

Asociación de contaminación atmosférica y mortalidad en comunas de la Región de Valparaíso (2009–2019): un estudio ecológico (1676)

Lastarria Cuevas., F^(1,2), Muñoz-Quezada., MT⁽³⁾

(1) Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. florencia.lastarria@ug.uchile.cl.

(2) Departamento de Enfermería, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera.

(3) Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Investigadora adjunta Centro para la Prevención y el Control del Cáncer (CECAN).

Introducción

La contaminación del aire constituye una de las principales amenazas ambientales para la salud pública a nivel global ⁽¹⁾, situándose como el principal riesgo ambiental en términos de carga de enfermedad. En la Región de Valparaíso se concentran refinerías, fundiciones y termoeléctricas que han registrado niveles elevados de dióxido de azufre y material particulado por varios años consecutivos ⁽²⁾ y presentan tasas de mortalidad por cáncer gástrico que superan los promedios regionales y nacionales. A pesar de ello, no existen análisis longitudinales que relacionen directamente estas exposiciones con los perfiles de mortalidad comunal ⁽³⁾, lo que constituye una brecha crítica para la planificación sanitaria basada en datos.

Por lo que el **objetivo de este estudio** es analizar la asociación entre los niveles comunales de contaminación del aire, medidos a través de las concentraciones anuales de dióxido de azufre (SO₂), material particulado fino (PM_{2.5}) y grueso (PM₁₀), y la mortalidad por cáncer general y cáncer gástrico en cinco comunas de la Región de Valparaíso, durante el periodo 2009–2019.

Materiales y Métodos

Diseño ecológico mixto de tipo longitudinal y comparativo, que integra el análisis de series temporales con comparación entre comunas. La **unidad de análisis** corresponde al cruce comuna-año en cinco comunas de la Región de Valparaíso durante el periodo 2009–2019. Como **variables explicativas** se consideró los niveles anuales de SO₂, PM_{2.5} y PM₁₀ (con datos del SINCA), y como **variables dependientes** las tasas comunales de mortalidad por causas específicas, ajustadas por edad a fin de controlar diferencias demográficas en los patrones de mortalidad (con datos del DEIS e INE). El **plan de análisis** incluyó: 1) estadística descriptiva, 2) análisis bivariado, y 3) análisis de series temporales con modelos de regresión de Prais-Winsten con estructura AR(1) para estimar asociaciones con rezagos de exposición de 1 a 5 años.

