

Diagnóstico sobre la información de calidad del aire disponible en Chile

Nicolás Rojas, Matías Otth y Cristóbal de la Maza

1. Antecedentes

La mala calidad del aire afecta severamente la calidad de vida de las personas, aumentando el riesgo de sufrir enfermedades cardiorrespiratorias. La Encuesta Nacional del Medio Ambiente reconoce a la contaminación del aire como el principal problema ambiental¹. De acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) cada año mueren prematuramente más de 3.600 personas por esta causa². La Constitución vigente, en su artículo N°9 consagra el “derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación” y el deber del Estado de velar por su protección.

Complementariamente, el artículo N°8 de la Constitución establece el derecho de toda persona de acceder a la información en poder de la administración pública. Este derecho tiene su correlato en la legislación ambiental, que establece el derecho de las personas a acceder a la información ambiental en el artículo N°31 bis de la Ley N°19.300. En este se indica que es deber del MMA disponer de información sobre el estado del medio ambiente y la respuesta de la administración al respecto.

Considerando el efecto negativo que tiene la contaminación del aire para los integrantes de la comunidad y el bien común, resulta de interés conocer el alcance del monitoreo ambiental disponible actualmente en el territorio nacional. Con este propósito, **el presente estudio realiza un análisis de la información disponible de calidad del aire en las comunas a través de las estaciones de monitoreo del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) del MMA.**

Se concluye que menos del 20% de las comunas tienen información sobre la calidad del aire que respiran. Cerca de 11 millones de chilenos en 291 comunas no tienen información disponible sobre calidad del aire por ausencia de estaciones de monitoreo. Esto no obsta que, en 70 comunas sin estaciones de monitoreo de calidad del aire, se han adoptado preventivamente planes de descontaminación ambiental. Sin embargo, en 221 comunas, que concentran 4,5 millones de personas (23% de la población), aún no existe acceso a información ambiental sobre calidad del aire, ni se han adelantado medidas preventivas suficientes.

Por lo anterior, se proponen alternativas que permitirían al Estado proveer en el corto plazo de información de contaminación ambiental para toda la población y así seguir abordando acciones para enfrentar la falta de información y mejorar la calidad del aire.

2. Metodología y fuentes de información

El presente estudio se enfoca en evaluar el monitoreo disponible para el material particulado fino (MP 2,5), considerado uno de los contaminantes más peligrosos para la salud de la población³. Se recolectaron datos de este contaminante para todas las estaciones de Chile desde el año 2000 en adelante. La información es de carácter

¹ Resultados disponibles en <https://mma.gob.cl/encuestas-nacionales-del-medio-ambiente/>.

² Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente (REMA), Ministerio del Medio Ambiente, 2019. Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/>.

³ Para un análisis reciente ver Busch, P., Cifuentes, L. A., & Cabrera, C. (2023). Chronic exposure to fine particles (PM2.5) and mortality: Evidence from Chile. *Environmental Epidemiology*, 7(4), e253.

pública y se encuentra disponible en el sitio web del Sistema Nacional de Calidad del Aire (SINCA)⁴. Este Sistema tiene como objetivo entregar información sobre concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos normados y monitoreados en Chile. Los registros históricos recolectados por estación sobre MP 2,5 se relacionaron con población por comuna reportada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE)⁵.

