



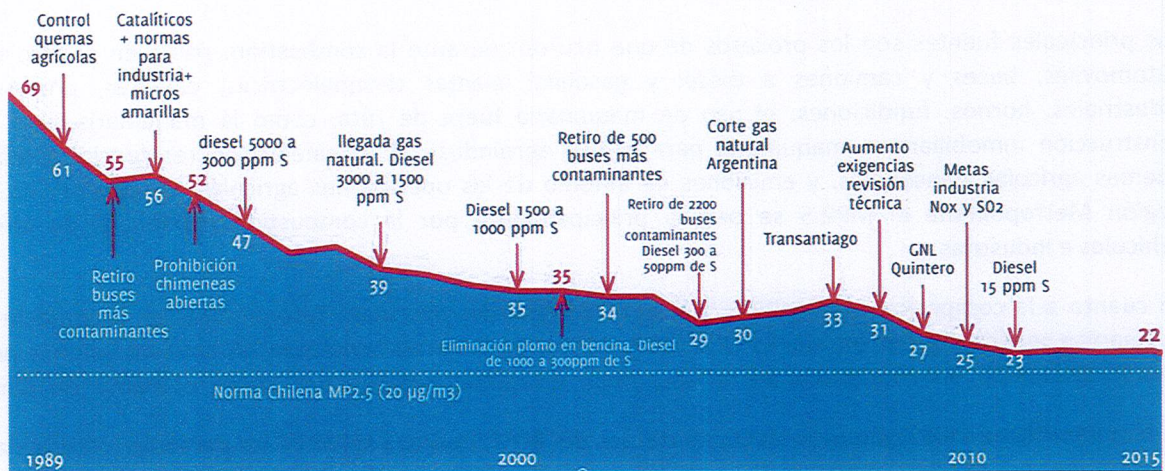
Minuta

Santiago Respira: Nuevo Plan de Descontaminación Atmosférica por MP2,5 para la Región Metropolitana

Contexto

La descontaminación de Santiago comenzó en los 90, en medio de una crisis ambiental por los altísimos niveles de material particulado. Esto llevó a crear en abril de 1990 un Programa de Descontaminación Ambiental del Área Metropolitana de Santiago. Con la entrada en vigencia de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300), se crea la CONAMA y la elaboración de Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica. La Región Metropolitana de Santiago cuenta con un primer Plan en 1998, cuya última actualización data del año 2009.

Tras casi 25 años de gestión de la calidad del aire se pueden constatar cambios estructurales en los patrones de producción y consumo de la Región Metropolitana que han permitido una reducir la contaminación por material particulado. Esta menor contaminación se observa en los promedios anuales, en los promedios de 24 horas y en la disminución del número de episodios críticos de alta contaminación por material particulado grueso (MP10).



Los principales cambios han sido una mejora notable de la calidad de los combustibles usados por el transporte: combustibles sin plomo y reducción en la concentración de azufre en el diésel; la llegada del gas natural; exigencias de metas de emisión de NOx y MP a la industria; una transformación radical del transporte público y un control estricto del mercado automotriz, en términos de incorporar progresivamente vehículos más limpios.



Sin embargo, persisten aun actividades en la Región Metropolitana que no han experimentado una transformación relevante en términos tecnológicos, lo que las ha ido convirtiendo en las mayores responsables de los niveles de contaminación observados actualmente. Éstas son, principalmente, las residencias que emplean calefacción a leña, el transporte comercial y de carga urbano e interurbano, la maquinaria fuera de ruta, a lo que se suma el fuerte incremento del parque de vehículos livianos.

Hasta ahora, la gestión de la calidad del aire en la Región Metropolitana se ha centrado en el MP10, con medidas que demostraron ser efectivas pero que ya cumplieron su ciclo, por lo que es necesario abordar el material particulado fino (MP2,5). En los últimos 15 años el MP2,5 —aun con variabilidades anuales— ha superado en todo el período la normativa vigente.

Si bien la concentración anual por MP2,5 se ha reducido desde 69 a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015, aún hay cerca de 50 episodios críticos al año por material particulado fino, por lo que hoy se requiere focalizar las medidas principalmente en este contaminante, el más dañino para la salud de las personas.

