciones se deben principalmente a la combustión de leña residencial, alcanzan el valor más alto (47 µg/m3) en la ciudad de Coyhaique.

**ESTACIONES DE** MONITOREO Norma: trianual (2019-2017) $20\mu g/m3$ 

Sobre la norma

Bajo la norma

CONSECUENCIAS

La contaminación del aire tiene grandes repercusiones en el medio ambiente y la población.

### RESPUESTAS

La calidad del aire sigue siendo una de las prioridades en materia de gestión ambiental en Chile.

PLANES DE DESCONTAMINACIÓN **ATMOSFÉRICA Y ALERTAS SANITARIAS**  **19** 

planes **Publicados** 

planes elaboración

Para el 2019, el 59% de la población de Chile (11.204.976 personas), viven en zonas declaradas latentes o saturadas







#### **CONTENIDO**

#### Introducción

- 1. Antecedentes
- 2. Presión
- 3. Estado
- 4. Impacto
  - 4.1. Efectos en la salud
  - 4.2. Disminución en visibilidad y esmog fotoquímico
  - 4.3. Afectación a ecosistemas acuáticos y lluvia ácida
  - 4.4. Afectación en plantas
- 5. Respuestas
  - 5.1. Normas de emisión
  - 5.2. Instrumentos económicos: impuestos verdes
  - 5.3. Normas de calidad del aire
  - 5.4. Planes de prevención y/o descontaminación
  - 5.5. Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (Sinca)
  - 5.6. Programas e iniciativas de promoción de tecnologías limpias

Referencias

# INTRODUCCIÓN

La calidad del aire constituye uno de los asuntos ambientales que afecta de manera más directa a la población. Para abordar este desafío, el Ministerio del Medio Ambiente conforme a sus competencias, ha dictado normativas para restaurar los niveles de calidad atmosférica definidos en las normas de calidad del aire vigentes en el país.

De acuerdo con los resultados de los monitoreos de calidad del aire a lo largo del territorio nacional, a la fecha se han decretado 21 zonas del país bajo la categoría de saturación o latencia por contaminación atmosférica. De estas áreas, 19 ya tienen publicados sus correspondientes planes de prevención y/o descontaminación atmosférica y 3 planes se encuentran en elaboración¹ (2 de ellos ya fueron aprobados por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad). Para una correcta gestión de la información sobre calidad del aire, el Ministerio del Medio Ambiente opera 57 estaciones de monitoreo distribuidas por todo el territorio, la que se muestra en línea con acceso público a través del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire.

# 1. Antecedentes

Según un estudio de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud (Prüss-Ustün, Wolf, Corvalán, Bos y Neira, 2016). La entidad estimó que una de cada nueve muertes en todo el mundo es resultado de condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica (OMS, 2016a).

El contaminante atmosférico más relevante para la salud es el material particulado (MP) con un diámetro de 10 micras o menos, capaz de penetrar profundamente en los pulmones e inducir la reacción de la superficie y las células de defensa. La mayoría de los contaminantes son resultado de la quema de combustibles fósiles, pero su composición puede variar según sus fuentes. Las directrices de la OMS (2006) sobre la calidad del aire recomiendan una exposición máxima de 20 microgramos[2] por metro cúbico ( $\mu$ g/m³) para el material particulado grueso o MP $_{10}$ y de 10  $\mu$ g/m³ para el material particulado fino o MP $_{2,5}$ , sobre la base de las evidencias de los efectos en la salud de la exposición a la contaminación del aire ambiente.

El 79% de la población de América Latina y el Caribe vive en pueblos y ciudades de más de 20.000 habitantes (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], 2014). Esto representa una importante demanda de energía, incluyendo la provisión de servicios, la producción y consumo de materiales y bienes, el transporte y la movilidad, todo lo cual contribuye con la contaminación del aire.

En efecto, el transporte de mercancías y la movilidad humana se basan fundamentalmente en soluciones individuales, que exigen un alto consumo de energía con baja eficiencia. Además, los vertederos para residuos sólidos de las ciudades, en gran parte no regulados, o la ausencia de políticas públicas para el sector, representan no solo una fuente de emisiones de metano y sitios de reproducción de vectores, sino también considerables cantidades de partículas finas por incendios accidentales y no accidentales, con grandes aportaciones potenciales a la contaminación atmosférica en entornos urbanos. Globalmente, la energía doméstica es una fuente importante de contaminación del aire exterior. La contaminación del aire en los hogares, que proviene sobre todo de cocinar en estufas tradicionales a fuego abierto, es responsable de 12% de la contaminación global por partículas finas ambientales o MP<sub>25</sub>(OMS, 2016b). La quema de cultivos sigue siendo legal y se practica ampliamente en muchos países, lo que también puede contribuir a la mala calidad del aire.

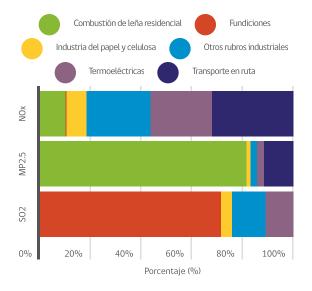
Esta realidad es compartida en Chile, con 88% de su población viviendo en zonas urbanas; un parque automotor en sostenido crecimiento; una matriz energética basada en la combustión de carbón, petróleo y biomasa, y una economía extractivista. A ello se suman factores climáticos, como la inversión térmica que afecta a la Región Metropolitana, y la presencia de un clima frío en la zona sur del país, todo lo cual hace que la calidad del aire sea uno de los desafíos más importantes para la institucionalidad ambiental.

# 2. Presión

A nivel nacional se ha identificado a la combustión de leña residencial, las fundiciones de cobre, la industria del papel y celulosa, las centrales termoeléctricas, el transporte en ruta y otros rubros industriales como las principales fuentes de emisiones de contaminantes locales: material particulado fino  $(MP_{2,5})$ , dióxido de azufre  $(SO_2)$  y óxidos de nitrógeno  $(NO_V)$ .

Para el año 2018, el rubro de fundiciones de cobre constituye la fuente más relevante de emisión de  ${\rm SO}_2$  con 191.000 toneladas, equivalentes a 71,54% de las emisiones totales. Por su parte, la combustión de leña residencial es la fuente primordial de material particulado fino, explicando 81,50% de las emisiones nacionales, con 83.528 toneladas anuales. Finalmente, la emisión de óxidos de nitrógeno proviene mayormente del transporte en ruta (32,32% del total nacional, con 44.714 toneladas emitidas) y del rubro de termoeléctricas (23,95% de las emisiones nacionales, con 33.136 toneladas) (**Figura 1**).

Figura 1. Composición de las emisiones al aire de  $MP_{2.5} NO_x$  y  $SO_2$  según tipo de fuente, 2018



#### Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Registro de Emsiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2020.

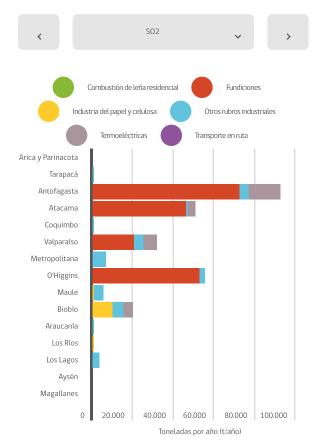


Los contaminantes locales son emitidos por distintos tipos de actividades, industrias y fuentes, variando su intensidad según la naturaleza del sector y la ubicación geográfica a lo largo del país.

En cuanto a óxido de azufre (SO<sub>2</sub>), las regiones de Antofagasta, Atacama, Valparaíso y O'Higgins son las que concentran los mayores niveles de emisión de este contaminante, debido a que en ellas se localizan las siete fundiciones de cobre que operan en el país (**Figura 2**).

La combustión de leña residencial, causante central de la emisión de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>), aumenta de norte a sur debido a la mayor demanda energética en las zonas más lluviosas y frías del territorio.

Figura 2. Emisiones al aire de MP<sub>2,5</sub> NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> por región y según tipo de fuente, 2018



#### Download data

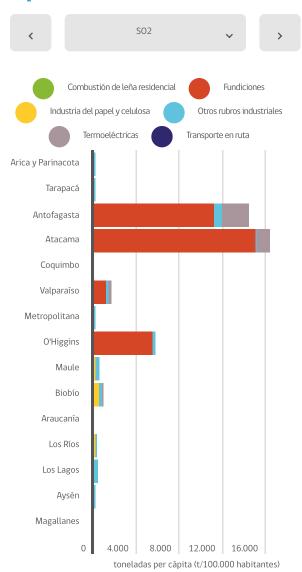
Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Registro de Emsiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2020.

Las regiones de Los Lagos y Biobío ostentan los más altos niveles de emisión a nivel nacional, con 22.186 y 17.086 toneladas, respectivamente. En cambio, en la Región Metropolitana, el transporte en ruta es la principal fuente de emisión de material particulado fino, con 4.506 toneladas anuales, lo que equivale a 61,1% de las emisiones totales a nivel regional, mientras que la combustión de leña residencial es la segunda fuente en importancia, alcanzando a 2.740 toneladas anuales (37,1%).



Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) están más presentes en las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Metropolitana y Biobío, de la mano de la generación termoeléctrica, el transporte en ruta y otros rubros industriales como principales fuentes de este contaminante. En la Región Metropolitana el transporte en ruta es el emisor más importante, con 72% del total regional, lo que equivale a 18.214 toneladas de óxidos de nitrógeno emitidos al aire.

Figura 3. Emisiones per cápita al aire de  $MP_{2,5}$ ,  $NO_x$  y  $SO_2$  por región y según tipo de fuente, 2018



#### [1] Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Registro de Emsiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2020.

Respecto de las emisiones per cápita, las regiones de Atacama, Antofagasta, O'Higgins y Valparaíso tienen las emisiones per cápita de dióxido de azufre más altas del país, encabezadas por Atacama, con 15.011 toneladas emitidas por cada 100.000 habitantes. Lo anterior se debe a que, como se dijo, en estas regiones se ubica la actividad de fundición de concentrado de cobre y, por la intensidad de las emisiones asociadas a este tipo de fuente y su población, los indicadores per cápita son comparativamente más elevados que en otras regiones.

Para el caso del material particulado fino, los valores más altos los registran las regiones de Aysén (3.383 toneladas de MP<sub>2,5</sub> por cada 100.000 habitantes), Los Ríos (2.751 toneladas) y Los Lagos (2.528 toneladas).



En el caso de los óxidos de nitrógeno sobresalen las regiones de Antofagasta y Atacama, con una emisión de 1.699 y 1.190 toneladas por cada 100.000 habitantes, respectivamente, siendo la principal fuente de emisión la generación termoeléctrica. Magallanes y Aysén presentan valores de 4.637 y 1.652 toneladas por cada 100.000 habitantes, que se explican por su suministro eléctrico basado en centrales de generación con motores de combustión interna.

