

## Influencia de la polución ambiental en la incidencia de fractura de cuello femoral

Fady Hananias R.<sup>1</sup>, Enzo Cordovier<sup>1</sup>, Consuelo Arroyo<sup>1</sup> e Iván Quevedo L.<sup>2</sup>

### *Influence of environmental pollution on the femoral neck fracture incidence*

*It has been shown that there is an association between air pollution and cardiovascular mortality. In bone pathology, studies show that air pollution is associated with a risk of developing osteoporosis and osteoporotic fracture associated with MP2.5 and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>). The aim of our study was to determine whether or not there is an association between air pollution and osteoporotic disease, associating the incidence of femoral neck fracture in individuals aged 50 years or more and the contamination present in the several cities. Our results showed no statistically significant association between air pollution, evaluated using PM10 and PM2.5 as indicators, and the average annual incidence of osteoporotic hip fracture, comparing the most polluted cities and the less polluted cities of Chile.*

**Key words:** Environmental pollution; Particulate matter; osteoporosis.

<sup>1</sup>Interno de la carrera de Medicina de la Facultad de Medicina, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.  
<sup>2</sup>Sección Endocrinología, Departamento de Medicina Interna de la Facultad de Medicina, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

Fuente de financiamiento: Propios.

**Correspondencia:**

Fady Elías Hananias Ramos  
Interno de la carrera de Medicina de la Facultad de Medicina, Universidad de Concepción  
Avenida Valle Blanco, casa 163, Lomas de San Sebastián, Concepción.  
Teléfono: +569 65890766  
fadyhananias@gmail.com

Recibido: 14/03/2017

Aceptado: 02/06/2017

### Introducción

La contaminación del aire es un importante tema de salud pública<sup>1,2</sup>, dada la contundente evidencia que respalda su relación con una serie de enfermedades y complicaciones de patologías, principalmente respiratorias<sup>3</sup> y cardiovasculares<sup>4</sup>, incluso neoplásicas<sup>5</sup> y metabólicas<sup>6</sup>.

Se ha demostrado que existe una asociación entre la polución del aire y la mortalidad cardiovascular. De acuerdo a un reciente metaanálisis, el aumento en material particulado (MP) se asocia con hospitalización por insuficiencia cardíaca o muerte. Las asociaciones más fuertes se observaron en el día de la exposición, con efectos más persistentes para MP2,5. En los EE. UU., se estima que una reducción del MP2,5 de 3,9 ug/m<sup>3</sup> evitaría aproximadamente 8.000 hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca cada año<sup>7</sup>.

Con respecto a la patología ósea, estudios realizados en Noruega<sup>8,9</sup> mostraron que la contaminación del aire se asocia a un riesgo de desarrollo de osteoporosis y de fractura osteoporótica, evidenciando que la concentración de

MP10, MP2,5 y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) estaban inversamente asociados a la densidad mineral ósea.

Según nuestra información, no existen estudios en Latinoamérica o en Chile que evalúen una asociación entre la contaminación del aire y las fracturas osteoporóticas en la población.

El objetivo de nuestro estudio es determinar si existe o no una asociación entre la contaminación del aire y patología osteoporótica, asociando la incidencia de fractura de cuello femoral en individuos de 50 o más años y la contaminación presente en las ciudades donde habitan.

### Material y Método

Se diseñó un estudio retrospectivo de incidencia. Se revisaron los registros del Departamento de Estadísticas e Información de Salud del Ministerio de Salud de Chile, obteniéndose todos los egresos hospitalarios desde el año 2005 al año 2011.

Se procedió a filtrar los egresos hospitalarios según la Clasificación Internacional de Enfermedades en su déci-

## Artículo Original

ma edición (CIE-10) de acuerdo a egresos por fractura de cuello del fémur (código S72.0 Posteriormente, se organizaron tales egresos de acuerdo a los parámetros demográficos y comuna de residencia.

Para evaluar la contaminación ambiental, se revisaron los registros del Sistema Nacional de Calidad del Aire (SINCA), en el parámetro de Material Particulado 10 (MP10) y Material Particulado 2,5 (MP2,5), los cuales se miden en microgramos (ug) por metro cúbico (m<sup>3</sup>), de acuerdo a cada comuna.

Estos parámetros fueron escogidos debido a que son los más comúnmente utilizados en el país para evaluar la calidad del aire, y los que presentan registros de mayor antigüedad respecto a otros parámetros. Son además los parámetros utilizados para evaluar la polución del aire en la bibliografía consultada.