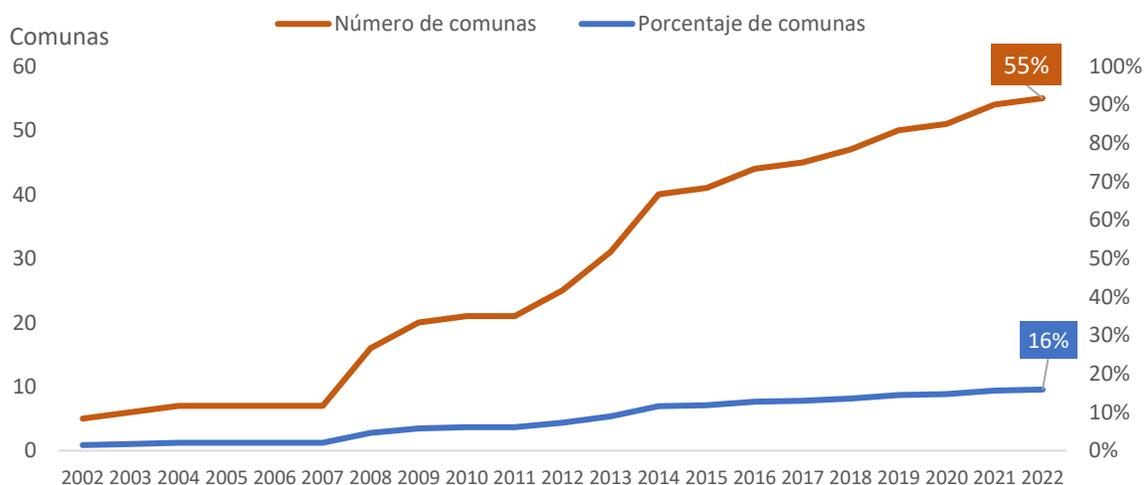
También se evaluó si independiente del monitoreo ambiental realizado, las diferentes comunas cuentan con planes de prevención y/o descontaminación atmosférica (PPDA). Estos instrumentos de gestión ambiental están destinados a revertir situaciones riesgosas, donde se supere la normativa de calidad del aire, que prescribe límites máximos para la concentración de contaminantes como MP 2,5. Esto permite implementar acciones positivas para mitigar potenciales situaciones de contaminación del aire. Por último, para avanzar en una propuesta de solución, se analizan datos satelitales de MP 2,5 presentados por Van Donkelaar et al (2021) a nivel mundial⁶, que permiten obtener información de la calidad del aire en zonas donde aún no se dispone. Esta serie de tiempo está disponible por mes, año, latitud y longitud desde 1998 a 2021.

3. Disponibilidad de la información de material particulado 2,5 en Chile

3.1 Comunas con información ambiental de calidad del aire por estaciones de monitoreo.

De acuerdo con la información disponible en SINCA, de las 346 comunas en Chile, a 2022 solo el 16% (55) dispone de datos en línea con al menos una estación de monitoreo de MP 2,5 (Figura 1). Esto implica que 291 comunas del territorio nacional no dispone de información sobre calidad del aire, dificultando la posibilidad de abordar medidas preventivas para grupos de mayor riesgo.

Figura 1: Comunas con estaciones de monitoreo de MP 2,5 (2002-2022)



Fuente: elaboración propia en base a INE y SINCA.

⁴ Disponible en: <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/>

⁵ Disponible en: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>

⁶ Van Donkelaar, A., Hammer, M.S., Bindle, L., Brauer, M., Brook, J.R., Garay, M.J., Hsu, N.C., Kalashnikova, O.V., Kahn, R.A., Lee, C. and Levy, R.C., 2021. Monthly global estimates of fine particulate matter and their uncertainty. *Environmental Science & Technology*, 55(22), pp.15287-15300.

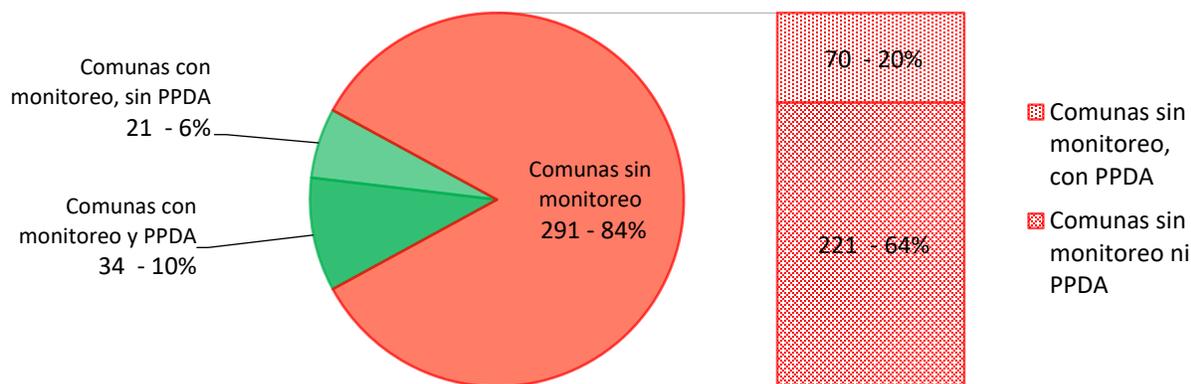
3.2 Comunas con Planes de Prevención y/o descontaminación