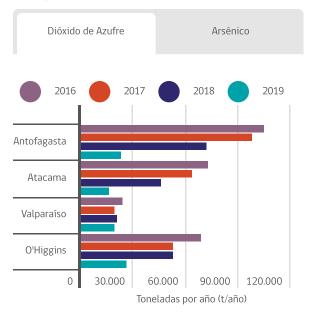
Entre las normas de emisión vigentes a nivel nacional destaca el decreto supremo N°28 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que establece la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico, fijando límites para las emisiones de dióxido de azufre y arsénico (MMA, 2013).

Como se señaló, las regiones de Antofagasta, Atacama, O'Higgins y Valparaíso aglutinan la actividad de fundiciones de cobre a nivel nacional. Antofagasta es la que exhibe los niveles más altos de emisiones de SO<sub>2</sub>. No obstante, con la vigencia de la norma de emisión, Antofagasta ha bajado sus emisiones en 78%, desde 104.000 toneladas de dióxido de azufre en 2016 a 22.500 toneladas en 2019. Para el mismo periodo las regiones de Atacama, Valparaíso y O'Higgins también anotan una reducción de SO2de 78%, 19% y 62%, respectivamente.

En cuanto al arsénico, entre los años 2016 y 2019 estas regiones muestran una caída de 51% en el caso de Antofagasta, 91% en Atacama y 89% en O'Higgins. Solo en Valparaíso se observa un alza de 21% en el mismo periodo (**Figura 4**).

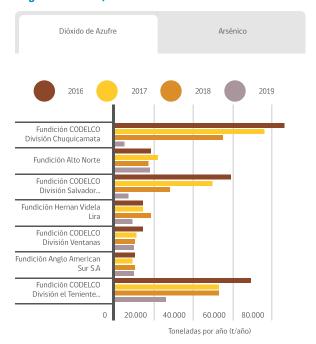


Flgura 4. Emisiones de SO<sub>2</sub> y As generadas por fundiciones, reguladas por el D.S 28/2013 del MMA, por región, 2016 - 2018



Download data

Figura 5. Emisiones de SO<sub>2</sub> y As generadas por fundiciones, reguladas por el D.S 28/2013 del MMA, según fundición, 2016 - 2018



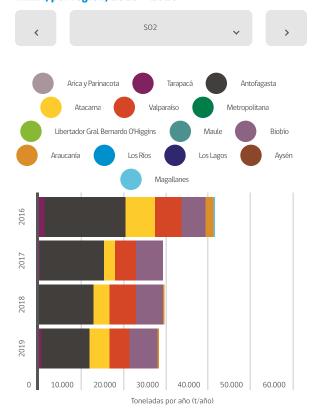
Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Registro de Emsiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2020.

A nivel de establecimientos de fundiciones de cobre, en 2019 Codelco Chuquicamata y Potrerillos han rebajado de sus emisiones de dióxido de azufre en 52% y 36%, respectivamente, en comparación al año 2016, mientras que las emisiones de arsénico han disminuido en los establecimientos Fundición Hernán Videla Lira (-63%), Codelco División Chuquicamata (-56%) y Codelco Ventanas (-45%) (**Figura 5**).

Para el caso de las centrales termoeléctricas, a través del Decreto Supremo N°13 del Ministerio del Medio Ambiente se fijaron normas de emisión, regulando las emisiones de material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno (MMA, 2011) (**Figura 6**).

Figura 6. Emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y MP generadas por termoeléctricas, reguladas por el D.S 13/2011 del MMA, por región, 2015 - 2018



Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Registro de Emsiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2020.

A nivel nacional, la generación termoeléctrica se concentra en las regiones de Antofagasta, Atacama, Valparaíso y Biobío, donde se emplazan 37 de las 46 termoeléctricas del país. Se toma 2016 como base comparativa, ya que es el año en que la norma entró en plena vigencia, pudiendo observarse a partir de entonces los mayores cambios en las emisiones totales.

Desde 2016 a 2019 las emisiones de dióxido de azufre han disminuido 32% a nivel nacional, desde 41.325 a 28.237 toneladas. En el mismo lapso, las emisiones totales de óxidos de nitrógeno han caído 26%, de 47.072 a 34.988 toneladas, mientras que para el material particulado las emisiones se redujeron 45%, de 2.766 a 1.508 toneladas.

A nivel regional, en Antofagasta, donde se ubica la mayor cantidad de centrales termoeléctricas a carbón, la emisión de material particulado ha descendido 63% entre 2016 y 2019, pasando de 1.926 a 716 toneladas. Valparaíso, la segunda región que agrupa más termoeléctricas con este tipo de combustible, ha bajado sus emisiones de material particulado en 28% entre 2016 y 2019, pasando de 212 a 152 toneladas anuales.



# 3. Estado

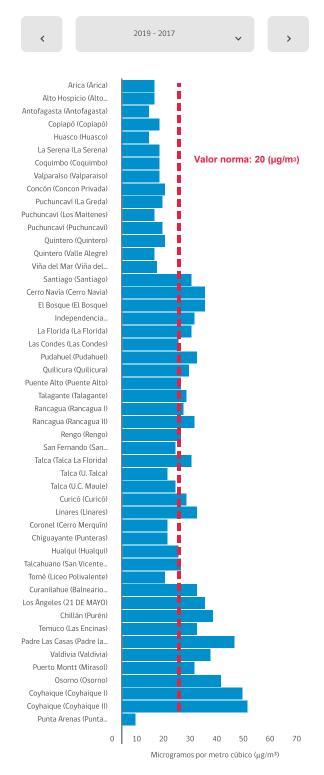
Para evaluar el estado de la calidad del aire en relación con los estándares definidos en las normas primarias de calidad ambiental, se analizan los registros de las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional (EMRP) que existen en el país.

Las estaciones de monitoreo de calidad del aire se enfocan preferentemente en MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>; sin embargo, algunas están destinadas al seguimiento a otros contaminantes, tales como SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb). En el 2020 hay 62 estaciones públicas operadas y mantenidas por el Ministerio del Medio Ambiente, además de estaciones de monitoreo privadas que son operadas y mantenidas por titulares de los proyectos como parte de obligaciones establecidas en sus resoluciones de calidad ambiental, y a las cuales la Superintendencia del Medio Ambiente hace seguimiento y fiscalización.

De acuerdo con estas mediciones, las ciudades del centro y sur del país exhiben altos niveles de concentración de MP2,5 en el promedio trianual 2017-2019, superando los 20 microgramos por metro cúbico fijados como límite máximo en la normativa vigente (**Figura 7**).



Figura 7. Promedio trianual de concentraciones de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) en estaciones de monitoreo del país, 2014 - 2019



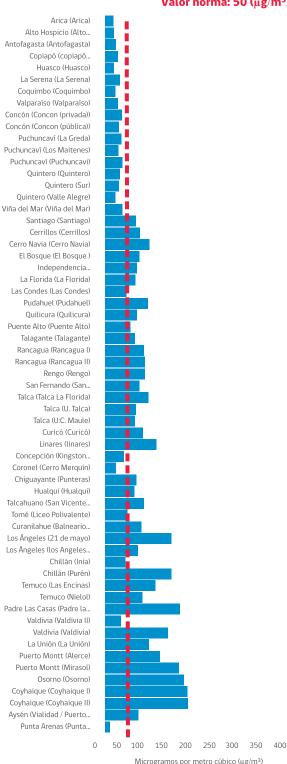
#### Download data

Los niveles de MP<sub>2,5</sub> aumentan con la latitud, lo cual se explica por las diferentes condiciones de ventilación y por el tipo de fuentes contaminantes. La zona norte presenta buenos índices de MP<sub>2,5</sub> debido a que cuenta con mejores condiciones de ventilación y porque las principales fuentes de emisión de material particulado fino en dicha zona, las fundiciones de cobre y las termoeléctricas, están reguladas. En el centro y sur las características geográficas y meteorológicas determinan condiciones propicias para la acumulación y transformación de los contaminantes, especialmente en la época más fría (mayo-agosto). A lo anterior se agregan las emisiones del transporte, la industria y sobre todo la combustión de leña residencial para calefacción.

Analizando el percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino, donde el valor de la norma es de 50 microgramos por metro cúbico, el comportamiento a nivel país también muestra que las regiones del centro y sur presentan valores que sobrepasan la norma de calidad vigente. Las ciudades que más superan la norma diaria de MP<sub>2,5</sub> son Coyhaique, Osorno, Padre Las Casas y Puerto Montt, con registros el año 2019 de 174, 167, 158 y 156 microgramos por metro cúbico, respectivamente (**Figura 8**). De estas cuatro ciudades, las tres primeras ya cuentan con planes de descontaminación para MP<sub>2,5</sub>, mientras que Puerto Montt está en proceso de declaración de zona saturada para avanzar hacia el plan respectivo.

Figura 8. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) en estaciones de monitoreo del país, 2017 - 2019





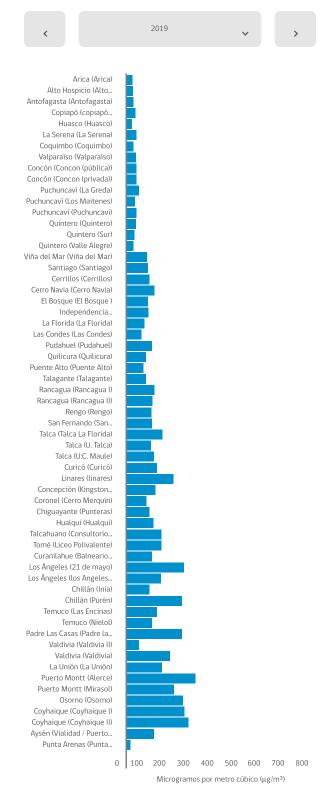


En cuanto a las concentraciones máximas diarias de MP<sub>2,5</sub>, las ciudades de Puerto Montt y Coyhaique encabezan los registros de 2019[3] con 288 y 259 microgramos por metro cúbico, respectivamente. Ello debido a la mala ventilación que se observa durante gran parte de la temporada más fría y al uso de leña para calefacción, que se incrementa con la latitud. Punta Arenas constituye una excepción, porque, por una parte, goza de extraordinarias condiciones de ventilación y, por otra, basa la calefacción en gas natural (**Figura 9**).

En la Región Metropolitana, la comuna de Cerro Navia marca los máximos diarios más elevados, tanto en 2018 como en 2019, con 136 y 116 microgramos por metro cúbico, respectivamente.