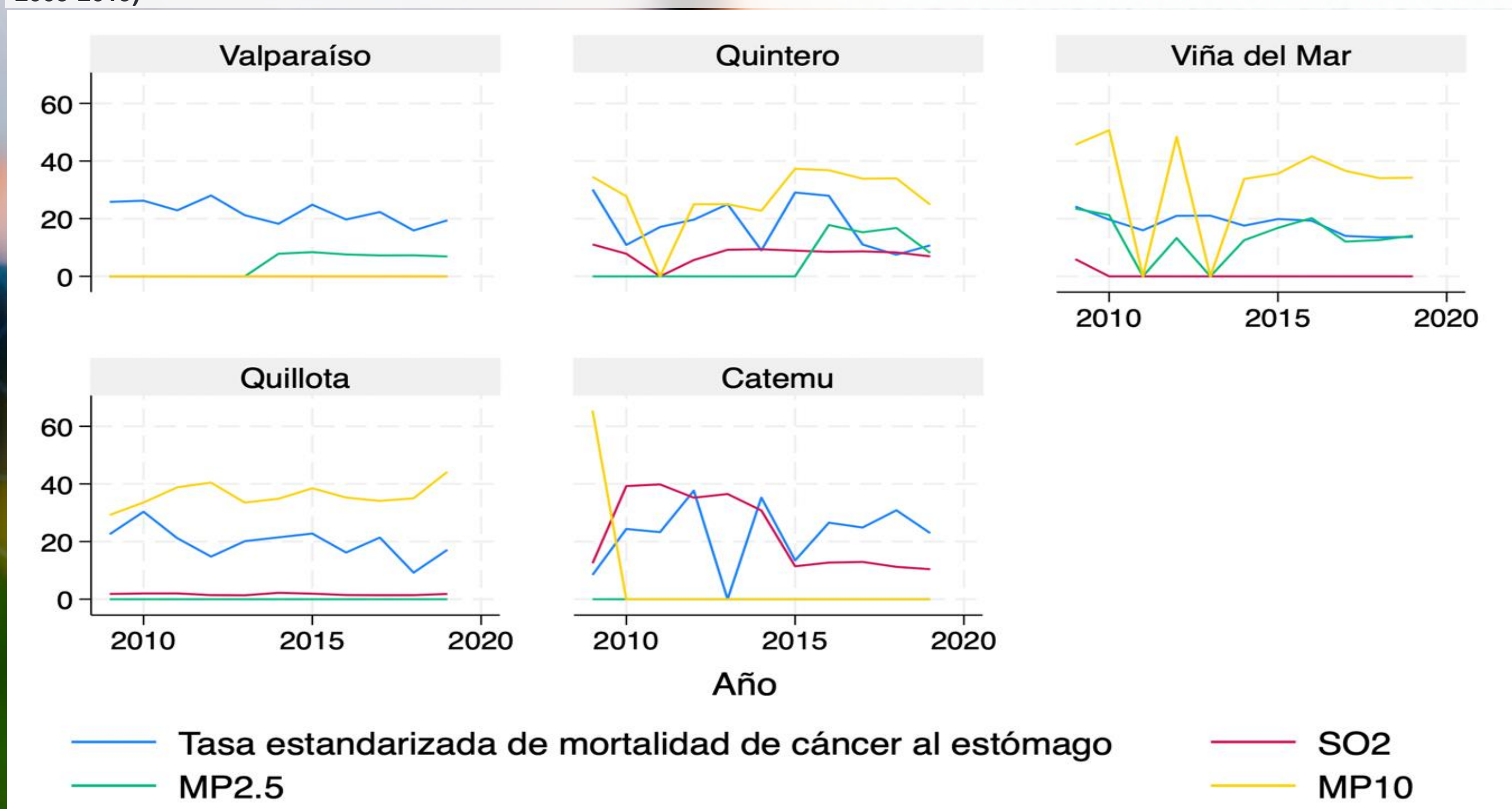
Resultados

- Las concentraciones promedio fueron 6,5 ± 10,4 µg/m³ (SO₂), 4,5 ± 6,9 µg/m³ (PM_{2.5}) y 20,4 ± 19,2 µg/m³ (PM₁₀).
- Se registraron 15.824 muertes por cáncer total y 1.818 por cáncer gástrico.
- Catemu y Quintero mostraron las mayores concentraciones históricas de SO₂, mientras Valparaíso y Viña del Mar presentaron mayores niveles de PM.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las tasas estandarizadas de mortalidad, contaminantes atmosféricos y tasa de pobreza promedio por comuna, 2009–2019

Comuna	Cantidad muertes por cáncer general	Cantidad de muertes por cáncer estómago	Edad promedio mortalidad por cáncer general	Edad promedio mortalidad por cáncer estómago	Tasa estandarizada de mortalidad cáncer general (media ± DE)	Tasa estandarizada de mortalidad cáncer estómago (media ± DE)	SO ₂ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Tasa de pobreza promedio 2009–2011 (media ± DE)
Catemu	205	36	64.8 ± 10.7	67.9 ± 8.9	130.3 ± 24.1	22.5 ± 11.3	23.0 ± 13.0	0.0 ± 0.0	5.9 ± 19.7	7.6 ± 3.2
Quillota	493	64	67.3 ± 9.8	69.2 ± 8.2	136.2 ± 26.0	18.0 ± 8.8	7.7 ± 2.9	5.3 ± 7.7	27.4 ± 10.6	15.1 ± 0.4
Quintero	1803	201	66.5 ± 10.2	71.3 ± 7.5	175.2 ± 16.1	19.8 ± 5.4	1.7 ± 0.3	0.0 ± 0.0	36.2 ± 4.1	16.0 ± 1.2
Valparaíso	6176	769	68.9 ± 8.4	70.1 ± 7.9	178.1 ± 11.7	22.2 ± 3.8	0.0 ± 0.0	4.1 ± 4.0	0.0 ± 0.0	18.6 ± 3.5
Viña del Mar	7147	748	69.5 ± 8.1	71.0 ± 7.2	172.3 ± 10.3	18.2 ± 3.5	0.5 ± 1.8	13.3 ± 7.6	32.8 ± 17.3	16.4 ± 1.3
Total cinco comunas	15824	1818	67.4 ± 9.5	70.0 ± 8.0	158.4 ± 25.6	20.1 ± 7.1	6.6 ± 8.1	4.5 ± 5.9	20.5 ± 12.3	14.7 ± 4.3

Figura 1. Tendencias temporales de contaminación atmosférica y mortalidad por cáncer de estómago según comuna (periodo 2009–2019)



- En Catemu, el SO₂ se asoció significativamente con la mortalidad por cáncer total (R² = 0,99; p = 0,0003), y en Valparaíso se observó un efecto diferido del PM₁₀ en cáncer gástrico a rezago 4 (β = −0,15; IC95%: −0,27 a −0,03).