Antecedentes Sobre el Material Particulado Fino (MP2,5)

Es la fracción más fina del material particulado, que considera las partículas de un tamaño menor o igual a 2,5 micrones. A diferencia del MP10, el MP2,5 es lo suficientemente pequeño como para penetrar en las vías respiratorias y llegar a los pulmones y los alvéolos, afectando la salud de las personas por exposición crónica. Las partículas finas tienen un tiempo de residencia en la atmósfera más largo, lo que hace que éstas puedan transportarse largas distancias.

Sus principales fuentes son los procesos de que ocurren durante la combustión, como en el caso de automóviles, buses y camiones a diésel y gasolina; plantas termoeléctricas, calderas, procesos industriales, hornos, fundiciones; el uso de maquinaria fuera de ruta, como la maquinaria para la construcción inmobiliaria o maquinaria para el uso agroindustrial; la calefacción residencial a leña, quemas agrícolas e incendios, y emisiones de amonio de las operaciones agrícolas. En general, en la Región Metropolitana el MP2,5 se origina principalmente por la combustión residencial de leña, vehículos e industrias.

En cuanto a la composición del MP2,5, casi el 60% viene de reacciones fotoquímicas en la atmósfera (formación secundaria por emisiones NOx, SOx, COVs). En invierno aumentan las concentraciones por menor dispersión de contaminantes, y se suman emisiones estacionales como el humo de leña.

Se han identificado los siguientes efectos y riesgos del MP2,5 para la salud de las personas; Mortalidad y admisiones hospitalarias en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y con enfermedad cardiovascular, exacerbación de los síntomas e incremento del asma, aumento de riesgo de infartos al miocardio, inflamación pulmonar e inflamación sistémica, entre otras. Se estima que en Chile se registran cada año 4.000 muertes prematuras por la contaminación atmosférica.



Antecedentes normativos

La Región Metropolitana fue declarada Zona Saturada por Material Particulado Respirable MP10, Partículas en Suspensión, Ozono y Monóxido de Carbono; y Zona Latente por Dióxido de Nitrógeno, mediante el D.S. N°131 de 1996, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Mediante el D.S. N°67 del 22 de agosto de 2014 del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró Zona Saturada por Material Particulado Fino Respirable (MP2,5) a la Región Metropolitana. Tras esto, Ministerio del Medio Ambiente dio inicio a la elaboración del Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica por material particulado fino respirable MP2,5 para la RM.

Objetivo del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) para la Región Metropolitana

Dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire vigentes, asociadas a los contaminantes Material Particulado Respirable MP10, Material Particulado Fino Respirable MP2,5, Ozono (O₃), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂), en un plazo de 10 años desde su entrada en vigencia.

Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana

Con el inventario de emisiones fue posible determinar la contribución de emisiones directas de MP2,5 y emisiones de gases precursores por sector, de manera de contar con un diagnóstico que permita establecer las medidas para los distintos sectores.

Tabla 1: Inventario de emisiones año de partículas y gases por sector, año base 2015

| Sector | Emisiones de Contaminante [Ton/año] | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|
| | MP10 | MP2,5 | SOx | NOx | NH ₃ | CO | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ eq | COV |
| Industria | 911 | 874 | 1.994 | 4.895 | - | 598 | - | - | - | - | 23 |
| Residencial Leña | 2.251 | 2.191 | 36 | 214 | 178 | 36.376 | 256.750 | 674 | 9 | 276.269 | 9.977 |
| Residencial no leña | 100 | 95 | 294 | 1.563 | 10 | 410 | - | - | - | - | 43.176 |
| Evaporativas | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 28.424 |
| Agroindustria | - | - | - | - | 17.210 | - | - | - | - | - | - |
| Quemas Agrícolas | 131 | 118 | 28 | 81 | 1 | 731 | 5.901 | 11 | 0 | 6.245 | - |
| Transporte | 1.109 | 1.109 | 91 | 24.954 | 548 | 93.566 | 9.654.421 | 376 | 307 | 9.755.179 | 10.495 |
| Maquinaria Fuera de Ruta | 1.178 | 1.143 | 35 | 9.781 | 3 | 8.964 | 1.151.596 | 68 | 48 | 1.167.477 | 1.677 |
| Otros | 174 | 157 | 13 | 70 | 23 | 1.915 | 242.571 | 88.071 | - | 2.444.346 | 15.029 |
| Total | 5.854 | 5.686 | 2.491 | 41.559 | 17.973 | 142.560 | 11.311.239 | 89.199 | 363 | 13.649.517 | 108.801 |



Principales Medidas del Nuevo Plan de Descontaminación Atmosférica de la RM:

Fuentes Móviles

Transporte público

- Exigencia de norma Euro VI a la flota del Transantiago: La tecnología más exigente a nivel internacional llega a Santiago a partir de 24 meses de publicado el plan.