Se obtuvo el promedio a partir de los resultados diarios de cada estación de monitoreo. Posteriormente, se obtuvo el promedio de contaminación ambiental de cada conurbación o ciudad.

Se seleccionaron para el estudio los egresos procedentes de las urbes con mayor población, dividiéndolas entre las más contaminadas y las menos contaminadas.

En las ciudades o conurbaciones menos contaminadas se escogieron Antofagasta, Gran La Serena, Gran Valparaíso, Gran Puerto Montt y Punta Arenas.

En las ciudades o conurbaciones más contaminadas se seleccionaron la Región Metropolitana en su totalidad, el Gran Concepción, Gran Temuco, Gran Rancagua y Talca.

Para calcular la incidencia por cada ciudad o conurbación, se obtuvieron datos de proyección de la población por comuna del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, desde el año 2005 al año 2020. Se calculó el promedio de incidencia anual de fractura de cuello femoral, por

cada 100.000 habitantes, tanto por decenios como en la población con 50 o más años, entre los años 2005 y 2011. Además, se calculó la incidencia en hombres y mujeres, y en ambos sexos.

Para evaluar la correlación entre la incidencia anual de fracturas de cuello femoral con la cantidad promedio de MP10 o MP2,5, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. De acuerdo a la cantidad de ciudades, se utilizaron como valores críticos de r de Pearson 0,622 (con N-2 = 6) para MP10 y 0,582 (con N-2 = 7) para MP2,5.

## Resultados

La edad promedio de los pacientes del estudio fue de  $80 \pm 10$  años, teniendo los hombres un promedio de  $76 \pm 11$  años y las mujeres un promedio de  $81 \pm 10$  años. La distribución por sexo fue de un 25,2% para hombres y un 74,8% en mujeres.

El número de fracturas de cuello femoral registrados en Chile entre 2005 y 2011 fue de 36.911, con un promedio de  $5.273 \pm 436$  fracturas al año.

Los promedios anuales y totales de fracturas se muestran en la Tabla 1. Las mujeres tuvieron aproximadamente tres veces más fracturas que los hombres.

La distribución de grupos etáreos se muestra en la Tabla 2. Se destaca que la población con 80 o más años superó la cantidad de fracturas que todo el resto de la población, y que las mujeres de esta edad presentaron cuatro veces más cantidad de fracturas que los hombres.

La Tabla 3 muestra la incidencia de fractura de cuello femoral, en ambos géneros. Se destaca el aumento exponencial de incidencia de fractura femoral, tanto en Chile, como en todas las ciudades del estudio. Antofagasta, Gran Valparaíso, la Región Metropolitana y Talca superan el promedio nacional. Las ciudades con menor contaminación del aire presentan una dispar incidencia de fractura de cuello femoral, como es el caso de Antofagasta y La Serena. Lo mismo ocurre en ciudades con mayor contaminación del aire, como Rancagua y Talca.

De la misma manera, la Tabla 4 muestra la incidencia de fractura de cuello femoral en mujeres.

Se destaca que en Chile y cada una de las ciudades las mujeres presentan una mayor incidencia de fractura, a partir de los 60 años, que ambos sexos.

La Tabla 5 muestra la incidencia de fractura de cuello femoral en hombres. Los hombres presentan en Chile y en cada ciudad aproximadamente la mitad de la incidencia total en mujeres, además de una incidencia considerablemente menor en los decenios de edad.

Los promedios de MP10 y MP2,5 en cada ciudad se

**Tabla 1. Promedio anual y total de fracturas de cuello femoral en Chile, distribuidos por sexo**

	Hombres	Mujeres	Ambos
Promedio anual	1.329 ± 138	3.944 ± 312	5.273 ± 436
Total	9.300	27.611	36.911

**Tabla 2. Cantidad de fracturas de cuello femoral, distribuidas por sexo y decenios de edad**

	Edad			
	50-59	60-69	70-79	> = 80
Ambos	1.932	4.195	10.001	20.783
Hombres	1.001	1.533	2.669	4.097
Mujeres	931	2.662	7.332	16.686

## Artículo Original

**Tabla 3.** Incidencia anual promedio de fractura de cuello femoral por cada 100.000 habitantes, en ambos sexos, ordenado por decenios de edad y ciudad o conurbación de origen