Figura 9. Evolución de las concentraciones máximas diarias de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>), según estación de monitoreo 2014-2019



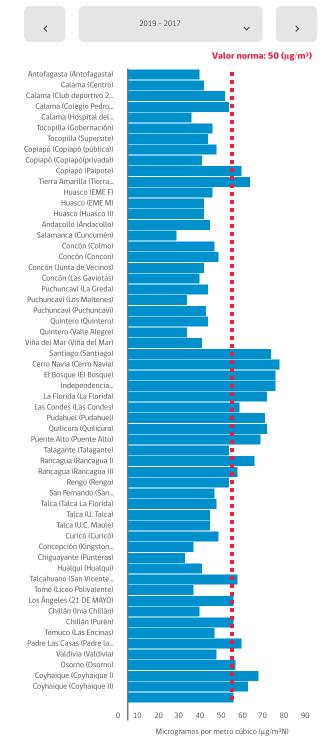
Download data

Para el material particulado  $MP_{10}$ , el valor de la norma para el promedio trianual es de 50 microgramos por metro cúbico. En la zona central, los altos niveles se explican por el aporte de las fracciones finas  $(MP_{2,5})$  y gruesas  $(MP_{2,5})$  a  $MP_{10}$ ), esta última producida por las condiciones geográficas que facilitan un alto nivel de polvo natural y por la actividad del transporte (Dictuc, 2019), que genera la resuspensión de polvo natural en vías, a lo cual se añade la actividad industrial.

El Gran Santiago muestra, en la mayoría de sus estaciones de monitoreo, superación de la norma debido a que las fracciones fina y gruesa del  $MP_{10}$  revelan altos niveles. Las comunas con mayores índices son Cerro Navia (72 microgramos por metro cúbico), El Bosque e Independencia, ambas con 70  $\mu g/m^3$ . Situación similar se advierte en la ciudad de Rancagua, donde la superación de la norma alcanza los 60 microgramos por metro cúbico (**Figura 10**).



Figura 10. Promedio trianual de concentraciones de material particulado grueso (MP<sub>10</sub>) en estaciones de monitoreo del país, 2014 - 2019



Download data

Un comportamiento semejante manifiesta el percentil 98 de concentraciones diarias de material particulado  $\mathrm{MP}_{10}$ , donde el valor de la norma es de 150 microgramos por metro cúbico. En la Región Metropolitana, las comunas de Cerro Navia, Cerrillos y El Bosque poseen los índices más elevados. Adicionalmente, Osorno y Coyhaique presentan superación de la norma, con 198 y 195 microgramos por metro cúbico, respectivamente (**Figura 11**).

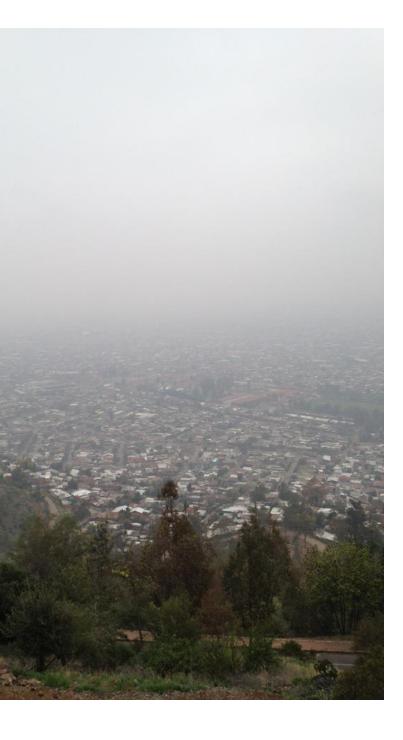
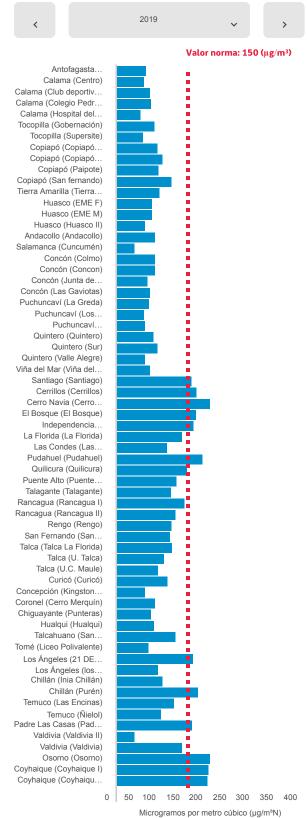


Figura 11. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado grueso (MP<sub>10</sub>) en estaciones de monitoreo del país, 2019 - 2017





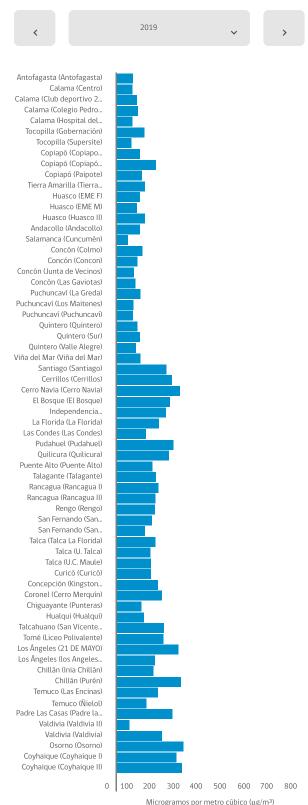
La máxima concentración diaria de material particulado  $\mathrm{MP}_{10}$  registrada en las estaciones de monitoreo de la calidad de aire, tanto públicas y privadas, tiene un desempeño parecido al del  $\mathrm{MP}_{2.5}$ , puesto que los valores más altos se anotaron en las ciudades del sur del país. En 2019, los valores máximos diarios se verificaron en Osorno y Coyhaique, con 283 y 276 microgramos por metro cúbico, respectivamente.

En la Región Metropolitana, el valor más elevado para concentración diaria en 2019[4] se registró en la comuna de Cerro Navia con 268 microgramos por metro cúbico de MP10 (**Figura 12**).



[4] Los valores máximos no se utilizan en el cumplimiento normativo; sin embargo, se muestran para efecto informativos en el presente capítulo.

Figura 12 Evolución de las concentraciones máximas diarias de material particulado fino (MP<sub>10</sub>), según estación de monitoreo, 2014 - 2019

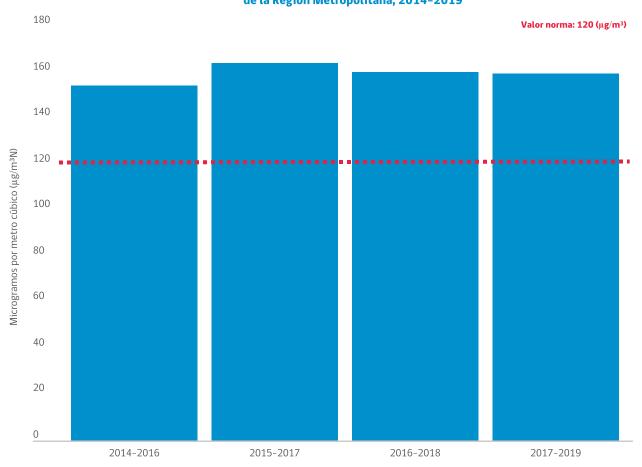


#### Download data

El ozono troposférico es un contaminante secundario que se produce por la reacción entre óxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de radiación solar. En la Región Metropolitana, las principales fuentes de contaminantes primarios y precursores de ozono troposférico son el uso de combustibles fósiles -por ejemplo, el transporte en ruta-, las actividades industriales y la combustión de leña residencial.

En el período 2014-2019 las concentraciones de ozono troposférico en la Región Metropolitana rebasan la norma, con valores entre 20% y 40% sobre los 120  $\mu$ g/m3 establecidos (**Figura 13**).

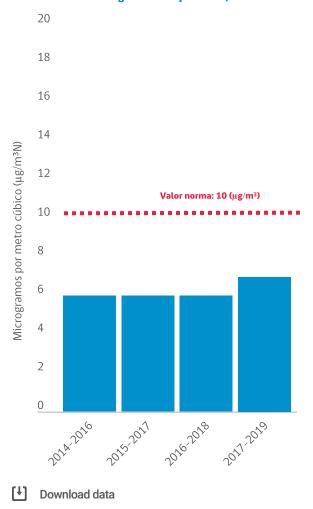
Figura 13. Evolución trianual del Percentil 99 de las concentraciones de ozono  $(O_3)$  en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019



Download data

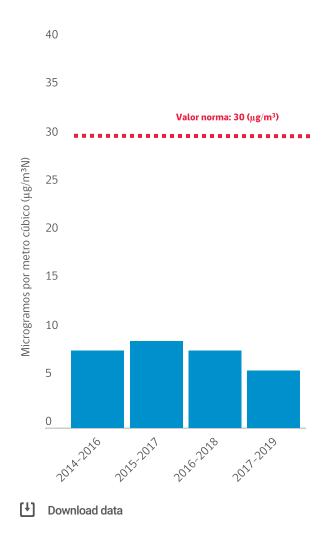
En el periodo 2014-2019 la evolución trianual del percentil 99 de las concentraciones máximas de 8 horas de monóxido de carbono en la Región Metropolitana se encuentra bajo la norma, cuyo límite máximo es de 10 microgramos por metro cúbico ( $\mu$ g/m³) (**Figura 14**).

Figura 14. Evolución trianual del Percentil 99 de las concentraciones máximas diarias de 8 horas de monóxido de carbono (CO) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019.



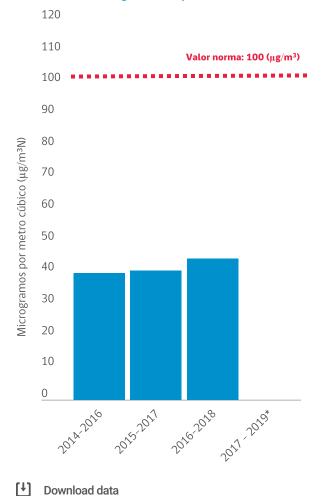
Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020. Lo mismo ocurre en la evolución trianual del percentil 99 de las concentraciones máximas diarias horarias de monóxido de carbono en la Región Metropolitana, cuyo límite máximo es de 30 microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ) (**Figura 15**).

Figura 15. Evolución trianual del Percentil 99 de las concentraciones máximas diarias horarias (1 hora) a de monóxido de carbono (CO) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019



Para el mismo periodo, la situación de la Región Metropolitana respecto al dióxido de nitrógeno es similar, encontrandose cumpliendo norma trianual del promedio anual (cuatro semestres), cuyo límite es 100  $\mu g/m^3$ , (Figura 16)

Figura 16. Evolución trianual del promedio anual (cuatro semestres) de las concentraciones a de dióxido de nitrógeno (NO2) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019

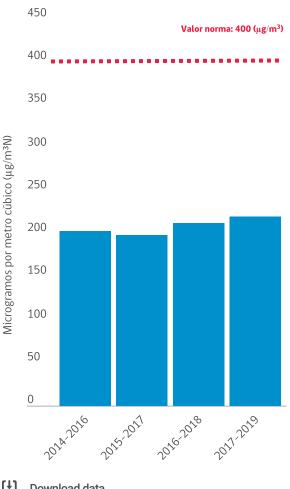


\*No es posible determinar un promedio trianual para el periodo 2016 - 2018

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Y la norma trianual del percentil 99 de las máximas concentraciones diarias horarias (1 hora), cuyo límite es 400  $\mu g/m^3$ , (Figura 17).

