

# Mortalidad por cáncer de piel en adultos mayores según latitud, concentración de material particulado e irradiación solar durante 2010-2018, Chile

Mortality from skin cancer in older adults according to latitude, concentration of particulate matter and solar irradiation during 2010-2018, Chile

Haldor Rojas Hitschfeld<sup>1</sup>, Leticia Pérez Villablanca<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Interno de Medicina, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### HISTORIA DEL ARTÍCULO

**Recibido:**

23/08/2024

**Aceptado:**

31/10/2024

**Publicado online:**

05/05/2025

### CONFLICTOS DE INTERÉS

El autor declara no tener conflictos de interés.

### CORRESPONDENCIA

Haldor Rojas Hitschfeld  
San Martín 1277, dpto 407,  
Concepción, Chile.  
Correo:  
haldor.rojas.h@gmail.com

### PALABRAS CLAVE

Mortalidad, piel, neoplasia.

### KEYWORDS

Mortality, skin, neoplasm.

## RESUMEN

**Introducción.** El cáncer de piel en Chile ha aumentado su mortalidad en un 22% en los últimos años, hecho relevante al corresponder a una patología prevenible y tratable. Dentro de los principales factores de riesgo medioambientales conocidos, destacan los tóxicos ambientales debido a su capacidad oxidante y producción de especies reactivas de oxígeno; y los rayos ultravioletas, con su capacidad promotora de fenómenos inflamatorios, degenerativos y cancerígenos. **Materiales y métodos.** Se utilizó un diseño observacional, descriptivo, ecológico y longitudinal. Se obtuvo la mortalidad bruta por cánceres de piel en el período 2010-2018 en personas mayores de 65 años en Chile y se comparó con la longitud geográfica, concentración de material particulado y el índice de irradiación solar. **Resultados.** Se registró un total de 2.847 defunciones. La mayor mortalidad se registra en las regiones centro-norte del país. Se detectó un aumento significativo de concentraciones de material particulado en el sur del país y tiende a mostrar una relación inversa a la mortalidad. **Discusión.** El estudio y detección de factores de riesgo son un pilar fundamental en el desarrollo de estrategias de prevención, sobre todo frente a enfermedades con alta mortalidad, pero alta tasa de curación y bajo costo económico frente al diagnóstico en estadios tempranos.

## ABSTRACT

**Introduction.** Skin cancer mortality in Chile has increased by 22% in recent years, a significant fact considering that it's a preventable and treatable condition. Among the main known environmental risk factors are environmental toxins due to their oxidizing capacity and the production of reactive oxygen species, and ultraviolet rays with their ability to promote inflammatory, degenerative, and carcinogenic phenomena. **Materials and Methods.** An observational, descriptive, ecological, and longitudinal design was used. The crude mortality from skin cancers during the period 2010-2018 in people over 65 years old in Chile was obtained and compared with geographical latitude, particulate matter concentration, and solar radiation index. **Results.** A total of 2.847 deaths were recorded. The highest mortality was observed in the central-northern regions of the country. A significant increase in particulate matter concentrations was observed in the southern part of the country, and it tends to have an inverse relationship with mortality. **Discussion.** The study and detection of risk factors are fundamental pillars in the development of prevention strategies, especially for diseases with high mortality but high cure rates and low economic costs when diagnosed at early stages.

## INTRODUCCIÓN

El perfil demográfico en Chile ha cambiado durante el último siglo, siguiendo la tendencia mundial de disminuir la mortalidad general de la población y acumulando un mayor porcentaje de población de mayor edad<sup>1</sup>. Producto de este cambio, se observa un predominio en la mortalidad por enfermedades crónicas no transmisibles, particularmente patologías cardiovasculares y neoplasias malignas<sup>2</sup>. En cuanto a las muertes por cáncer de piel en Chile, según la información publicada por el Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS), se ha registrado un aumento del 22% de la tasa de mortalidad entre los años 2012-2022, hecho relevante por corresponder a una patología prevenible y tratable<sup>3</sup>.

La piel, al ser la primera interfaz entre el medio ambiente y el medio interno, se encuentra constantemente expuesta a factores físicos y químicos que pueden alterar su estructura. Estos tóxicos ambientales y sus metabolitos son oxidantes inherentes, con la capacidad de inducir la producción de especies reactivas de oxígeno que alteran vías apoptóticas, induciendo diferentes trastornos de piel. Esto, finalmente ligado a la patogénesis del cáncer de piel en la población general<sup>4</sup>.