	Edad				Total
	50-59	60-69	70-79	> = 80	
<b>Chile</b>	15,6	53,0	218,9	1.016,8	137,2
<b>Ciudades menos contaminadas</b>					
Antofagasta	20,0	79,9	293,4	1.202,1	<b>150,4</b>
Gran La Serena	11,3	40,5	210,9	899,2	114,0
Gran Valparaíso	15,8	50,7	220,1	979,1	<b>147,1</b>
Gran Puerto Montt	8,6	38,6	156,9	910,7	95,1
Punta Arenas	12,3	59,7	184,0	1.067,4	124,8
<b>Ciudades más contaminadas</b>					
Región Metropolitana	14,3	50,7	222,8	1.016,5	<b>138,5</b>
Gran Rancagua	14,5	41,5	204,6	899,3	108,4
Talca	20,2	65,0	330,4	1.207,7	<b>159,9</b>
Gran Concepción	14,7	48,6	204,2	936,7	118,5
Gran Temuco	5,4	45,7	170,4	863,8	105,9

**Tabla 4.** Incidencia anual promedio de fractura de cuello femoral por cada 100.000 habitantes, en mujeres, ordenado por decenios de edad y ciudad o conurbación de origen

	Edad				Total
	50-59	60-69	70-79	> = 80	
<b>Chile</b>	14,8	63,4	281,0	1.276,0	191,2
<b>Ciudades menos contaminadas</b>					
Antofagasta	23,3	96,2	413,6	1.443,6	224,8
Gran La Serena	10,7	50,5	270,3	1.151,5	155,2
Gran Valparaíso	17,9	57,1	272,5	1.229,2	200,8
Gran Puerto Montt	8,4	53,1	201,5	1.178,4	140,6
Punta Arenas	13,0	52,6	219,8	1.428,5	175,6
<b>Ciudades más contaminadas</b>					
Región Metropolitana	14,3	60,7	277,1	1.223,5	192,0
Gran Rancagua	8,6	48,2	301,2	1.221,5	153,9
Talca	13,4	81,1	422,2	1.582,2	222,0
Gran Concepción	15,3	57,5	256,0	1.170,6	160,2
Gran Temuco	6,4	51,3	207,4	1.061,6	144,3

**Tabla 5.** Incidencia anual promedio de fractura de cuello femoral por cada 100.000 habitantes, en hombres, ordenado por decenios de edad y ciudad o conurbación de origen

	Edad				Total
	50-59	60-69	70-79	> = 80	
<b>Chile</b>	16,5	41,3	136,2	555,9	74,6
<b>Ciudades menos contaminadas</b>					
Antofagasta	17,1	61,7	128,4	695,1	71,6
Gran La Serena	12,0	28,8	136,1	501,8	65,4
Gran Valparaíso	13,5	42,5	139,5	501,5	76,9
Gran Puerto Montt	8,8	22,6	95,8	452,4	49,3
Punta Arenas	11,7	67,3	133,9	469,0	69,6
<b>Ciudades más contaminadas</b>					
Región Metropolitana	14,3	38,7	143,1	563,4	71,5
Gran Rancagua	20,9	33,8	71,9	435,8	55,2
Talca	27,7	45,0	198,0	522,9	83,1
Gran Concepción	14,1	37,9	134,7	527,0	68,1
Gran Temuco	4,3	38,5	112,4	485,0	57,1

## Artículo Original

**Tabla 6.** MP10 y MP2,5 promedio, medidos en ug/m<sup>3</sup>, en las ciudades menos contaminadas

Ciudad o conurbación	Polución ambiental	
	MP10	MP2,5
Antofagasta	35,4	17,4
Gran La Serena	X	17,4
Gran Valparaíso	43,7	16,5
Gran Puerto Montt	9,2	X
Punta Arenas	X	2,6

**Tabla 7.** MP10 y MP2,5 promedio, medidos en ug/m<sup>3</sup>, en las ciudades más contaminadas

Ciudad o conurbación	Polución ambiental	
	MP10	MP2,5
Región Metropolitana	69,8	27,8
Gran Rancagua	77,4	36,8
Talca	57,1	36,1
Gran Concepción	39,8	40,1
Gran Temuco	51,5	44,5

muestran en las Tablas 6 y 7. Los datos marcados como X no se encontraban disponibles durante el tiempo en que se realizó el estudio.

Los resultados del coeficiente de correlación de Pearson se muestran en las Tablas 8 y 9.

Al considerar como valor crítico de r de Pearson 0,622, no se obtienen valores estadísticamente significativos.