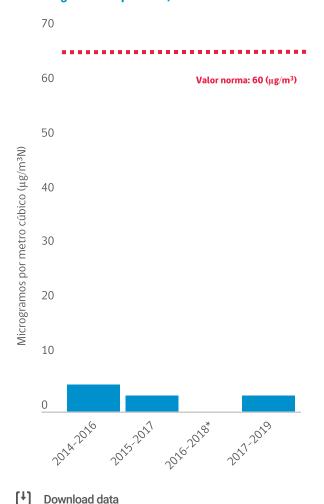
Figura 17. Evolución trianual del percentil 99 de las máximas concentraciones diarias horarias (1 hora) de dióxido de nitrógeno (NO2) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019



Download data

Así misma es la situación de la Región Metropolitana respecto al dióxido de azufre, donde las concentraciones se encuentran bajo la norma trianual del promedio anual (cuatro semestres), cuyo límite es 60µg/m³, (**Figura 18**)

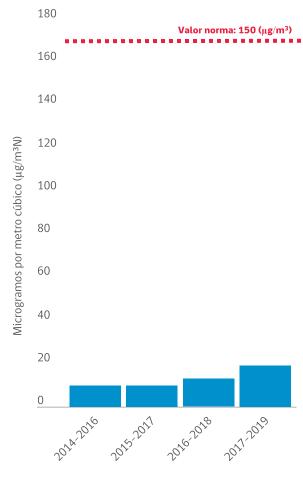
Figura 18. Evolución trianual del promedio anual (cuatro semestres) de las concentraciones a de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019



Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Y la norma trianual del  $\,$  percentil 99 de las máximas concentraciones de 24 horas, cuyo límite es 150  $\mu g/m3$ , (Figura 19).

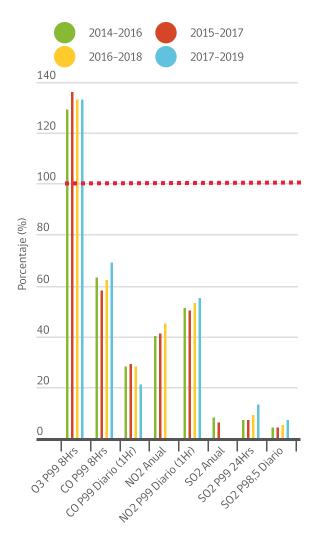
Figura 19. Evolución trianual del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en estaciones de monitoreo de la Región Metropolitana, 2014-2019



Download data

Por lo que al analizar la norma trianual de contaminantes atmosféricos para ozono troposférico, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en la Región Metropolitana, el ozono troposférico agrupado en el percentil 99 de 8 horas es el único indicador que sobrepasa la norma. Los otros contaminantes, ya sea por agrupación de percentil 99 de 8 horas, percentil 99 de 1 hora o anual, no superan las normas respectivas (**Figura 20**).

Figura 20. Superación norma trianual (%) de contaminantes atmosféricos, 2014 - 2019



#### Download data

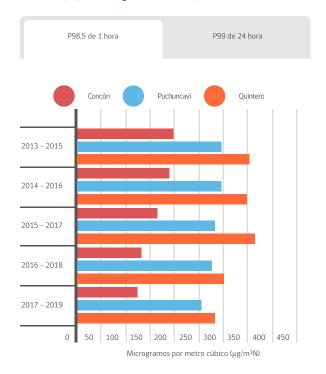
Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

#### Concón, Quintero y Puchuncaví

El estado de la calidad del aire en las comunas de Concón, Puchuncaví y Quintero es monitoreado por las estaciones de Colmo, Concón, Junta de Vecinos y Las Gaviotas para la comuna de Concón; La Greda, Los Maitenes y Puchuncaví para la comuna de Puchuncaví, y Quintero, Quintero Sur y Valle Alegre para la comuna de Ouintero.

En el promedio trianual del periodo 2017-2019, para la norma de 24 horas del percentil 99 (máximo de 150  $\mu g/m3$ ) la comuna de Quintero es la que presenta los niveles de concentración más altos de dióxido de azufre, con 128  $\mu g/m3$ , ninguna de las tres comunas supera el límite. En el mismo período, para la norma de una hora que comprende el percentil 98.5, al igual que en el caso anterior, ninguna de las tres sobrepasa el valor límite de 350  $\mu g/m3$ de dióxido de azufre (**Figura 21**).

Figura 21. Promedio trianual de las concentraciones de SO<sub>2</sub> en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, 2013 - 2019

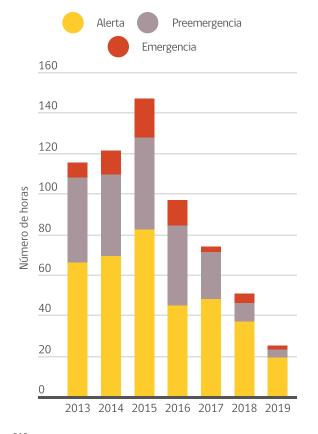


#### Download data

La norma horaria entró en vigor en mayo de 2019 y, haciendo un análisis comparativo entre lo que esta indica y los datos históricos disponibles, se advierte que el número de eventos declarados (tomando de referencia la actual norma) como alerta, preemergencia y emergencia ambiental para la zona de Concón, Quintero y Puchuncaví ha disminuido sostenidamente desde 2015, con una reducción de horas declaradas de 83% respecto de dicho año.

En 2018 hubo 9 y 5 horas con calidad de aire clasificada como preemergencia y emergencia ambiental, respectivamente; mientras que en 2019 el número de horas fue de 4 y 2 para las mismas condiciones ambientales (**Figura 22**).

Figura 22. Número de eventos críticos constatados en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví por SO<sub>2</sub>, 2013 - 2019.



#### Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

#### Calidad del aire y pandemia

Una de las consecuencias ambientales que ha tenido el COVID19 en el mundo es la mejoría en la calidad del aire a consecuencia de la reducción de la movilidad de la población y la contracción económica derivadas de las cuarentenas decretadas por los gobiernos como medida para prevenir la transmisión del virus.

Las observaciones han mostrado que los niveles de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se redujeron significativamente por las cuarentenas en China e Italia, con una disminución de alrededor de 10% semanal por varias semanas en este último país, según el Servicio de Monitoreo Atmosférico Copérnico de la Unión Europea (Naciones Unidas, 2020).

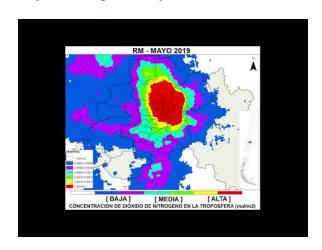
En América Latina, un informe de Cepal compara las concentraciones de tres contaminantes principales (PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>) en el trimestre marzo-mayo de 2019 y de 2020 para ciudades que representan 14% de la población urbana: Bogotá, Ciudad de México, Lima, Monterrey, Quito, Santiago y Sao Paulo. Los datos arrojan que hubo mejoras en la calidad del aire en las ciudades estudiadas, siendo mayores durante las primeras semanas de las cuarentenas; con posterioridad la situación tiende a revertirse, con algunas excepciones.

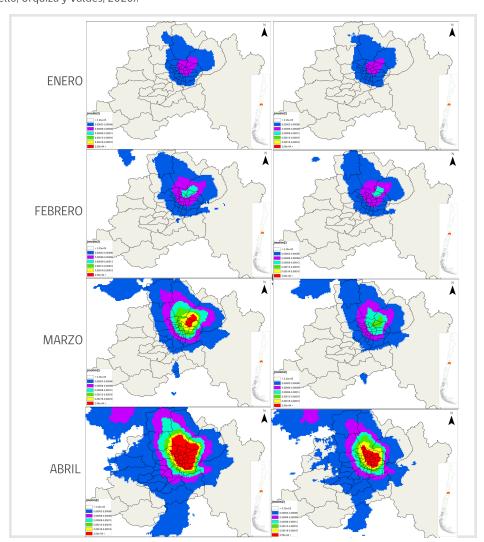
Cabe precisar que en los valores resultantes existe una alta heterogeneidad y variabilidad, así como valores atípicos. Esto se explica por las condiciones ambientales de cada lugar y por el gran nivel de actividad y movilización que han tenido estas ciudades, pese a las medidas restrictivas, a raíz de la desigualdad estructural de ingresos, la precariedad del empleo, el creciente desempleo y la prevalencia de un amplio sector informal (Cepal, 2020).



En Chile, si bien las medidas de cuarentena han disminuido la contaminación en ciudades como Santiago (Figura 23 y Figura 24), en aquellas del centro y sur no se produjo la misma caída en los meses de invierno, lo que se puede explicar por el uso de leña como principal fuente de calefacción. En estas ciudades se evidencia la dificultad de algunos sectores de la población de acceder a una fuente limpia de calefacción, debido fundamentalmente a tres causas: el bajo nivel de ingresos de estas familias, los elevados costos de otros tipos de calefacción más limpios y la poca aislación térmica de las residencias. Según estudios realizados en Estados Unidos e Inglaterra, los contaminantes atmosféricos juegan un rol fundamental en la dispersión e incidencia del COVID-19, por lo que estas ciudades presentan condiciones favorables para su propagación (Encinas, Truffello, Urquiza y Valdés, 2020).

Figura 23. Detección satelital de NO<sub>x</sub> en la tropósfera - Región Metropolitana

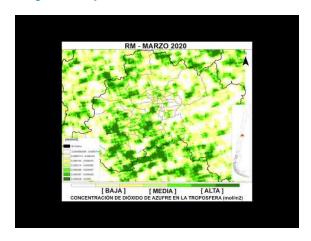


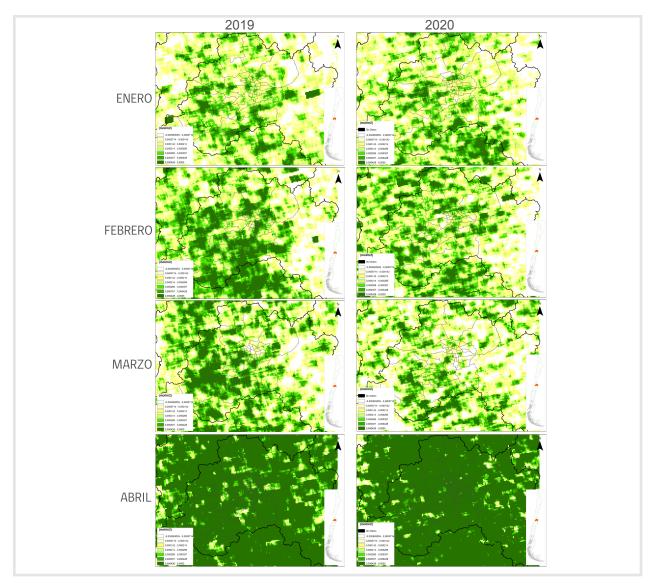


Fuente: Elaboración propia con datos ESA - Sentinel 5P), 2020.