Transporte de Carga

- Zona de Baja Emisión para camiones: exigencia tecnológica para vehículos pesados mayores a 12 años dentro Anillo Américo Vespucio. A 12 meses de entrada en vigencia.

Vehículos livianos y medianos

- Nuevos límites de emisión para vehículos livianos y medianos: pruebas en plantas de revisión técnica más exigentes a 12 meses de la publicación.
- Incentivos para vehículos de baja y cero emisiones: diseño de incentivos económicos para compra de vehículos de baja y cero emisión a 12 meses de publicación.

Medidas complementarias

- Se iniciará la revisión de las normas de ingreso de vehículos livianos y medianos para establecer la norma Euro 6 para los vehículos que ingresen en 2020.

Maquinaria fuera de ruta

- Exigencia tecnológica para Maquinaria Fuera de Ruta existente: exigencia tecnológica para proyectos licitados por el Estado. A partir de 2020.
- Creación de una norma de entrada para la maquinaria fuera de ruta nueva: exigencia tecnológica para vehículos comercializados en la región, desde 2019 Tier III y desde 2022 Tier IV.

Combustibles

Se reduce el contenido de azufre en el Keroseno. Para otros combustibles se mantienen las condiciones de azufre del Plan Vigente.

Sector Industrial

Control de emisiones de MP, NO_x, y SO₂. Actualización de Normas para fuentes estacionarias MP, NO_x, y SO₂

Tabla 2: Actualización de fuentes estacionarias MP, NO_x Y SO₂

| Contaminante | Plan vigente | | Propuesta | |
|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Grandes fuentes | Pequeñas fuentes | Grandes fuentes | Pequeñas fuentes |
| MP | 112 mg/m ³ N | 56 mg/m ³ N | 20 mg/m ³ N | 30 mg/m ³ N |
| SO ₂ | 30 ng/J | 30 ng/J | 10 ng/J | 20 ng/J |



| | | | | |
|-----|-----------|-----------|-------------------------------------|---------|
| NOx | Sin norma | Sin norma | 30 ppm calderas 300 ppm procesos | 100 ppm |
|-----|-----------|-----------|-------------------------------------|---------|

Control de emisiones para grandes establecimiento industriales y Compensación de Emisiones

- Metas de emisión grandes establecimientos industriales: reducción de un 30% MP2,5. Se establecen equivalencias entre contaminantes para cuantificar reducciones.
- Rediseño del sistema de compensación de emisiones: tanto para fuentes industriales como para proyectos que ingresen al SEIA. A 12 meses de publicado el Plan, el Ministerio del Medio Ambiente implementará el Sistema de Compensación de Emisiones para la Región Metropolitana de Santiago. Se reconocen equivalencias entre contaminantes para compensación.

Control de emisiones de grupos electrógenos

- Norma de Entrada para grupos electrógenos nuevos, desde 2019 Tier III y desde 2024 Tier IV

Control de emisiones de amoniaco

- Control emisiones de Amoniaco en agroindustria.

Sector Residencial

Uso de Calefactores y cocina a leña, pellet de madera y otros derivados de la madera

- **Prohibición total de calefacción a leña en el Gran Santiago (Zona A):** incluye la Provincia de Santiago y las comunas de San Bernardo y Puente Alto desde entrada en vigencia del plan. Cocinas también prohibidas. Excepto calefactores a pellets (prohibidos en preemergencia y emergencia).
- **Cumplimiento de norma de calefactores a leña en el resto de la Región (Zona B)** desde entrada en vigencia del plan. Para esta Zona B se prohibirá sólo el uso de calefactores con potencia superior a 25 kW (equipos de gran tamaño).
- **Seguimiento de la calidad del aire en la ZONA B:** evaluación de la calidad de aire en comunas de esta Zona, a través del monitoreo de material particulado, para fortalecer el seguimiento de la calidad del aire en la y analizar la pertinencia de una futura regulación del uso de todos los calefactores y cocinas a leña en las revisiones del Plan, para esta zona.

Norma de emisión para calefactores

- Norma de calefactores a leña: desde entrada en vigencia del plan, la norma de calefactores será de acuerdo a la metodología del D.S. N°39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, y deberán cumplir con 2,5 g/h como límite máximo de emisión de MP (valor actualmente vigente).