La actividad de los rayos ultravioleta (UV) genera sobre la piel fenómenos de inflamación, envejecimiento degenerativo y cáncer. Esta tiene capacidad tanto de iniciar, como de promover la producción de tumores, por lo que es conocido como un cancerígeno completo. La exposición ambiental a los rayos UV varía geográficamente, siendo ésta mayor a latitudes menores<sup>5</sup>.

El material particulado (MP) corresponde a una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire. Según su tamaño se clasifican en MP<sub>10</sub> que miden 10 µm o más, correspondientes a partículas como el polvo y el polen; y MP<sub>2,5</sub> aquellas que miden 2,5 µm o menos, como compuestos derivados de la combustión<sup>6</sup>. El MP es capaz de inducir estrés oxidativo celular a través de la producción de especies reactivas de oxígeno, generando procesos de reparación de ADN deteriorado y degradación del colágeno, que resulta en un envejecimiento de la piel. Además, los MP pueden inducir el cáncer de piel y de otros órganos al aumentar el estrés oxidativo, promover la producción de citocinas

proinflamatorias y la proliferación celular<sup>7</sup>. Si bien la relación entre la exposición a MP y el desarrollo de cáncer de piel es biológicamente plausible, existe escasa literatura en Chile sobre este factor de riesgo, por lo que se decidió incluir en esta investigación.

El objetivo del presente estudio es describir la mortalidad por cáncer de piel en Chile. Para ello se analizará la exposición a factores de riesgo como irradiancia solar, latitud y exposición a material particulado por región del país. La importancia de este estudio radica en la necesidad de conocer la exposición poblacional a los distintos factores de riesgo, lo cual es fundamental para implementar políticas de salud más efectivas y dirigir esfuerzos de prevención y tratamiento de manera adecuada.

Esta investigación empleó información de las Encuestas de Salud para vigilancia epidemiológica de la Subsecretaría de Salud Pública. Los autores agradecen al Ministerio de Salud de Chile por permitir disponer de la base de datos. Todos los resultados obtenidos del estudio o investigación son de responsabilidad del autor y en nada comprometen a dicha institución.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño observacional, descriptivo, ecológico y longitudinal. Se hizo uso de los registros públicos de defunciones de los años 2010 a 2018 del DEIS del Ministerio de Salud de Chile, del cual se obtuvo la cantidad de defunciones por cáncer de piel<sup>8</sup>. Las defunciones por cáncer de piel corresponden a los códigos C43 (cáncer de piel: melanoma) y C44 (cáncer de piel: otros) del CIE-10 (décima edición de la Clasificación Internacional de Enfermedades)<sup>9</sup> y se utilizaron las defunciones de los adultos de 65 años o más. Para cada defunción por cáncer de piel se registró la región de residencia, servicio de salud perteneciente y año de defunción. Chile está dividido en 16 regiones administrativas de norte a sur, la latitud de cada una de ellas se tomó desde su centro geográfico. La población de cada año por región se obtuvo de las proyecciones censales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en base al Censo de Población y Vivienda 2017<sup>10</sup>, para hacer los cálculos de mortalidad bruta correspondientes a las distintas regiones del territorio nacional. Se diseñó una escala de distribución colorimétrica para representar visualmente la distribución de

la mortalidad bruta según la distribución por regiones del país.

Se utilizaron los datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) para obtener el promedio trianual para los años 2016-2018 de concentración de MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Cada región cuenta con centros que generan un registro continuo con fines investigativos. Para fines de este estudio, para aquellas regiones que cuentan con más de un centro, se promediaron las concentraciones de los diferentes centros de una misma región<sup>11</sup>.

La irradiancia solar en el territorio nacional, se obtuvo del registro solarimétrico de Irradiación solar en territorio de la república de Chile, realizado el 2008, disponible en la biblioteca digital de la Universidad Técnica Federico Santa María<sup>12</sup>. Se hizo uso del registro de irradiación global anual en plano horizontal (MJ/m<sup>2</sup>), el cual describe la irradiación anual por diferentes puntos del territorio. Se seleccionó un punto para cada región, a excepción de la región del Ñuble, la cual no tiene ningún centro con registro representativo para incluir en el estudio.