Figura 24. Detección satelital de  ${
m SO}_2$  en la tropósfera

#### - Región Metropolitana





Fuente: Elaboración propia con datos ESA - Sentinel 5P), 2020.

# 4. Impactos

Múltiples estudios nacionales e internacionales han demostrado que existe una asociación entre el nivel de concentración de contaminantes como material particulado (MP), ozono  $({\rm O_3})$ , dióxido de azufre  $({\rm SO_2})$ , monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno  $({\rm NO_2})$  y la incidencia en muertes y varias enfermedades cardiorrespiratorias, tanto en niños como en adultos. Además, hay evidencia de efectos ambientales tales como disminución de la visibilidad, daños a los materiales e impactos en la flora y fauna (**Tabla 1**).



Tabla 1. Impactos generados por MP, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>2</sub>

Efecto	Breve descripción
Daño a la salud	Las partículas y compuestos emitidos al aire en ciertas concentraciones pueden tener efectos nocivos en la salud de las personas, como, por ejemplo, reducción de la función pulmonar, aumento de la susceptibilidad de contraer infecciones respiratorias, muertes prematuras y cáncer, entre otros.
Disminución en visibilidad	La presencia de partículas en el aire reduce la visibilidad, afectando el bienestar y la calidad de vida.
Daño a materiales	El exceso de contaminación atmosférica puede perjudicar los materiales de construcción, alterando sus propiedades físicas y químicas.
Daño a ecosistemas acuáticos	Altas concentraciones de NO2 y SO2 pueden producir deposición ácida en el agua, modificando su composición y dificultando la supervivencia de especies acuáticas.
Daño en plantas y bosques	La deposición ácida en suelos es capaz de alterar el crecimiento de plantas y árboles. Además, el ozono y otras partículas pueden ingresar a través de los estomas de las plantas y lesionar su estructura

Fuente: elaboración propia a partir de Ministerio del Medio Ambiente, 2011a.

## 4.1. Efectos en la salud

El material particulado (MP) es el contaminante que más significativamente ha sido asociado a eventos de mortalidad y morbilidad en la población (Pope y Dockery, 2006). Se clasifica según su diámetro aerodinámico, característica de la cual depende la intensidad de sus impactos. La fracción fina o MP<sub>2,5</sub>, aquella menor o igual a 2,5 micrones de diámetro aerodinámico, está compuesta por partículas suficientemente pequeñas como para penetrar en las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones y los alveolos, lo que aumenta el riesgo de mortalidad prematura por efectos cardiopulmonares, en exposiciones de corto y largo plazo (Cifuentes, 2010).

En cuanto a la fracción gruesa del  $\mathrm{MP}_{10}$ , con partículas de tamaño entre 2,5 y 10 micrones de diámetro aerodinámico, si bien hay una aparente relación entre la exposición de corto plazo y los efectos respiratorios y cardiovasculares, no se cuenta con evidencia suficiente para constatar potenciales efectos por exposición de largo plazo, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA (2009).



# 4.2. Disminución en visibilidad y esmog fotoquímico

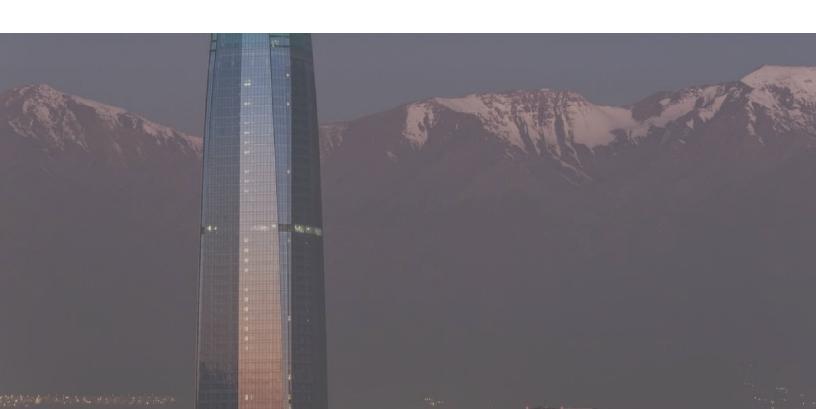
El esmog fotoquímico se origina por la combinación del aire con contaminantes durante un período de altas presiones, a partir de las reacciones entre la luz solar y los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y/o compuestos orgánicos volátiles (COV). Estas reacciones provocan la formación de ozono ( $O_3$ ) y otros contaminantes secundarios como sulfatos, nitratos, formaldehído y cetonas. Este tipo de esmog se desarrolla en prácticamente todas las grandes ciudades del mundo, sobre todo en aquellas con mucho tráfico vehicular y actividad industrial, que emiten  $NO_x$  y COV a la atmósfera, soleadas y con poco movimiento de las masas de aire, como ocurre en los períodos de inversión térmica, la cual impide la circulación del aire.

La producción de esmog fotoquímico oscurece la atmósfera, ensucia el aire y lo deja con aspecto de niebla, teñido de un color marrón rojizo, cargado de componentes dañinos para la salud de las personas y el medio ambiente, incluidas las zonas forestales y agrícolas cercanas a las ciudades (Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

#### Cuando el aire oscurece al sol

Parece un contrasentido que la energía solar, gran aliada en la lucha contra la contaminación del aire, vea obstaculizada la eficiencia de sus paneles colectores justamente por esa contaminación. En efecto, en India se calculó que la eficiencia de la conversión –de radiación solar a electricidad– de los paneles fotovoltaicos puede disminuir entre 17% y 25% debido al material particulado  $\mathrm{MP}_{10}$  y  $\mathrm{MP}_{2,5}$  depositado sobre ellos (Bergin et al., 2017). Otra investigación observó en China que el potencial fotovoltaico de 119 estaciones se redujo, en promedio, entre 11% y 15% por efecto del dióxido de azufre y del carbono negro (Sweeters et al., 2019). Todas estas pérdidas, claro, se traducen en un daño económico de millones de dólares anuales.

Estos y otros hallazgos resultan relevantes para Chile, en sus esfuerzos por reducir la contaminación atmosférica en varios puntos del territorio, así como por desarrollar su gran potencial para la generación de energía solar.



# 4.3. Afectación a ecosistemas acuáticos y lluvia ácida

El término lluvia ácida se refiere a cualquier forma de precipitación, sea húmeda (lluvia, nieve o niebla) o seca (polvo o humo), con altos niveles de acidez debido a la gran cantidad de componentes ácidos que contiene. La lluvia ácida tiene un pH inferior a 5,6, pudiendo llegar hasta niveles tan bajos como 2,5 o 1,5.

La lluvia ácida se produce porque las combustiones de carbón y derivados del petróleo generan dióxido de azufre  $(SO_2)$  y óxidos de nitrógeno  $(NO_{xi})$ . Estos componentes reaccionan con la humedad de la atmósfera y se convierten en ácido sulfúrico  $(H_2SO_4)$  y ácido nítrico  $(HNO_3)$ , respectivamente. Estos compuestos químicos dan el carácter ácido a la precipitación, la que cae sobre el suelo y las plantas produciendo efectos nocivos (Ministerio del Medio Ambiente, 2016).



# 4.4. Afectación en plantas

La calidad del aire influye en el minucioso proceso de fotosíntesis que realizan las plantas, al absorber luz y dióxido de carbono y luego devolver oxígeno, indispensable para la vida humana.

Los contaminantes atmosféricos tienen efectos negativos en las plantas en varios niveles: desde cambiar el pH del suelo por la disolución en este de sales tóxicas, hasta dificultar la penetración de la luz debido a las partículas depositadas en la lámina de las hojas. Este material particulado, además, obstruye los estomas, células a través de las cuales se difunde oxígeno y dióxido de carbono durante la fotosíntesis y la respiración celular, y vías también de la transpiración vegetal, que es la forma en que la planta pierde el agua absorbida por las raíces (Florentina e lon, 2011).

Todo ello deteriora la actividad fotosintética, afectando a las propias plantas, a la salud humana y al medio ambiente.



# 5. Respuestas

Para dar respuesta a las emisiones, el Ministerio del Medio Ambiente y la institucionalidad ambiental cuentan con una serie de instrumentos para disminuir las concentraciones de contaminantes en el aire. Estos son:

- Instrumentos normativos, como normas de emisión y de calidad ambiental, planes de prevención y/o de descontaminación.
- Instrumentos económicos, como los impuestos verdes a las fuentes fijas y móviles.
- Sistemas de monitoreo continuo de las concentraciones del aire, como el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (Sinca).
- Programas e iniciativas de promoción de tecnologías limpias.

Estos instrumentos plantean diferentes objetivos y soluciones para abordar las problemáticas de calidad del aire, algunos focalizados en ciertas regiones y otros de cobertura nacional, según el tipo de contaminante atmosférico de que se trate y el origen de la fuente emisora..



## 5.1. Normas de emisión

Además de las normas de calidad del aire, se han dictado normas de emisión que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante, medido en el efluente de la fuente emisora: motores de vehículos y sectores industriales específicos. Las normas de emisión vigentes se resumen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Normas de emisión por fuentes y contaminantes

Efecto	Actividad	Contaminante	Alcance	Decretos supremos
	Fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico	MP, SO2, As y Hg	Nacional	Decreto 28/2013, Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
Fuentes fijas	Fabricación de pulpa kraft o al sulfato	Compuestos TRS	Nacional	Decreto 37/2013, MMA
	Incineración y coincineración	MP, SO2, NOx, COT, CO, metales pesados, HCl, HF, benceno, dioxinas y furanos	Nacional	Decreto 29/2013, MMA
	Centrales termoeléctricas	MP, SO2, NOx, Hg	Nacional	Decreto 13/2011, MMA
	Fuentes estacionarias, puntuales y grupales*	MP	Región Metropolitana (RM)	Decreto 31/2017, MMA
Fuentes residenciales	Calefactores a leña	MP	Nacional	Decreto 39/2011, MMA
	Vehículos livianos y medianos	CO, HC, NOx, Partículas	RM, Valparaíso y O'Higgins	Decreto 54/1994, Ministerio de Transpor- tes y Telecomunicacio- nes (MTT)
	Vehículos pesados	CO, HC, NOx, MP	Coquimbo a Los Lagos	Decreto 55/1994, MTT
Fuentes móviles	Buses de locomoción colectiva	CO, HCT, HCNM, CH4, NOx y MP	RM	Decreto 130/2001, MTT
	Vehículos livianos	HC totales, CO, NOx, partículas	RM, Valparaíso y O'Higgins	Decreto 211/1991, MTT
	Control de emisiones en plantas de revisión técnica	NO, HC y CO	RM	Decreto 149/2006, MTT

<sup>\*</sup>Nota: Fuente estacionaria es aquella diseñada para operar en un lugar fijo y cuyas emisiones se descargan a través de un ducto o chimenea. Se incluyen las montadas sobre vehículos transportables para facilitar su desplazamiento.