Tabla 2. Resultados principales de los modelos Prais–Winsten AR(1) por contaminante, comuna y mortalidad estandarizada por cáncer general y de estómago (2009–2019)

Comuna	Contaminante	Mortalidad por cáncer (general y estómago)	R ²	Rezagos significativos (β [p])	Tendencia general
Catemu	SO ₂	Cáncer general	0.99	Lag 1: +5.60 [1.35 – 9.85]; Lag 2: −4.93 [−9.46 – −0.41]; Lag 4: −3.27 [−6.84 – 0.30]; Lag 5: +1.38 [0.08 – 2.67]	Significativos los lags 1, 2 y 5 (IC95 % no incluye 0); alternancia de efectos positivos y negativos
Catemu	SO ₂	Cáncer estómago	0.88	IC95 % incluye 0 en todos los rezagos	Sin asociación significativa
Catemu	PM _{2.5} / PM ₁₀	General y estómago	—	No estimable (colinealidad)	—
Valparaíso	SO ₂	General / estómago	—	IC95 % incluye 0	Sin relación significativa
Valparaíso	PM _{2.5}	Cáncer estómago	0.99	t: −1.58 [−2.13 – −1.03]; Lag 1: +2.55 [1.23 – 3.86]; Lag 2: −3.10 [−5.24 – −0.97]; Lag 3: +3.54 [0.43 – 6.64]; Lag 4: −4.98 [−9.29 – −0.67]; Lag 5: +5.86 [0.03 – 11.69]	Todos los rezagos con IC95 % sin 0 → efectos alternantes positivos y negativos
Valparaíso	PM ₁₀	Cáncer estómago	0.46	Lag 4: −0.15 [−0.28 – −0.02]	Significativo; efecto negativo retardado

Conclusión

El análisis de series temporales entre 2009 y 2019 evidenció que las **asociaciones** entre contaminación atmosférica y mortalidad por cáncer **varían según el contaminante y la comuna**. En territorios con actividad industrial, como Catemu y Quintero, se observaron **asociaciones diferidas entre el dióxido de azufre (SO₂)** y la **mortalidad por cáncer general y gástrico**, mientras que en áreas urbanas como Valparaíso y Viña del Mar se identificaron **fluctuaciones asociadas al material particulado fino (PM_{2.5}) y grueso (PM₁₀)**. Estos resultados **sugieren una posible influencia de la exposición sostenida a emisiones industriales y urbanas sobre la mortalidad por cáncer**, aunque sin evidencia concluyente de una relación directa.

La **escasez de datos** continuos y el tamaño reducido de las series **limitan la interpretación de los hallazgos**, pero los patrones observados refuerzan la importancia de fortalecer los sistemas de monitoreo ambiental y de vigilancia sanitaria en zonas con presencia industrial.

Mejorar la cobertura y continuidad de las **mediciones** permitiría **comprender** con mayor precisión los **efectos de la exposición prolongada** y orientar políticas de control de emisiones que contribuyan a **reducir la carga de enfermedad** asociada a la contaminación del aire en Chile.

Referencias

- Weinmayr, G., Pedersen, M., Stafoggia, M., Andersen, Z. J., Galassi, C., Munkenast, J., Jaensch, A., Oftedal, B., Krog, N. H., Aamodt, G., Pyko, A., Pershagen, G., Korek, M., De Faire, U., Pedersen, N. L., Östenson, C. G., Rizzuto, D., Sørensen, M., Tjønneland, A., Bueno-de-Mesquita, B., ... Nagel, G. (2018). Particulate matter air pollution components and incidence of cancers of the stomach and the upper aerodigestive tract in the European Study of Cohorts of Air Pollution Effects (ESCAPE). *Environment international*, 120, 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.030>
- Scapini V, Rojo J. *Contaminación en la Región de Valparaíso. Boletín N°3*. Valparaíso: Centro de Investigación en Innovación, Desarrollo Económico y Políticas Sociales, Universidad de Valparaíso; 2020.
- Chen Z, Liu N, Tang H, et al. Health effects of exposure to sulfur dioxide, nitrogen dioxide, ozone, and carbon monoxide between 1980 and 2019: A systematic review and meta-analysis. *Indoor Air*. 2022;32(11):e13170. doi:10.1111/ina.13170