La base de datos se estructuró en el programa Excel (versión 2306) y el análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico SPSS (versión 29.0.1.0). Se obtuvo la mortalidad bruta según año y región, entendida como el número de defunciones por cada 100.000 habitantes en una población, área geográfica y periodo determinado. Se generaron tablas en orden geográfico y escala colorimétrica para representar la mortalidad bruta de cada región según gravedad.

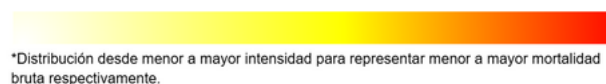
## RESULTADOS

Durante los años 2010 a 2018, hubo un total de 2847 defunciones por cáncer de piel registradas en población mayor de 65 años en Chile. Las mayores tasas de mortalidad se concentran en los extremos del país, principalmente en las regiones del centro-norte. La región de Aysén no ha registrado defunciones por cáncer de piel desde el año 2013. El centro del país presenta una mortalidad moderada a baja en comparación al resto del país, con una mortalidad relativamente estable, con un promedio de 15,7 defunciones por cada 100.000 habitantes entre la región de Valparaíso y Biobío (Tabla 1).

|               | 2010  | 2011  | 2012   | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Arica         | 15,84 | 15,17 | 19,39  | 37,24 | 22,39 | 38,68 | 36,97 | 35,37 | 15,02 |
| Tarapacá      | 30,55 | 15,03 | 23,98  | 22,96 | 21,97 | 8,39  | 7,98  | 26,51 | 10,7  |
| Antofagasta   | 99,88 | 52,5  | 106,96 | 39,47 | 33,44 | 27,63 | 30,85 | 37,86 | 32,01 |
| Atacama       | 25,89 | 12,54 | 24,27  | 11,74 | 7,57  | 18,28 | 17,56 | 10,1  | 22,56 |
| Coquimbo      | 18,32 | 23,14 | 24,94  | 8,85  | 29,16 | 24,51 | 16,81 | 23,64 | 19,47 |
| Valparaíso    | 14,74 | 13,76 | 13,77  | 16,53 | 18,19 | 15,41 | 17,73 | 17,07 | 16,35 |
| Metropolitana | 17,38 | 13,99 | 14,42  | 13,92 | 15,02 | 16,66 | 15,2  | 13,81 | 14,65 |
| O'Higgins     | 18,96 | 17,1  | 9,86   | 13,67 | 19,16 | 16,42 | 15,69 | 15,86 | 14,25 |
| Maule         | 18,09 | 19,37 | 16,78  | 14,34 | 15,51 | 8,27  | 18,94 | 17,32 | 27,21 |
| Ñuble         | 9,53  | 18,42 | 17,79  | 15,44 | 6,61  | 14,33 | 18,38 | 14,74 | 4,24  |
| Biobío        | 22,03 | 19,27 | 17,3   | 12,96 | 14,3  | 15,51 | 17,12 | 19,6  | 16,23 |
| Araucanía     | 16,15 | 18,6  | 13,3   | 22,14 | 21,53 | 20,89 | 24,37 | 19,46 | 17,95 |
| Los Ríos      | 32,7  | 17,11 | 23,76  | 16,16 | 20,18 | 8,68  | 14,67 | 6,06  | 11,66 |
| Los Lagos     | 20,18 | 13,04 | 17,66  | 15,85 | 20,05 | 23,91 | 17,51 | 14,7  | 11,06 |
| Aysén         | 27,15 | 13,08 | 25,17  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Magallanes    | 19,65 | 31,76 | 6,15   | 11,93 | 5,78  | 11,17 | 26,79 | 5,14  | 4,92  |

\*Colores asignados según distribución colorimétrica de mortalidad (Figura 1).

**Tabla 1.** Mortalidad bruta por cáncer de piel ordenadas según año y región, en población de 65 años o más (Chile 2010-2018). Se agrega distribución colorimétrica según valor de mortalidad.



**Figura 1.** Distribución colorimétrica de mortalidad.

La mortalidad del periodo 2010-2018 es mayor en las regiones de Arica y Antofagasta, y menor en la región de Aysén. Hay un aumento significativo de la concentración promedio de MP<sub>2,5</sub> conforme la región se encuentra más próxima al extremo sur del país, y en forma inversa a la disminución de la irradiación global anual (Tabla 2).