Fuente estacionaria puntual es aquella cuyo caudal o flujo volumétrico de emisión es igual o superior a 1.000 m3/h bajo condiciones estándar, medido a plena carga. Fuente estacionaria grupal es aquella cuyo caudal o flujo volumétrico de emisión es inferior a 1.000 m3/h bajo condiciones estándar, medido a plena carga.

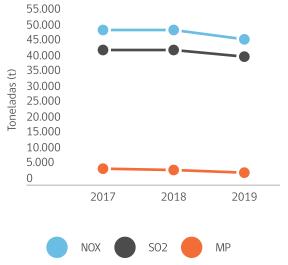
# 5.2. Instrumentos económicos: impuestos verdes

Como se menciona en el capítulo de Institucionalidad Ambiental y Desarrollo Sustentable., la reforma tributaria del año 2014 (Ley 20.780, 2014) incorpora un instrumento económico que fija un impuesto a las fuentes fijas emisoras de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>3</sub>).[5]

Este impuesto anual aplica a los establecimientos emisores de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que cumplan con las condiciones mencionadas en el capítulo de Institucionalidad Ambiental y Desarrollo Sustentable.

Desde la implementación de este impuesto el año 2017, se observa una disminución en la emisión gravada del MP de un 22% en el 2019 (3.835 t) respecto al 2018 (4.942 t) Esto a diferencia de las de  $NO_x$  y  $SO_{2^n}$  que han variado entre un 5% a un 1% dentro del periodo 2017 – 2019.

Figura 25. Emisiones de contaminantes locales gravadas por impuestos verdes 2017 -2019

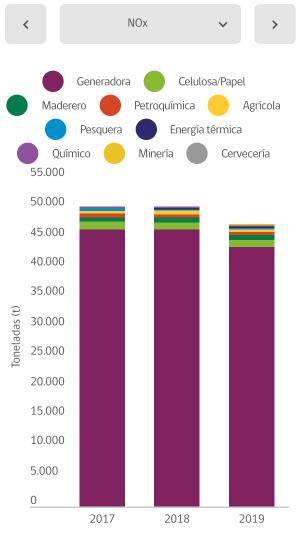


#### Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), 2019.

El sector Generación (termoeléctricas) concentra las mayores emisiones totales dentro del periodo 2017 – 2019, con el 92% de  $NO_x$  (136.612 t), 88% de  $SO_2$  (114.107 t) y el 85% de MP (12.035 t)...

Figura 26. Emisiones estimada de contaminantes locales gravadas por impuestos verdes según contaminante y sector 2017 -2019

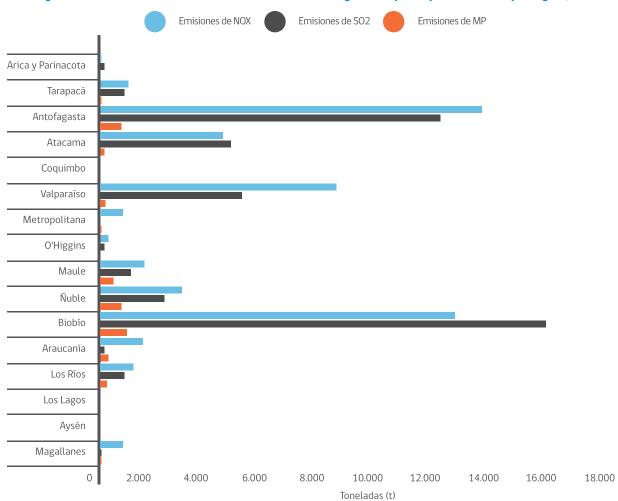


Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) 2019

Para el año 2019, las emisiones de  $\mathrm{NO_{x^1}}$   $\mathrm{SO_2}$  y MP se encontraron concentradas principalmente en la Región del Biobío la que concentra el 26% del  $\mathrm{NO_x}$  (12.193 t), 37% del  $\mathrm{SO_2}$  (15.335 t) y el 24% del MP (932 t), seguida por la región de Antofagasta con el 28% del  $\mathrm{NO_x}$  (13.119), 28% del  $\mathrm{SO_2}$  (11.695 t) y el 19% del MP (740 t).

Figura 27. Emisiones estimadas de contaminantes locales gravadas por impuestos verdes por región, 2019.



Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), 2019.

## Modernización del Impuesto a emisiones al aire de fuentes fijas

La Ley 21.210, publicada el 20 de febrero de 2020, quemoderniza la legislacion tributaria, incluyendo ajustes al impuesto a emisiones al aire de fuentes fijas, incorporando elementos en función de mejorar la eficiencia y profundizar los impactos positivos del llamado impuesto verde. Estos ajustes entran en vigencia a 3 años de la publicación de esta ley y consideran los siguientes aspectos:

- Cambio de criterios para determinar la afectación de establecimientos: Se cambia desde criterio tecnológico (caldera y turbinas con potencia mayor o igual 50 MWt) a criterio de intensidad de emisiones (umbral de 25.000 ton/año de CO<sub>2</sub> o 100 ton/año MP). El cambio busca profundizar el sentido ambiental del impuesto verde, estableciendo un gravamen en función de las emisiones efectivas de las fuentes, independientemente del tamaño o características de la tecnología y la estacionalidad de su funcionamiento. Así, el instrumento se concentra estrictamente sobre aquellos grandes emisores de contaminantes locales y globales. El umbral complementario entre emisiones de CO<sub>2</sub> y MP asegura la doble finalidad del impuesto verde:
- (i) Atender el principal problema ambiental del país, que es la contaminación atmosférica local, y;
- (ii) Hacer frente al fenómeno del cambio climático, principal problema ambiental a nivel global.

La modernización permite generar incentivos continuos para reducir las emisiones emisiones, locales y globales, con tal de no sobrepasar los límites anuales que determinar su afectación, a diferencia de la situación actual, dónde se determina la afectación de cada establecimiento de manera previa y en función de criterios tecnológicos, lo cual, en algunos casos, esto no tiene relación directa con sus emisiones.

Sistema de compensación (offsets) para emisión de contaminantes locales y CO2. Para potenciar el incentivo ambiental del instrumento, la modernización establece la posibilidad implementar mecanismoS de compensación (offsets) de emisiones para los contaminantes gravados, como un instrumento complementario al impuesto, el cual permitiría reducir la carga tributaria de cada establecimiento, a través del incentivo para el desarrollar de proyectos de reducción sobre estos contaminantes, siempre y cuando estas reducciones sean adicionales a las exigencias ambientales vigentes, medibles, permanentes y verificables..



## 5.3. Normas de calidad del aire

La normativa sobre la protección de la calidad del aire se encuentra definida en primera instancia por la ley de Bases Generales del Medio Ambiente, que en su artículo 2º define tanto la norma primaria como la norma secundaria de calidad ambiental (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1994).

La norma primaria establece los valores de las concentraciones y los períodos máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población.

La norma secundaria de calidad ambiental fija los valores de las concentraciones y los períodos máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente o la preservación de la naturaleza.

Las normas de emisión primarias y secundarias asociadas a la calidad del aire que se encuentran vigentes se detallan en la **Tabla 3**.

De acuerdo con estas normas, una zona se declara latente de un contaminante cuando la medición de la concentración de ese contaminante en el aire, agua o suelo se sitúa entre 80% y 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental. Una zona saturada es aquella donde una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas.

Tabla 3. Normas de emisión primarias y secundarias asociadas a la calidad del aire

NOMBRE DE LA NORMA	TIPO DE NORMA
Norma de calidad del aire para MP2,5 (D.S. Nº 12/2010 del Ministerio de Medio Ambiente)	Primaria
Norma de calidad del aire para MP10 (D.S. Nº 59/1998, modificado por D.S. Nº 45/2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)	Primaria
Norma de calidad del aire para SO2 (D.S. Nº 104/2018 del Ministerio de Medio Ambiente)	Primaria
Norma de calidad del aire para NO2 (D.S. Nº 114/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)	Primaria
Norma de calidad del aire para CO (D.S. Nº 115/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)	Primaria
Norma de calidad del aire para Plomo (D.S. Nº 136/2000) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)	Primaria
Norma de calidad del aire para O3 (D.S. Nº 112/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)	Primaria
Norma de calidad del aire para SO2 (D.S. Nº 22/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia)	Secundaria
Norma de calidad del aire para MPS en la cuenca del río Huasco, III Región (D. Exento Nº 4/1992 del Ministerio de Agricultura)	Secundaria

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2019.

# 5.4. Planes de prevención y/o descontaminación

Para las zonas declaradas latentes o saturadas por contaminantes en el aire, el MMA elabora planes de prevención y/o descontaminación ambiental. A través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, estos planes tienen por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria o secundaria, o recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental.

Actualmente, se consideran planes de prevención y/o descontaminación ambiental para 21 zonas del país, de los cuales 19 se encuentran vigentes y 3 en proceso de elaboración (**Tabla 4**). De los procesos de elaboración se observa la revisión del Plan de Descontaminación para las comunas del valle central de la Región de O'Higgins, que tiene plan vigente por MP<sub>10</sub>, en revisión, y a su vez tiene en proceso de elaboración su plan por MP<sub>25</sub>.

Tabla 4. Planes de prevención y/o descontaminación ambiental vigente y en elaboración, por zonas

ZONA	TIPO DE ZONA	CONTAMINANTE QUE DECLARÓ ZONA	DECRETO DECLARACIÓN DE ZONA	NOMBRE PLAN
Chuquicamata	Saturada	MP10 como concentración anual	DS 185/1991	Plan de Descontaminación para la zona circundante a la Fundición Chuquicamata de la división Chuquicamata de Codelco Chile
Chuquicamata	Latente	SO2 como concentración diaria	DS 55/2005	Plan de Descontaminación para la zona circundante a la Fundición Chuquicamata de la división Chuquicamata de Codelco Chile
Ciudad de Calama y su área circundante	Saturada	MP10 como concentración anual	DS 57/2009	En proceso de elaboración de Proyecto Definitivo
Zona Circundante a la Ciudad de Tocopilla	Saturada	MP10 como concentración anual	DS 50/2007	Plan de Descontaminación Atmosférico para la ciudad de Tocopilla y su Zona Circundante
Maria Elena y Pedro de Valdivia	Saturada	MP10 como concentración diaria	DS 1162/1993	Plan de Descontaminación para las localidades de María Elena y Pedro de Valdivia
Fundición Hernán Videla Lira	Saturada	SO2 como concentración diaria	DS 255/1993	Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira de Enami
				Plan de Descontaminación

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2019.