Mejoramiento de Eficiencia Térmica de viviendas que utilizan leña

- Desde la entrada en vigencia del presente Decreto, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, evaluará anualmente la entrega de subsidios especiales para el acondicionamiento térmico de viviendas



Beneficios y Costos del Plan Santiago Respira

Los **beneficios** valorizados de las medidas del plan corresponden a impactos en la salud de la población expuesta, debido a la disminución de concentración ambiental de MP2,5 producto de la reducción de emisiones de las fuentes reguladas. Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida. Adicionalmente se valoran los beneficios por ahorros en el uso de combustible.

Los **costos**, se incorporan los relacionados a inversión y operación asociados a la implementación de las medidas de reducción de emisiones de las fuentes emisoras.

En resumen, el resultado del AGIES arrojó lo siguiente:

- Las medidas de reducción de emisiones propuestas permitirían cumplir tanto las normas de MP2,5 anual y diaria al año 2025 y 2024 respectivamente, con importantes aportes del sector transporte, residencial e industrial (Figura A y B).
- La reducción de emisiones generarán los siguientes beneficios: reducción de los casos de mortalidad; reducción de efectos en la salud humana con la consecuente disminución de costos en salud (Figura C); y reducciones en consumo de combustible principalmente para el sector transporte. Adicionalmente, la reducción de MP posee otros beneficios no cuantificados en este análisis como mejora en la visibilidad, disminución de efectos negativos en ecosistemas, entre otros.
- Los **beneficios valorizados se estiman en USD 7.977 millones**, para un horizonte de evaluación de 10 años atribuibles principalmente al sector transporte (61%) (Figura D).
- Los **costos valorizados se estiman en USD 1.013 millones**, para un horizonte de evaluación de 10 años, atribuibles al igual que en los beneficios, al sector transporte (92%) e industrial (7%) (Figura D). El sector residencial aporta tan solo con un 1,3%, transformándolo en un sector altamente costo-efectivo en la reducción de emisiones.
- Los beneficios netos en valor presente a 10 años se estiman en USD 6.965 millones, con una razón **beneficio-costo de 8** (Figura D).

La implementación del PPDA de la Región Metropolitana de Santiago es altamente rentable desde el punto de vista social, mejorando significativamente la calidad de vida de los habitantes de la región y consecuente con los objetivos de Gobierno en materia de reducción de la contaminación atmosférica.

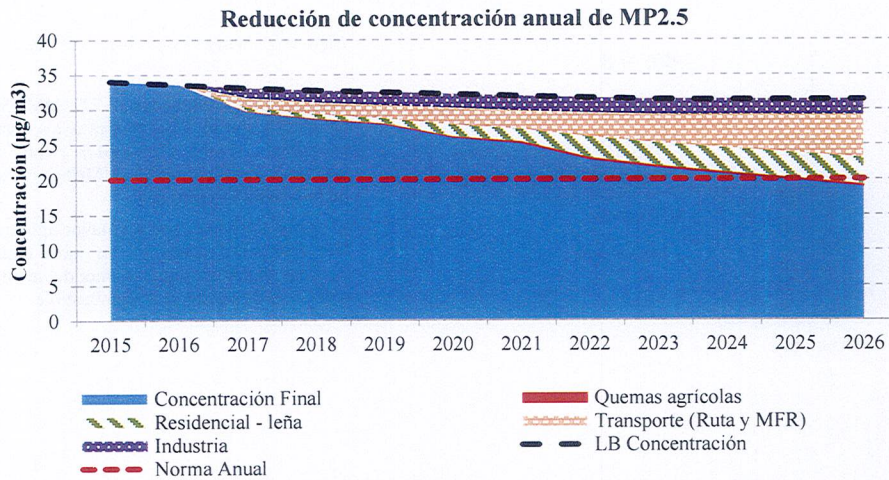


Figura A: Reducción concentración anual MP_{2,5}

La reducción de la concentración anual para MP_{2,5} alcanza el objetivo propuesto por la norma de 20 µg/m³ para el año 2025. El conjunto de medidas con mayor reducción corresponde a las aplicadas al sector transporte (49%) seguido por el sector residencial (30%). Estos dos sectores aportan con 10 µg/m³ en la mejora de calidad del aire el año 2026. Otras medidas tales como quemadas agrícolas aportan en menor medida, pero igualmente necesaria para lograr la meta del PPDA.