Existen comunas, que, aunque no cuentan con monitoreo de calidad del aire, han impulsado medidas activando instrumentos de gestión ambiental como Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica (PPDA). La Figura 2 muestra que existen 104 comunas del país que cuentan con Planes de Prevención y/o Descontaminación sean o no monitoreadas. De las comunas que cuentan con planes activos, 70 no cuentan con monitoreo ambiental.

3.3 Comunas sin información ambiental de calidad del aire por estaciones de monitoreo ni planes de Prevención y/o descontaminación.

Se contabiliza que 221 comunas, que no tienen estaciones de monitoreo y cuya población podría encontrarse expuesta o no a una calidad del aire que supere condiciones consideradas seguras, tampoco cuentan con Planes de prevención y/o descontaminación, retrasando acciones preventivas.

Figura 2: Número y porcentaje de comunas según si monitorea y si tiene PPDA

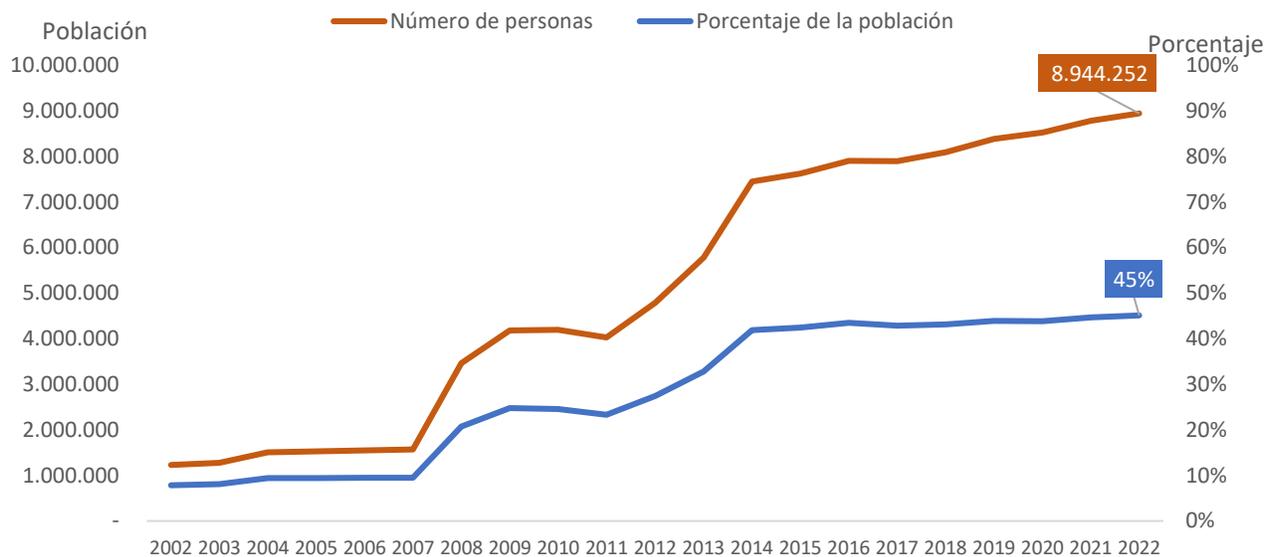


Fuente: Elaboración propia en base a INE, MMA y SINCA. PPDA: Plan de Prevención y/o Descontaminación.

3.4 Población con información ambiental de calidad del aire

En la Figura 3 se aprecia el número de habitantes con acceso a información de monitoreo de MP 2,5 a nivel comunal. Se consideró que la población tiene acceso a información sobre material particulado fino si en su comuna existe al menos una estación de monitoreo. Dicho lo anterior, se evidencia que al año 2022, sólo 9 millones de chilenos (45%) tiene acceso a información. En tanto, aproximadamente 11 millones de personas no conoce la calidad del aire que respira (55%).