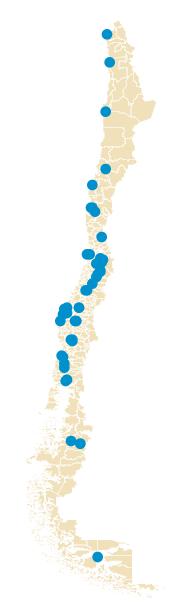
# 5.5. Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (Sinca)

El Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (Sinca) es una red de estaciones de monitoreo de calidad del aire distribuidas en el territorio nacional (**Figura 28**), que son utilizadas para el monitoreo en tiempo real de contaminantes atmosféricos, como material particulado respirable (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO).

En el 2020, el Sinca cuenta con un total de 84 estaciones con representatividad poblacional, de las cuales 57 pertenecen a la red pública y 27 a entidades privadas, encontrándose afectas a monitoreos del cumplimiento de las resoluciones de calificación ambiental.



Figura 28. Red Pública de estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA)



[1] Download data

Los registros sobre concentración de contaminantes pasan por un proceso de validación, donde aquellos datos erróneos son filtrados o extraídos, verificándose así la exactitud, integridad y consistencia de la información, según criterios cuantitativos y cualitativos. Lo anterior, tomando en cuenta que las mediciones podrían estar influenciadas por el estado operacional de los equipos, calibraciones, rangos de medición, factores meteorológicos u otras condiciones de medición.

Para las estaciones de propiedad pública, el organismo encargado de realizar este proceso es el Departamento de Redes de Monitoreo del Ministerio del Medio Ambiente, mientras que para las estaciones de propiedad privada el organismo competente es la Superintendencia del Medio Ambiente.

La información provista por el Sinca referida a concentración de contaminantes en el aire es utilizada, en los casos en que las validaciones y las mediciones cuenten con los registros mínimos mencionados en la normativa, para:

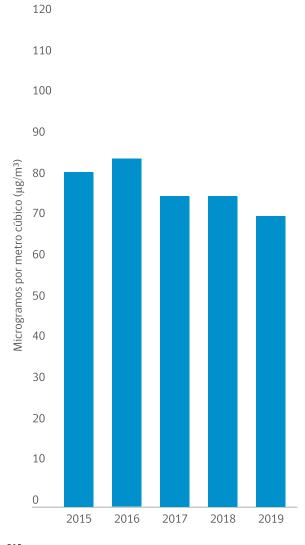
- Identificar las zonas donde se sobrepasen las normas primarias y secundarias de calidad del aire, y así declararlas zonas latentes o saturadas por contaminantes.
- Medir la eficacia de las medidas adoptadas en los planes de prevención y/o descontaminación ambiental.

Hay 29 estaciones de monitoreo asociadas a planes de prevención y/o descontaminación ambiental, y la evolución histórica de las concentraciones de MP<sub>2.5</sub> es la siguiente:

El percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>), ponderado por población, relaciona el promedio de las mediciones registradas por las estaciones de monitoreo para cada plan de prevención y/o descontaminación vigente o en desarrollo, con la población expuesta dentro de las zonas reguladas por estos instrumentos.

El periodo 2015-2019 muestra una disminución de 13% de la concentración ponderada total, desde 82 a 71 microgramos por metro cúbico (µg/m³) (**Figura 29**).

Figura 29. Percentil 98 de las concentraciones diarias de material particulado fino (MP2,5), ponderadas por población, en zonas con plan de prevención y/o descontaminación atmosférica, 2015-2018



Download data

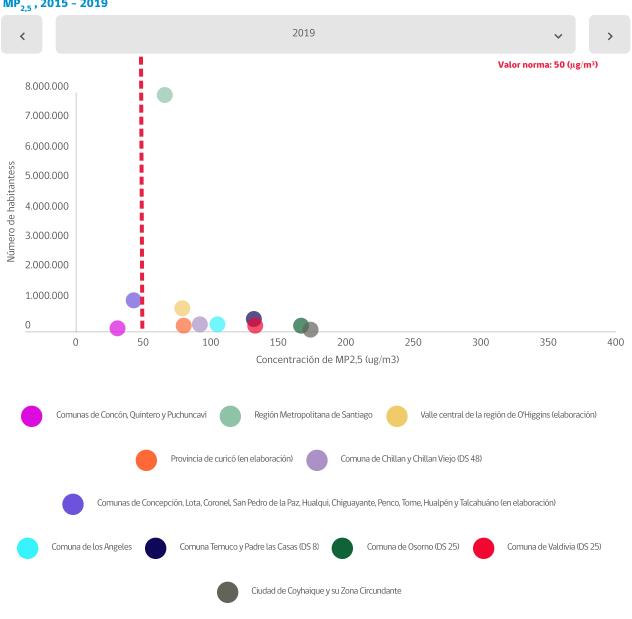
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Un total de 11.204.976 personas, que equivalen a 59% de la población de Chile, viven en zonas declaradas latentes o saturadas. De estas zonas, solo en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, y en la zona del Gran Concepción se encontrarían bajo los 50  $\mu g/m3$  establecidos en la normativa para las concentraciones diarias del p98 de  $MP_{2,5}$ . Esto significa que 10.073.442 habitantes se encuentran expuestos a concentraciones

sobre la norma de MP<sub>25</sub> (**Figura 30**).

Entre 2015 y 2019 se puede destacar la disminución de las concentraciones de  $MP_{2,5}$  en la comuna de Coyhaique, donde en 2019 se registró el menor promedio de concentraciones, 174 µg/m3, encontrándose por primera vez por debajo de los 200 µg/m³, así como en Osorno, donde se registró la menor concentración durante el periodo mencionado, con 167 µg/m³.

Figura 30 Población expuesta a concentraciones de material particulado fino en zonas latentes o saturadas por MP<sub>2.5</sub> , 2015 - 2019



Adicionalmente, el Sinca provee información para la gestión de episodios críticos por contaminación, los cuales se decretan mediante un modelo estadístico de pronóstico diario, cuando la calidad del aire y las condiciones atmosféricas de ventilación son desfavorables y pueden significar una exposición de las personas a altos índices de contaminación; esto, en relación con los rangos y niveles de alerta que definen las normas de calidad del aire para las concentraciones diarias de material particulado, que se muestran en **Tabla 5**.

Tabla 5. Rangos de emergencia ambiental para  $\mathrm{MP}_{10}$  y  $\mathrm{MP}_{2,5}$ 

Nivel	Concentración 24 MP10 (μg/m3)	Concentración 24 MP2,5 (μg/m3)
Alerta	195-239	80-109
Preemergencia	240-329	110-169
Emergencia	330 o superior	170 o superior

Los procedimientos indican que solo en las zonas donde haya un plan de prevención y/o descontaminación ambiental puede constatarse un episodio crítico, ya que esto permite la implementación de un plan de gestión de episodios críticos, con medidas orientadas a reducir la contaminación ambiental y el impacto de esta en la salud de la población. Ejemplos de estas medidas son:

- a) Restricción vehicular.
- **b)** Paralización de fuentes estacionarias.
- **c)** Prohibición de funcionamiento de todo tipo de artefactos de calefacción residencial que utilicen leña, pellet de madera y otros derivados de la madera.
- **d)** Modificación de clases de Educación Física y actividades deportivas.
- e) Intensificación de la fiscalización.
- f) Reforzamiento de programas locales..

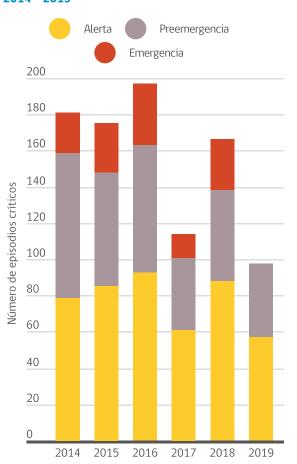


## 5.5.1. Episodios críticos por material particulado

Entre los años 2014 y 2019 se puede apreciar una tendencia a la baja de episodios críticos totales por  $MP_{10}$ , siendo 2019 el año en el que hubo la menor cantidad, con un total de 57 alertas, 41 preemergencias y 0 emergencias (**Figura 31**). Por su parte, los episodios críticos por  $MP_{2,5}$  se mantuvieron constantes en alrededor de 600 a 700, a excepción de los años 2016 y 2018,

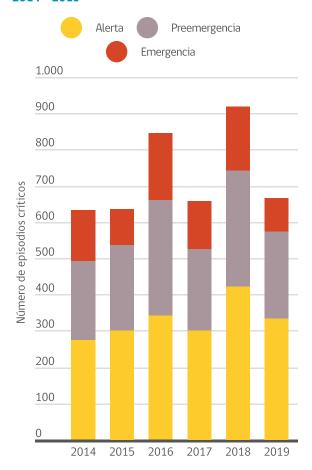
cuando se verificaron 845 y 920 episodios, respectivamente (**Figura 32**). Cabe mencionar que los episodios por MP2,5 superan a los de  $\mathrm{MP}_{10}$ , considerando un promedio anual de 726 episodios de  $\mathrm{MP}_{2,5}$  y de 155 para MP10.

Figura 31. Episodios críticos constatados por MP<sub>10</sub>, 2014 - 2019



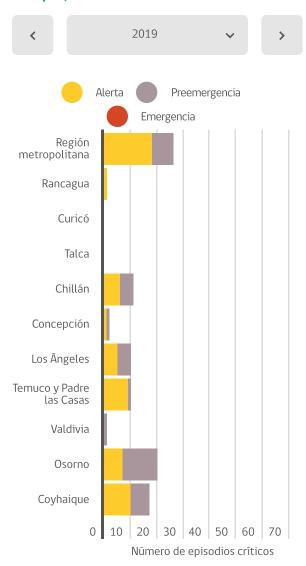
Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Figura 32. Episodios críticos constatados por MP<sub>2,5</sub>, 2014 - 2019



Los episodios críticos por material particulado, tanto 10 como 2,5, se aglutinan desde la Región Metropolitana hasta Coyhaique (**Figura 33** y **Figura 34**), siendo esta última la ciudad con mayor concentración de MP y episodios críticos constatados, y la Región Metropolitana la que muestra mayor cantidad de población expuesta.