Al considerar como valor crítico de r de Pearson 0,582, se obtiene un valor estadísticamente significativo en el grupo de hombres entre 60 y 69 años, siendo su significancia inversamente proporcional.

**Tabla 8.** Coeficiente de correlación de Pearson obtenido entre la concentración de MP10 y la incidencia de fracturas de cuello femoral, de acuerdo a género y decenios de edad

Género	Edad				Total
	50-59	60-69	70-79	> = 80	
Hombres	0,44	0,14	0,07	-0,10	0,25
Mujeres	-0,13	-0,13	0,25	0,08	0,15
Ambos	0,22	-0,02	0,24	0,02	0,24

**Tabla 9.** Coeficiente de correlación de Pearson obtenido entre la concentración de MP2,5 y la incidencia de fracturas de cuello femoral, de acuerdo a género y decenios de edad

Género	Edad				Total
	50-59	60-69	70-79	> = 80	
Hombres	0,11	-0,60	-0,11	-0,16	-0,32
Mujeres	-0,45	-0,08	0,04	-0,35	-0,31
Ambos	-0,18	-0,33	0,01	-0,33	-0,27

## Discusión

Nuestro estudio representa un buen modelo para diferentes niveles de contaminación a lo largo de un país extenso, con distintos climas y una población homogénea. Es además el primer estudio chileno y latinoamericano en evaluar la posible asociación entre polución ambiental y fractura osteoporótica de cadera.

Los únicos 2 estudios en evaluar la asociación entre polución ambiental y enfermedad mineral ósea utilizaron la densidad mineral ósea (DMO) y/o fractura de muñeca o antebrazo.

Ambos estudios se realizaron en Oslo, Noruega. Siendo parte del “Oslo Health Study”, fueron capaces de excluir ciertos pacientes, como los que tuvieron que cambiar de domicilio durante el estudio. Por lo mismo, 99% de la población del estudio había vivido en Oslo por los últimos 30 años.

Aunque no se ha probado ningún efecto de la contaminación del aire sobre la DMO, un posible mecanismo podría ser que los componentes de la contaminación del aire activen un proceso inflamatorio local y/o sistémico, implicando citoquinas e interleucinas, que deterioran lentamente el componente mineral del hueso. Muchas enfermedades inflamatorias sistémicas, como la artritis reumatoide<sup>10</sup>, el lupus<sup>11</sup> y el asma<sup>12</sup> tienen un mayor riesgo de desarrollar osteoporosis.

El primer estudio encontró asociación estadísticamente significativa entre los indicadores de contaminación del aire y la DMO total del cuerpo, pero no para la DMO en la cadera. Sin embargo, el patrón fue similar, y la mayor desviación estándar en la DMO total de la cadera redujo el valor del estudio. La medida total de cadera también tiene una mayor proporción de hueso trabecular que la medida total del esqueleto que hace que el hueso de la cadera sea más activo metabólicamente.

El segundo estudio también evaluó si había una asociación entre la contaminación del aire y la fractura del

antebrazo. Sin embargo, sólo encontró tal asociación en los fumadores. En cuanto a la asociación entre la DMO y la contaminación atmosférica, encontraron una asociación en el mismo grupo de edad de hombres que el estudio anterior (75/76 años); esta vez, con respecto a las fracturas ya la DMO en el antebrazo.

Además, en ambos estudios, la asociación fue más fuerte para PM<sub>2,5</sub> que para PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub>.

En los últimos 30 años, la tasa de mortalidad por fractura de cadera en un año ha sido similar, oscilando entre el 24% en la década de 1980 y el 21% después de 1999<sup>13</sup>. Esto podría indicar cómo a pesar del avance tecnológico en cirugía, los pacientes no tienen una mejor supervivencia. Además, el aumento de la tasa de mortalidad después de la fractura de cadera puede permanecer hasta 10 años después de la fractura de cadera, y seguir aumentando durante otros cinco años por una fractura posterior<sup>14</sup>.

Cabe señalar que, aunque ambos estudios noruegos evaluaron la DMO de sus pacientes, se ha informado de que existe un porcentaje de la población que desarrolla fractura osteoporótica de cadera, con una DMO normal o en rango de osteopenia. Por lo tanto, decidimos evaluar la fractura osteoporótica de cadera en lugar de la DMO.