Destaca la región de Aysén y la ausencia de mortalidad desde el año 2013 en adelante, pero esto es debido a que la escasa población total puede marcar una elevada mortalidad, esto dado que en la región de Aysén el año 2010 registra 2 muertes, el 2011 registra 1 muerte y el 2012 registra 2 muertes.

**Tabla 2.** Mortalidad por cáncer de piel, promedio trianual 2016-2018 de concentración de material particulado MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), irradiación global anual ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) y latitud (grados) según región en adultos de 65 años o más (Chile 2010-2018).

|                                | Mortalidad del periodo 2010-2018 | Promedio de concentración MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Irradiación global anual ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )* | Latitud (grados)** |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|
| Arica (Arica)                  | 26,62                            | 12                                                           | 6030,3                                               | 18°21'             |
| Tarapacá (Iquique)             | 18,77                            | 12                                                           | 6240,4                                               | 20°25'             |
| Antofagasta (Antofagasta)      | 49,33                            | 9                                                            | 6636,6                                               | 23°42'             |
| Atacama (Copiapó)              | 16,64                            | 12                                                           | 6702,2                                               | 27°40'             |
| Coquimbo (La Serena)           | 21                               | 14                                                           | 5549,5                                               | 31°18'             |
| Valparaíso (Valparaíso)        | 16,04                            | 14,14                                                        | 5088,2                                               | 33°00'             |
| Metropolitana (Stgo. edificio) | 14,98                            | 27,5                                                         | 5122,2                                               | 33°37'             |
| OHiggins (Rengo)               | 15,63                            | 25,33                                                        | 5933,8                                               | 34°17'             |
| Maule (Armerillo)              | 17,49                            | 23,8                                                         | 5665,7                                               | 35°37'             |
| Ñuble                          | 13,13                            | 35                                                           | -                                                    | 36°33'             |
| Biobío (Concepción)            | 17,07                            | 25,33                                                        | 5422,8                                               | 37°15'             |
| Araucanía (Collipulli)         | 19,47                            | 38,5                                                         | 4829,3                                               | 38°36'             |
| Los Ríos (Pullinque)           | 16,28                            | 36                                                           | 4013,9                                               | 39°54'             |
| Los Lagos (Lago Chapo)         | 16,99                            | 34,5                                                         | 3737,9                                               | 42°15'             |
| Aysén (Coyhaique)              | 6,38                             | 55                                                           | 4079,3                                               | 46°27'             |
| Magallanes (Punta Arenas)      | 13,32                            | 5                                                            | 3634,9                                               | 52°33'             |

\* Entre paréntesis el nombre del centro utilizado como referencia para la irradiación solar.

\*\*Listado en orden geográfico (de norte a sur)

**Tabla 2.** Mortalidad por cáncer de piel, promedio trianual 2016-2018 de concentración de material particulado MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), irradiación global anual ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) y latitud (grados) según región en adultos de 65 años o más (Chile 2010-2018).

## DISCUSIÓN

La exposición solar ha sido reconocida como uno de los principales factores asociados al cáncer de piel, el cual es común para la gran mayoría de tipos de cáncer de piel pese a las diferencias clínicas e histológicas entre ellas. Tal que, los altos índices de exposiciones solar se ve reflejada en mayor mortalidad en las regiones del país más cerca del ecuador donde la irradiancia solar es mayor; no obstante, se presenta una segunda alza de mortalidad en el extremo sur del país, sobretodo a principios de la década analizada. En nuestro estudio se percibe un impacto de la irradiancia solar sobre la mortalidad, mostrando un descenso lineal junto a la mortalidad del periodo en las regiones, la cual guarda una relación directa con la radiación UV, uno de los factores de riesgo más reconocidos asociados al cáncer de piel<sup>5</sup>.

Al analizar la mortalidad asociada al promedio de concentraciones de MP2,5, llama la atención una tendencia a la relación inversa entre estas dos variables, lo cual permite plantear que si bien los contaminantes ambientales son factores de riesgo plausibles biológicamente<sup>7</sup>, estos no presentan un impacto significativo, o bien, utilizar el MP2,5 como reflejo de niveles de contaminantes no es adecuado.