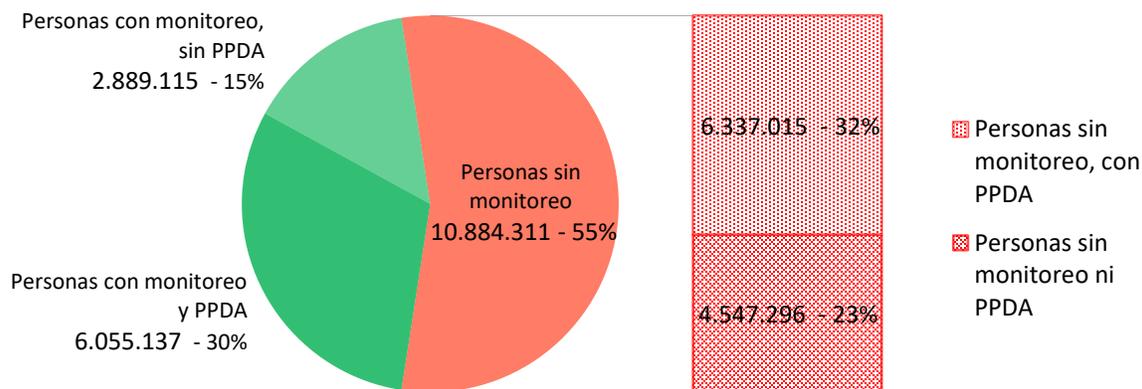
Figura 3: Población con acceso a información comunal de monitoreo MP 2,5 (2002-2022)



Fuente: elaboración propia en base a INE y SINCA.

Si se considera que en algunas comunas sin monitoreo ambiental se han activado planes de descontaminación de manera preventiva, persisten 4,5 millones de personas (23%) sin información ambiental disponible y sin acciones preventivas del Estado en resguardo de potenciales riesgos de contaminación (Figura 4).

Figura 4: Personas con monitoreo y/o plan de descontaminación comunal (2022)