Además, las fracturas osteoporóticas tienen un impacto inmenso en la salud y la economía, siendo las fracturas de cadera la mayor carga. Menos del 20% de los pacientes con fractura de cadera son capaces de caminar de forma independiente a los 6 meses y hasta el 50% no pueden regresar a su hogar<sup>13</sup>. Además, se asumió que la calidad de vida en los años subsiguientes después de una fractura de cadera era del 80% de la de un individuo sano<sup>14</sup>.

Nuestro estudio tiene limitaciones, como ser retrospectivo, no excluir a la población que había cambiado de dirección entre los años evaluados, o evaluar su estado de salud y hábitos, cuando se compara con las investigaciones realizadas anteriormente en Noruega.

Aunque nuestro estudio sólo incluyó las principales ciudades de Chile, la gran población utilizada y el número de años evaluados tienen suficiente capacidad estadística para los fines de esta investigación.

En resumen, no se encontró asociación estadísticamente significativa entre la contaminación atmosférica, evaluada utilizando PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> como indicadores, y la incidencia promedio anual de fractura osteoporótica de cadera, comparando las ciudades más contaminadas y las ciudades menos contaminadas de Chile.

## Referencias bibliográficas

- Matus CP. 2011. [Evaluation of public health risk. A new instrument for environmental management in Chile]. *Revista medica de Chile* 139 (8): 1075-1080. doi:S0034-98872011000800015.
- García-Chevesich PA, Alvarado S, Neary DG, Valdés R, Valdés J, Aguirre JJ, et al. 2014. Respiratory disease and particulate air pollution in Santiago Chile: contribution of erosion particles from fine sediments. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 187:202-205. doi:10.1016/j.envpol.2013.12.028.
- Brugha R, Grigg J. 2014. Urban air pollution and respiratory infections. *Paediatric respiratory reviews* 15 (2): 194-199. doi:10.1016/j.prrv.2014.03.001.
- Roman AO, Prieto CM, Mancilla FP, Astudillo OP, Dussaubat AA, Miguel WC, et al. 2009. [Association between air pollution and cardiovascular risk]. *Revista medica de Chile* 137 (9): 1217-1224. doi:S0034 98872009000900013.
- Parent ME, Goldberg MS, Crouse DL, Ross NA, Chen H, Valois MF, et al. 2013. Traffic-related air pollution and prostate cancer risk: a case-control study in Montreal, Canada. *Occupational and environmental medicine* 70 (7): 511-518. doi:10.1136/oemed-2012-101211.
- Dales RE, Cakmak S, Vidal CB, Rubio MA. 2012. Air pollution and hospitalization for acute complications of diabetes in Chile. *Environment international* 46: 1-5. doi:10.1016/j.envint.2012.05.002.
- Shah ASV, Langrish JP, Nair H, McAllister DA, Hunter AL, Donaldson K, et al. 2013. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet* 382 (9897): 1039-1048.
- Alver K, Meyer HE, Falch JA, Nafstad P, Sogaard AJ. 2007. Outdoor air pollution and bone mineral density in elderly men-the Oslo Health Study. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 18 (12): 1669-1674. doi:10.1007/s00198-007-0424-y.
- Alver K, Meyer HE, Falch JA, Sogaard AJ. 2010. Outdoor air pollution, bone density and self-reported forearm fracture: the Oslo Health Study. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA* 21 (10): 1751-1760. doi:10.1007/s00198-009-1130-8.
- Ono K, Ohashi S, Tanaka S, Matsumoto T (2013) [Bone structure in rheumatoid arthritis]. *Clinical calcium* 23 (7): 983-991. doi:CLiCa1307983991.
- Bultink IE (2012) Osteoporosis and fractures in systemic lupus erythematosus. *Arthritis care & research* 64 (1): 2-8. doi:10.1002/acr.20568.
- Smith B, Phillips P, Heller R (1999) Asthma and chronic obstructive airway diseases are associated with osteoporosis and fractures: A literature review. *Respirology* 4 (2): 101-109. doi:10.1046/j.1440-1843.1999.00161.x
- Ström O, Borgström F, Kanis J, Compston J, Cooper C, McCloskey E, et al. 2011. Osteoporosis: burden, health care provision and opportunities in the EU. *Arch Osteoporos* 6 (1-2): 59-155. doi:10.1007/s11657-011-0060-1.
- Peasgood T, Herrmann K, Kanis JA, Brazier JE. 2009. An updated systematic review of Health State Utility Values for osteoporosis related conditions. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis.*