* Industria incorpora calderas, procesos, agroindustria, maquinaria de construcción y grupos electrógenos.

| Sector | Sub-Sector | Línea Base 2026 | | Reducción (Δ) Año 2026 | | Reducción Sector % Δ Conc. | Reducción Total % Δ Conc. |
|--------------|---------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | Emisiones MP25 [Ton/año] | Conc. MP2.5 [µg/m3] | Δ Emisiones MP25 [Ton/año] | Δ Conc. MP2.5 [µg/m3] | | |
| Residencial | Residencial - leña | 1.872 | 4,02 | 1.812 | 3,8 | 95% | 30% |
| | Residencial - otras | 95 | 0,79 | - | 0,0 | 0% | 0% |
| Transporte | Transporte | 467 | 6,47 | 103 | 3,0 | 47% | 24% |
| | Maquinaria fuera de | 1.630 | 6,47 | 827 | 3,1 | 48% | 25% |
| Industria | Industria | 982 | 4,83 | 274 | 2,0 | 41% | 16% |
| | Agroindustria | 0 | 4,43 | - | 0,3 | 7% | 3% |
| Quemas | Quemas agrícolas | 118 | 0,28 | 118 | 0,3 | 100% | 2% |
| | Evaporativas | 0 | 0,00 | - | 0,0 | | 0% |
| Otros | Otras | 157 | 0,36 | - | 0,0 | | 0% |
| | Background | 0 | 3,78 | - | 0,0 | | 0% |
| Total | Total | 5.322 | 31 | 3.133 | 12,5 | 100% | |

Figura B: Reducciones en emisiones del PDA por sector

La reducción en emisiones (ton/año) se representa mediante el símbolo Δ. La reducción porcentual por sector representa la disminución en emisión para cada sector respecto de su emisión base, expresada en forma porcentual. La reducción total corresponde al porcentaje de emisiones reducidas para cada sector respecto de la emisión total reducida. La comparación de ambos resultados indica que casi todos los sectores aportan en la reducción de emisiones del PDA.

| Evento | Casos evitados 2026 (Percentil 50) | Intervalo de confianza (IC) al 90% | Casos evitados 2017-2026 (Percentil 50) | Intervalo de confianza (IC) al 90% |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
| Mortalidad | 2.237 | [1.544 – 3.066] | 12.413 | [8741 - 17006] |
| Admisiones hospitalarias | 2.205 | [1.397 – 2.929] | 12.578 | [7988 - 16738] |
| Visitas Salas de Emergencia | 37.930 | [24.732 – 61.033] | 241.404 | [157564 - 388508] |
| Productividad perdida | 4.950.160 | [4.554.814 – 5.185.685] | 31.027.976 | [28.589.249 – 32.519.349] |

Figura C: Casos evitados al año 2026 y totalidad el Plan (2017-2026)

Número de casos evitados en el año 2026, y para todo el periodo de implementación del plan (2017-2026), atribuibles a la reducción de contaminantes atmosféricos, para el percentil 50 y sus intervalos de confianza (IC) al 90%.

VTA

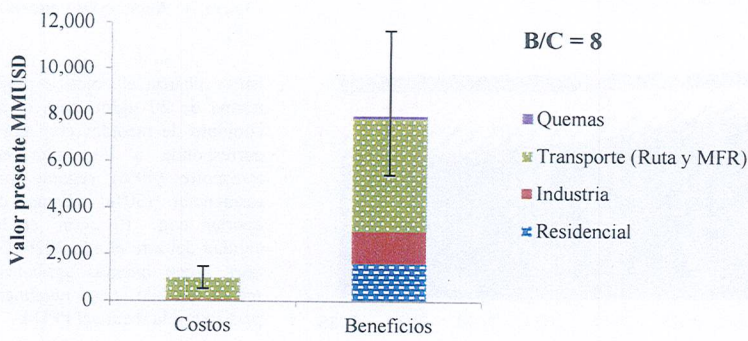


Figura D: Beneficios y Costos del Plan

Los beneficios estimados (7.977 MMUSD) del PPDA son muy superiores a los costos estimados (1.013 MMUSD), con un beneficio neto de 6.965 MMUSD y una razón beneficio-costos de 8.

El sector transporte es el de mayor aporte en los beneficios producto de que dichas medidas tienen un impacto importante en la reducción de consumo de combustible.

* diferencia entre los beneficios y costos

** división entre beneficios y costos