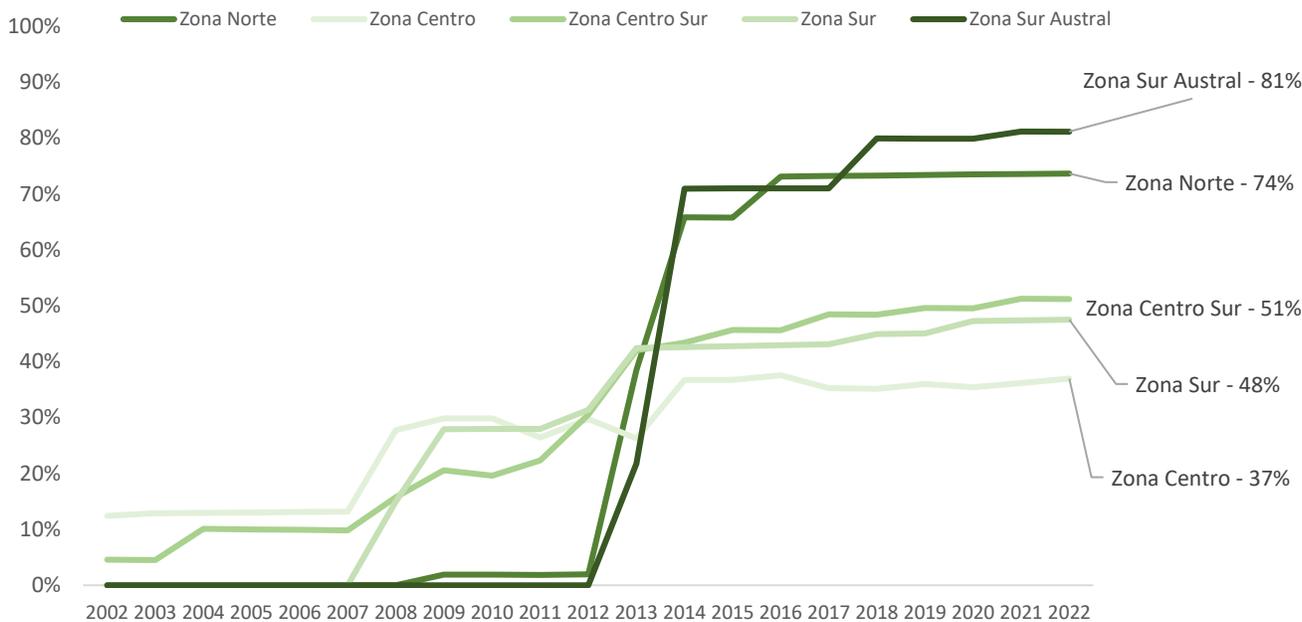


Fuente: Elaboración propia en base a INE, MMA y SINCA. PPDA: Plan de Prevención y/o Descontaminación.

Preocupa la situación en la zona sur, donde producto del mal uso de la leña como combustible para calefacción, identificada como la principal fuente de MP 2,5 en Chile⁷, es altamente probable que la población esté expuesta a niveles de contaminación elevados. En esta zona más de la mitad de la población no cuenta con acceso a información de calidad del aire (52%) (Figura 5).

⁷ Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/reporte-del-estado-del-medio-ambiente-2022/>

Figura 5: Porcentaje de población por zonas con acceso a información de calidad del aire



Fuente: elaboración propia en base a INE y SINCA, Macrozonas según Ministerio de Ciencia⁸.

4. Propuesta para aumentar la disponibilidad de información oficial de material particulado fino

4.1 Estado actual del monitoreo ambiental

Los resultados anteriores muestran que el acceso a la información de contaminación del aire está acotado a menos del 20% de las comunas y a menos del 50% de la población. Esto se visualiza en la Figura 6, que detalla la información disponible en el territorio nacional y su evolución en el tiempo, destacando en gradiente de azul a rojo, de menor a mayor nivel de contaminación⁹. En el mapa de Chile (costado izquierdo de la Figura), se presenta el promedio anual de MP 2,5 para el 2022 en las distintas comunas con monitoreo. En el costado derecho se resalta la evaluación temporal de la calidad del aire. Se presenta el promedio mensual de MP 2,5 entre los años 2010 y 2021.

Se constata en este monitoreo ambiental:

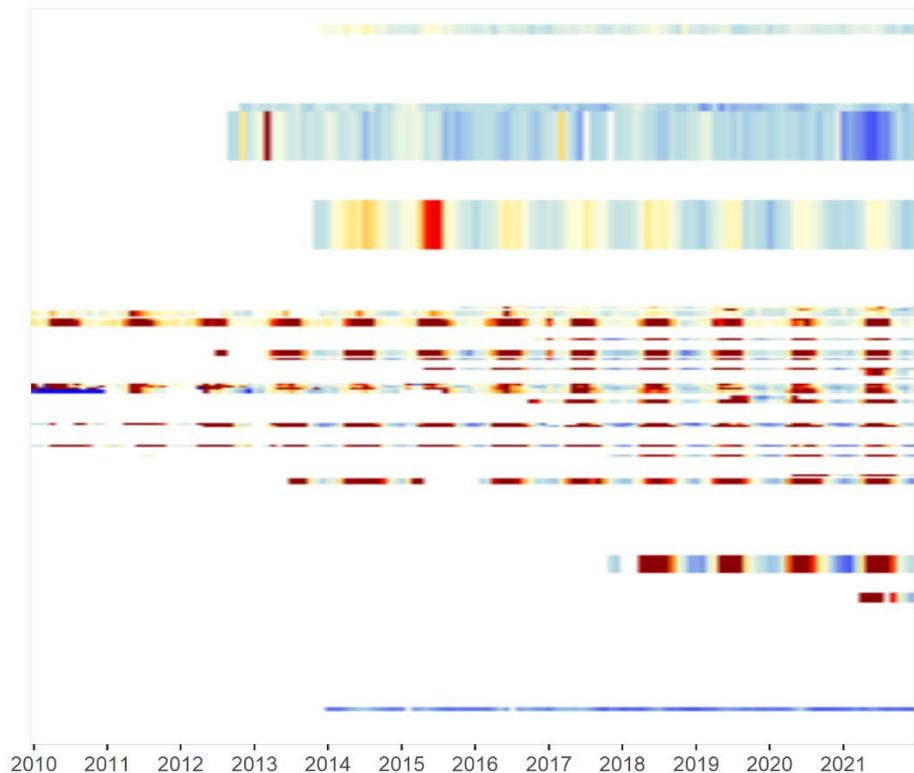
- Un aumento de estaciones de monitoreo en los años 2012, 2014 y 2018.
- La mayor concentración de estaciones de monitoreo en la zona centro del país.
- Los menores niveles de contaminación del aire en la zona norte del país.
- La falta de información reflejada en espacios en blanco que se registran en estaciones de monitoreo.