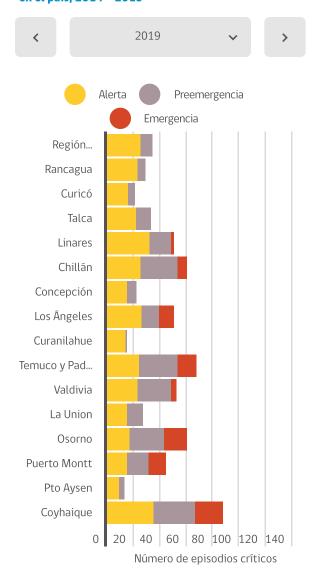
Figura 33. Episodios críticos constatados por MP<sub>10</sub> en el país, 2014 - 2019



#### Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Figura 34. Episodios críticos constatados por MP<sub>2,5</sub> en el país, 2014 - 2019

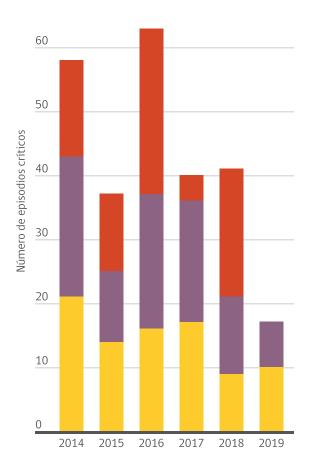


#### Download data

Coyhaique exhibe una tendencia a la baja en la cantidad de episodios críticos, siendo 2019 el año con menor número de estos episodios. Por MP<sub>10</sub> se produjeron 17 episodios, 10 alertas, 7 preemergencias y 0 emergencias, lo que representa una disminución de 60% respecto del promedio de 42 episodios del periodo 2014-2019 (**Figura 35**)

Figura 35. Episodios críticos constatados por MP<sub>10</sub> en la ciudad de Coyhaique, 2014 - 2019





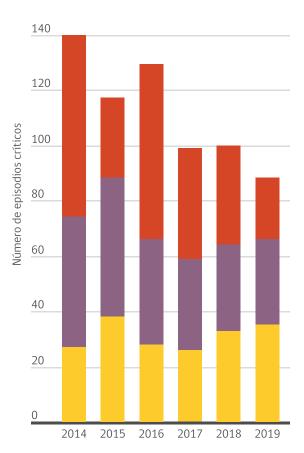
#### [1] Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Por  $MP_{2,5}$  se verificó un total de 88 episodios, de los cuales 35 fueron alertas, 31 preemergencias y 22 emergencias, marcando una reducción de 21% en relación con los 112 episodios promedio del periodo 2014-2019 (**Figura 36**).

Figura 36. Episodios críticos constatados por MP<sub>2,5</sub> en la ciudad de coyhaique, 2014 - 2019

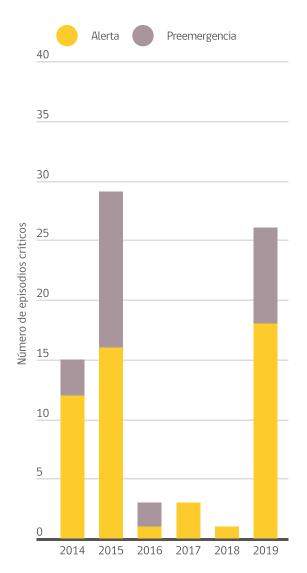




#### Download data

La Región Metropolitana presentó una fuerte alza de episodios críticos por MP<sub>10</sub> el año 2019, con 18 alertas y 8 preemergencias, en comparación a los tres años anteriores (**Figura 37**). Este salto se debe, principalmente, a un cambio metodológico para la determinación del episodio crítico por parte del Ministerio del Medio Ambiente.

Figura 37. Episodios críticos constatados por MP<sub>10</sub> en la Región Metropolitana, 2014 - 2019

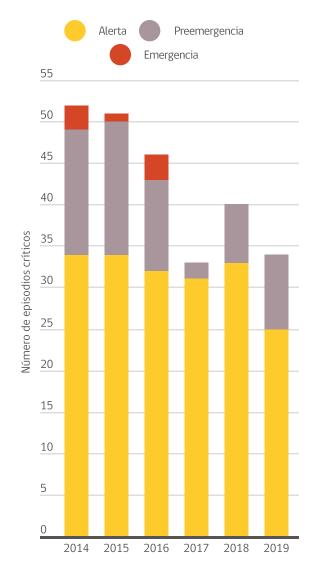


Download data

Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2020.

Para el caso de MP<sub>2,5</sub>, en 2019 se constataron 25 alertas, siendo el primer año que tuvo un número de casos menor a 30 en la serie 2014-2019. Además, en los años 2017, 2018 y 2019 no se decretaron emergencias ambientales por este contaminante (**Figura 38**).

Figura 38. Episodios críticos constatados por  $MP_{2,5}$  en la Región Metropolitana, 2014 - 2019



Download data

# 5.6. Programas e iniciativas de promoción de tecnologías limpias

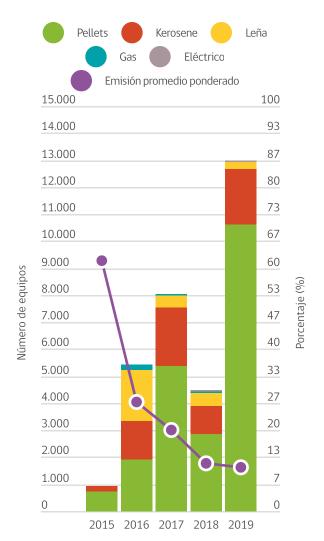
Dentro de este tipo de iniciativas destaca el Programa de Recambio de Calefactores, que es una medida estructural de la mayoría de los planes de descontaminación atmosférica de las ciudades del centro y sur de Chile. Por medio de este programa, los beneficiarios pueden acceder a un nuevo sistema de calefacción más eficiente y menos contaminante cuando hacen entrega de su antiguo calefactor y/o cocina a leña. El número de recambios considerados en cada plan permite alcanzar la norma calidad del aire en la respectiva ciudad.

Tabla 5. Programa de Recambio de Calefactores y tipo de recambios realizados

EQUIPOS	PROMEDIO (GR/HORA)	DESCRIPCIÓN
Equipo retirado	15,97	Diversos equipos (salamandras, Hechizos, Con y sin templador)
Electrico	0,00	AC Split Inverter
Gas	0,06	Gas tiro balanceado
Kerosene	0,16	Laser tiro balanceado (tipo toyotomi)
Pellet	1,85	Pellet potencias desde 5 a 8 kw
Leña	9,42	Calefactor Cumple Norma

En el periodo 2015-2019 este programa ha entregado un total de 32.014 equipos, siendo 2019 el año con mayor cantidad de equipos (12.985) y el año con menor emisión promedio ponderada (**Figura 39**), la que es obtenida al entregar equipos con promedio de emisión.

Figura 39 Evolución tecnológica el Programa de Recambio de Calefactores 2015 - 2019



#### [1] Download data

# Referencias

- Bergin, M. et al. (2017). Large reduction in solar energy production due to dust and particulate air pollution. Environmental Science & Technology Letters, 4(8), 339–344. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00197
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2014. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/handle/11362/37647
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina. Informes COVID-19 Cepal, julio. Obtenido de https://www.cepal.org/es/publicaciones/45839-efectos-cuarentenas-restricciones-actividad-relacionadas-covid-19-la-calidad
- Cifuentes, L. (2010). Informe final relación de la norma de calidad primaria MP 2,5 con la norma de calidad primaria MP10. Santiago: Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- Dictuc. (2019). Estimación de fuentes no puntuales para la generación del décimo tercer informe consolidado de emisiones y transferencias de contaminantes del RETC. Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente https://sinia.mma.gob.cl/
- Encinas, F., Truffello, R., Urquiza, A., y Valdés, M. (2020, 15 de mayo). COVID-19, pobreza energética y contaminación: redefiniendo la vulnerabilidad en el centro sur de Chile. CIPER Chile. Obtenido de https://ciperchile.cl/2020/05/15/covid-19-pobreza-energetica-y-contaminacion-redefiniendo-la-vulnerabilidad-en-el-centro-sur-de-chile/
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2009). Integrated Science
   Assessment (ISA) for Particulate Matter: Final Report. Washington DC: EPA. Obtenido de
   https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=216546
- Florentina, I. e Ion, B. (2011). The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution. En Khallaf, M. (Editor). The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources. DOI: https://doi.org/10.5772/17660
- Ministerio de Hacienda. (2014). Ley 20.780 que modifica el sistema de tributación de la renta e introduce diversos ajustes en el sistema tributario. Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1067194
- Ministerio del Medio Ambiente. (2011a). Análisis general de impacto económico y social (Agies) del anteproyecto de revisión de la norma de emisión de NO, HC y CO para el control del NOx en vehículos en uso de encendido por chispa. Santiago: MMA.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2011b). Decreto supremo 13. Establece norma de emisión para centrales termoeléctricas. Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar? idNorma=1026808

- Ministerio del Medio Ambiente. (2013). Decreto supremo 28. Establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico. Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1057059
- Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Guía de calidad del aire y educación ambiental.
   Obtenido de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1994). Ley 19.300 sobre bases generales del medio ambiente. Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667
- Naciones Unidas. (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision. Nueva York: ONU.
   Obtenido de https://population.un.org/wpp/publications/Files/WPP2012\_HIGHLIGHTS.pdf
- Naciones Unidas. (2020, 23 de marzo). La cuarentena por el coronavirus mejora la calidad del aire, pero no sustituye la acción climática. Obtenido de https://news.un.org/es/story/2020/03/1471562
- Organización Mundial de la Salud. (2016a). Ambient air pollution: A global assesment of exposure and burden of disease. Ginebra: OMS. Obtenido de https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/
- Organización Mundial de la Salud. (2016b). Burning Opportunity: Clean Household Energy for Health, Sustainable Development, and Wellbeing of Women and Children. Ginebra: OMS. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204717/9789241565233\_eng.pdf?

sequence=1

- Organización Mundial de la Salud Europa. (2006). Air Quality Guidelines: Global Update 2005. Copenhague: OMS Europa. Obtenido de https://www.euro.who.int/en/healthtopics/environment-and-health/Housing-and-health/publications/pre-2009/air-qualityguidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-andsulfur-dioxide
- Pope, C., y Dockery, D. (2006). Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. Journal of the Air & Waste Management Association, 56:6, 709–742. DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. y Neira, M. (2016). Preventing Disease Through Healthy Environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://www.who.int/quantifying\_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/
- Sweerts, B. et al. (2019). Estimation of losses in solar energy production from air pollution in China since 1960 using surface radiation data. Nature Energy, 4, 657-663. DOI: https://doi.org/10.1038/s41560-019-0412-4.