Destaca la importante mortalidad del periodo estudiado en la región de Atacama, que no parece demostrar relación con ninguna variable medida; sería importante ampliar el estudio a nivel local para dilucidar qué factor está influyendo tan significativamente para generar esta diferencia en comparación a sus regiones contiguas. Por otro lado, hay regiones que no registran mortalidad, pero es debido a que el número de muertes anual es muy bajo.

El estudio y detección de factores de riesgo son un pilar fundamental en el desarrollo de estrategias de prevención, sobre todo frente a enfermedades con alta mortalidad, pero alta tasa de curación y bajo costo económico al diagnóstico en estadios tempranos. Si bien se espera que se eleve la mortalidad por diferentes tipos de cáncer dado el envejecimiento paulatino que afecta a la población, posiblemente sean las políticas públicas de educación en medidas de protección las que frenen estas patologías potencialmente mortales, particularmente en regiones del país que únicamente por su

geografía presentan mayor carga de factores de riesgo.

Destacamos la fortaleza del estudio, en que no se encuentran registros que unifiquen estas variables y comparen con las mortalidades en salud a nivel nacional. Dentro de las limitaciones de este estudio destacan las dificultades propias de un estudio ecológico, con poca capacidad de determinar asociación causal, pero permite un aproximamiento para posteriores estudios. Y por otro lado, radica la naturaleza propia de una base de datos pública, que se encuentra supeditada a la calidad de registro de las defunciones, permitiendo la posibilidad de error desde la escritura del certificado de defunción hasta la digitación de éste, además de no permitir evaluar otros factores tales como hábitos, carga de comorbilidades y acceso a tratamiento. Adicionalmente, el registro de MP2,5, si bien se realiza en diferentes centros especializados, no se cuenta con una base de datos completamente actualizada, por tanto, se limita la cantidad de años que permiten ser cubierta y ampliar la muestra para mayor confianza en los resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Llorca-Jaña M, Rivero-Cantillano R, Rivas J, Allende M. Mortalidad general e infantil en Chile en el largo plazo, 1909-2017. *Revista médica de Chile*. 2021 Jul;149(7):1047-57.
- [2] Informe Final Estudio de carga de enfermedad y carga atribuible [Internet]. Departamento de Salud Pública, Escuela de Medicina, P. Universidad Católica de Chile; 2008 [cited 2024 May]. Disponible en: [https://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2016/04/Informe-final-carga\\_Enf\\_2007.pdf](https://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2016/04/Informe-final-carga_Enf_2007.pdf)
- [3] En los últimos 10 años: muertes por cáncer de piel aumentan en un 40% en Chile [Internet]. Fundación Arturo López Pérez. 2023 [cited 2024 Aug 10]. Available from: <https://www.falp.org/noticia/en-los-ultimos-10-anos-decesos-por-cancer-de-piel-aumentan-en-un-40-en-chile/>
- [4] Narendhirakannan RT, Hannah MAC. Oxidative Stress and Skin Cancer: An Overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2012 Nov 23;28(2):110-5.
- [5] D'Orazio J, Jarrett S, Amaro-Ortiz A, Scott T. UV radiation and the skin. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013 Jun 7;14(6):12222-48.
- [6] Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés) [Internet]. [espanol.epa.gov](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles). 2018. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- [7] Kim KE, Cho D, Park HJ. Air pollution and skin diseases: Adverse effects of airborne particulate matter on various skin diseases. *Life Sciences*. 2016 May;152:126-34.
- [8] Departamento de Estadísticas e Información en Salud (DEIS). Santiago, Chile: Ministerio de Salud; 2024.
- [9] Organización Mundial de la Salud. Clasificación Internacional de Enfermedades, 10ª revisión (CIE-10). Traducción al español. Ginebra: OMS; 2010.
- [10] Instituto Nacional de Estadísticas (Chile). (2017). Censo de Población y Viviendas 2017. Santiago, Chile. Disponible en: <http://resultados.censo2017.cl/>
- [11] Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire [Internet]. [sinca.mma.gob.cl](https://sinca.mma.gob.cl/). Disponible en: <https://sinca.mma.gob.cl/>
- [12] Universidad Técnica Federico Santa María (Chile), Comisión Nacional de Energía (Chile), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Irradiancia solar en territorios de la República de Chile. Santiago, Chile: CNE; PNUD; UTFSM; 2008. Disponible en: [https://biblioteca.usm.cl/ld.php?content\\_id=39385748](https://biblioteca.usm.cl/ld.php?content_id=39385748)