⁸ Macrozonas según Ministerio de Ciencias [disponible acá](#), se considera Metropolitana como zona centro.

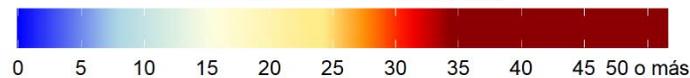
Figura 6: Monitoreo ambiental en el territorio nacional con datos disponibles

Promedio anual 2022

Promedio mensual 2010-2021



Concentración MP 2,5 (ug/m3)



Fuente: elaboración propia en base a SINCA.

4.2 Calidad del aire en base a monitoreo satelital

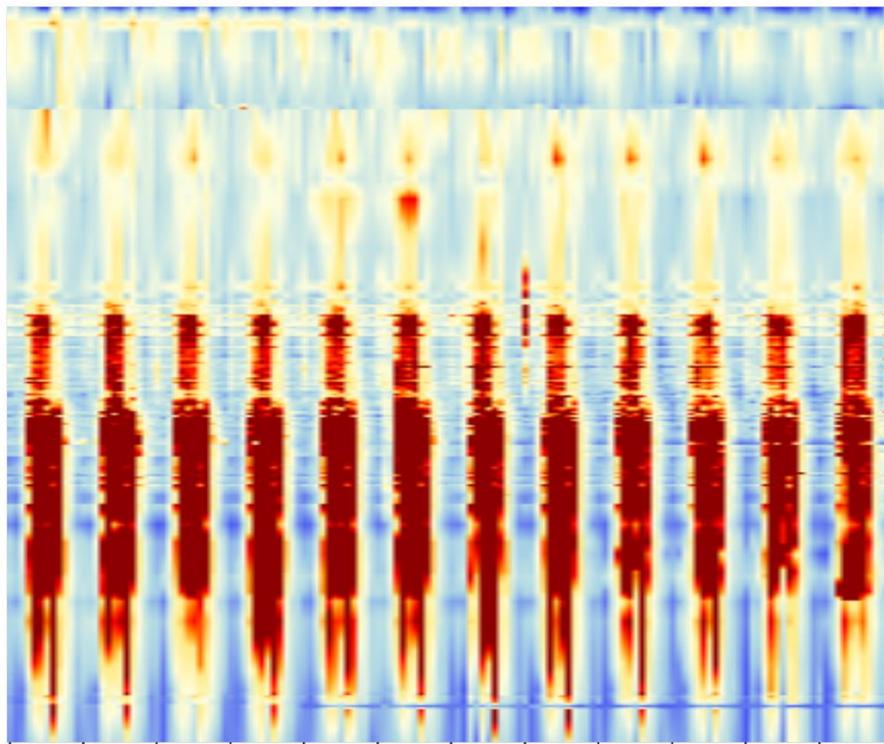
Una de las alternativas factibles para mejorar la disponibilidad de información es realizar un primer diagnóstico recurriendo a información sobre MP 2,5 modelada a partir de datos satelitales. De manera ilustrativa, se utilizan los resultados de Van Donkelaar et al (2021) para imputarlos a comunas donde no se cuenta con información local¹⁰. En la Figura 7 se presenta la situación para todas las latitudes del país, resaltando el efecto estacional (en rojo), que indica mayores niveles de contaminación durante el invierno. Si bien estimaciones en base a datos satelitales presentan mayor incertidumbre, pueden ayudar a tomadores de decisiones a priorizar nuevas estaciones de monitoreo en comunas que podrían estar en una situación crítica.

¹⁰ En dicho estudio se combinó información satelital con información de monitoreos disponibles en tierra para generar estimaciones de promedios mensuales de MP 2,5 a nivel mundial.

Figura 7: Monitoreo ambiental en el territorio nacional imputando datos satelitales (2010-2021)

Promedio anual 2021

Promedio mensual 2010-2021



2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

Concentración MP 2,5 (ug/m3)

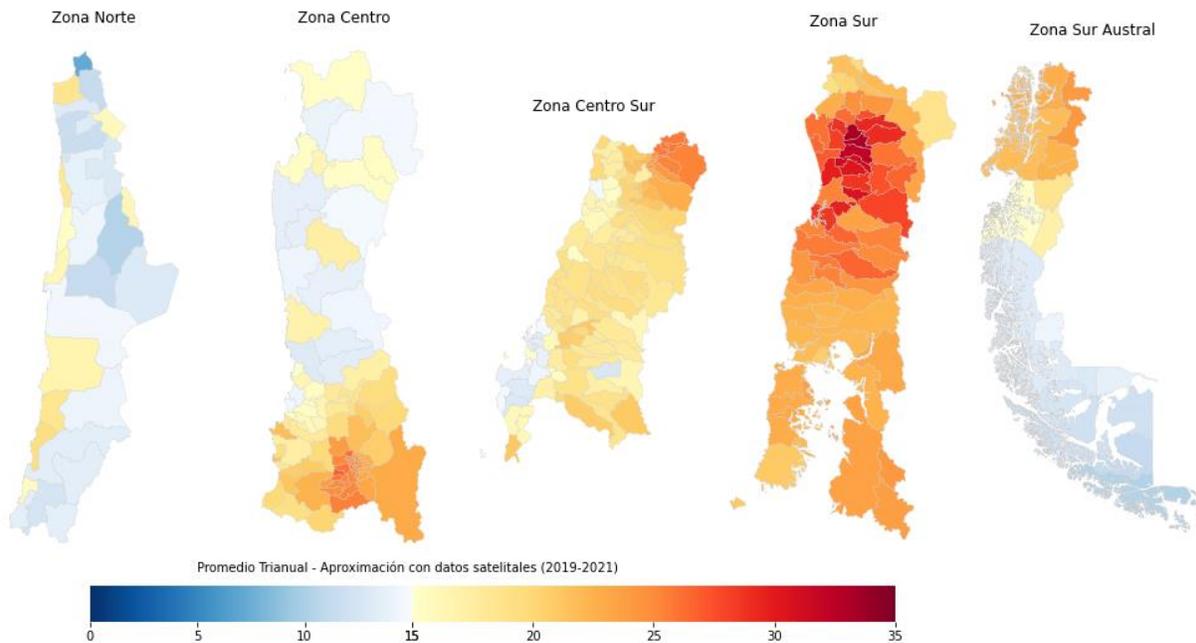


Fuente: elaboración propia en base a datos satelitales.

En base al monitoreo satelital se puede hacer un diagnóstico exploratorio que permita detectar en comunas donde no existe monitoreo ambiental, niveles de contaminación del aire superiores a la respectiva norma de calidad. Con esta información se puede avanzar a continuación, en un análisis preliminar en base a sensores de bajo costo en comunas sin datos, y luego confirmar esta situación instalando estaciones de monitoreos de alta calidad en comunas con mayores concentraciones de MP 2,5.

En la Figura 8, se observa que a través de información satelital se puede realizar un diagnóstico simplificado de la distribución de la contaminación en el país, recordando que la normativa establece que corresponde a una zona saturada cuando se registra un promedio trianual mayor o igual $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP 2,5. La Figura 5 sugiere que las macrozonas Centro Sur y Sur presentan las mayores concentraciones de material particulado fino, y precisamente, cuentan con el menor porcentaje de población con acceso a información de calidad del aire.

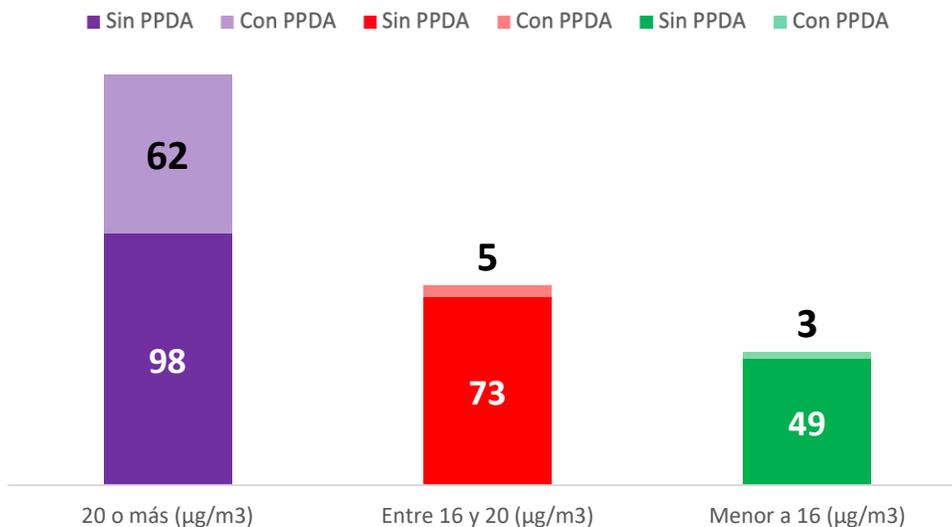
Figura 8: Detalle de la calidad del aire comunal según datos satelitales, promedio Trianual.



Fuente: elaboración propia en base a datos satelitales, promedio Trianual (2019-2021).

En la Figura 9 se evidencia que a través de las mediciones satelitales (promedios trianuales) se contabilizan 98 comunas que potencialmente califican como zonas saturadas, que no cuentan con monitoreo ambiental ni plan de descontaminación. También es posible distinguir 73 comunas que potencialmente califican como zonas latentes por contaminación. Esto indica que cerca de 3,5 millones de personas se encuentran eventualmente sin protección ambiental, estando expuestas a potenciales riesgos a la salud.

Figura 9: Diagnóstico comunas sin monitoreo ambiental con información satelital.



Fuente: elaboración propia en base a INE y datos satelitales, con promedio Trianual (2019-2021).

Tabla 1: Número de personas sin monitoreo ambiental según concentración promedio trianual de MP 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) usando datos satelitales y con o sin PPDAMP2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	≥ 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16-20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	< 16 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Con PDCA	5.928.644	162.713	245.658
Sin PDCA	1.899.838	1.698.786	948.528

Fuente: elaboración propia en base a INE y datos satelitales, con promedio Trianual (2019-2021).

5. Conclusiones

Los datos recopilados revelan una brecha en el monitoreo de la calidad del aire en Chile. Sólo un 16% de las comunas cuentan con monitoreo ambiental. Si bien algunas sin datos fueron incorporadas de manera preventiva en planes de descontaminación, preocupa y debe ocuparnos que 11 millones de personas desconoce la calidad del aire que respira.

En la zona sur, si bien ha aumentado desde el año 2012 la información sobre calidad del aire, la situación sigue siendo preocupante. Tan solo el 48% de la población tiene acceso a información, con el agravante que debido a que la combustión de leña, predominante en esas latitudes, es la principal fuente del material particulado fino en el país, es esperable observar niveles de calidad del aire sobre la normativa. Así 3,5 millones de personas viviendo en lugares sin monitoreo y sin planes de descontaminación, con una calidad del aire potencialmente riesgosa.

Las autoridades deben de manera urgente mejorar la información disponible. El uso de algoritmos de inteligencia artificial abre nuevas posibilidades para poder acelerar este proceso. Herramientas de ciencia de datos, sumadas a monitoreos complementarios, con información satelital y sensores de bajo costo, permitiría realizar un análisis preliminar de la situación. En caso de evidenciarse niveles de contaminación peligrosos, se debe priorizar instalar estaciones de monitoreo para confirmar estos riesgos.

Agradecimientos

Agradecemos al Doctor Nicolás Borchers, Postdoctoral Research Fellow de la Universidad de Tasmania, quien colaboró identificando las principales fuentes de información para este estudio. Agradecemos también a Anice Saud por su colaboración en la edición del documento.