

Impacto de la contaminación ambiental en la salud respiratoria infantil en Sevilla

Dra. María Pablo-Romero Gil-Delgado
Dra. Rocío Román Collado

Universidad de Sevilla

1. Introducción

La preocupación por la contaminación del aire en las ciudades adquiere una importancia cada vez mayor como consecuencia de los estudios e investigaciones en los que se pone de manifiesto su repercusión en la salud humana. En diferentes zonas de España se han llevado a cabo trabajos sobre dicha temática destacando los trabajos realizados por Guerrero y Monzón (2004), Lechón, Cabal, Gómez, Sánchez Sáez (2002), Linares y Díaz (2009) en Madrid, Ballester et al. (2003) en 13 ciudades de España y de Pérez, Sunyer, y Künzli (2009) en Barcelona.

Un reciente proyecto, liderado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en Europa, Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP, revisa las conclusiones derivadas de los estudios que analizan el impacto de la contaminación del aire sobre la salud entre 2005 y 2012 (WHO, 2013). Las conclusiones de dicho proyecto se han reflejado en un informe en el que se pone de manifiesto que los valores medios límite fijados en la guía 2005 de la OMS deben seguir sirviendo como punto de referencia para todos los países. Incluso, el informe concluye que en el caso de las partículas en suspensión, el ozono y el dióxido de nitrógeno, los efectos nocivos para la salud aparecen incluso para niveles de concentración más bajos.

El informe REVIHAAP concluye que parece necesaria una revisión de la normativa comunitaria en materia de contaminación del aire, que revise y actualice los límites de los principales contaminantes nocivos para la salud. En el momento que esto ocurra, esta revisión se trasladará lógicamente a nuestra normativa nacional y regional, rebajando los

límites máximos actuales. La normativa actual sobre calidad del aire en Europa es la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de Mayo de 2008 de calidad del aire y de una atmósfera más limpia. En el caso concreto de España, la legislación vigente sobre calidad del aire incluye la Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera, el Real Decreto 100/2011 de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras a la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación y el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, sobre mejora de la calidad del aire.

Los estudios sobre el impacto de la contaminación urbana en la salud toman distintos contaminantes como eje de su investigación. Sin embargo, una reciente base de datos elaborada por la OMS sobre la contaminación del aire en las ciudades (WHO, 2011a) utiliza como indicadores para medir dicha contaminación, las concentraciones medias anuales de las partículas en suspensión PM₁₀ y PM_{2,5}. Cada vez es más frecuente que los estudios sobre contaminación urbana elijan estos contaminantes como indicadores. Tal y como señalan Linares y Díaz (2009), mientras que las partículas PM₁₀ tienen un origen más natural, las partículas PM_{2,5} tienen un origen más antropogénico, ya que se estima que entre un 70-80% de las mismas proceden de la combustión de los vehículos diesel, lo que las convierte en un indicador más fiable de la contaminación de las ciudades directamente relacionada con la actividad humana.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su guía para la calidad del aire de 2005 fijaba el valor medio anual límite de las partículas PM₁₀ y PM_{2,5} en 20 y 10 µg/m³ respectivamente. Sin embargo, estos límites máximos son menos exigentes en el caso de Europa, donde la Directiva 2008/50/CE sitúa el límite para las partículas PM₁₀ en 40 µg/m³ de media anual y en el caso de las partículas PM_{2,5} se fija un valor medio objetivo a contar desde 2010, de 25 µg/m³.

A pesar de la importancia de la contaminación urbana debido a las partículas PM₁₀ y PM_{2,5}, nuestro estudio considera otros contaminantes tales como los óxidos de nitrógenos (NOX), el dióxido de azufre (SO₂) y el ozono troposférico (O₃).

El objetivo de nuestro trabajo medir la incidencia de los contaminantes antes mencionados sobre los ingresos hospitalarios no programados infantiles, distinguiendo

entre los distintos grupos de enfermedades respiratorias, que se han producido en Sevilla entre 2003 y 2007.

2. Metodología

Para realizar este estudio se analiza el número de ingresos diarios no programados, de niños menores de 14 años residentes en la ciudad de Sevilla en los hospitales públicos de Sevilla (Hospital Universitario Virgen del Rocío, Hospital Universitario Nuestra Señora de Valme, Hospital Universitario Virgen Macarena), relacionados con enfermedades respiratorias (excluidos los ingresos por neumonitis por aspiración de comida o vómito), desde el 1 de enero de 2007 hasta el 31 de diciembre de 2011. Estos datos han sido facilitados por Dirección general de Asistencia Sanitaria del Servicio Andaluz de Salud, dependiente de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

Los ingresos hospitalarios fueron clasificados, atendiendo a su causa, en varias categorías: ingresos por bronquiolitis, bronquitis y neumonía. La Tabla 1 recoge la agrupación de las enfermedades realizadas con detalle de sus códigos.

Tabla 1. Agrupación de enfermedades

ENFERMEDAD	Desglose
BRONQUIOLITIS	466.11 - bronquiolitis aguda.por virus sincitial respiratorio (rsv)
	466.19 - bronquiolitis aguda. otra
NEUMONIA	480.0 - neumonía por adenovirus
	480.1 - neumonía por virus sincitial respiratorio
	480.8 - neumonía por virus.otra
	481 - neumonía por neumococo
	482.0 - neumonía por klebsiella pneumoniae
	482.1 - neumonía por pseudomonas
	482.2 - neumonía por haemophilus influenzae
	482.41 - neumonía por estafilococo ureus sensible a meticilina
	482.49 - neumonía por estafilococo.otra
	482.9 - neumonía por bacteria.neom
	483.0 - neumonía por mycoplasma
	485 - bronconeumonía organismo neom
	486 - neumonía organismo neom
	BRONQUITIS
491.0 - bronquitis crónica.simple	
466.0 - bronquitis aguda	

Las variables independientes utilizadas han sido las concentraciones medias diarias de los contaminantes atmosféricos siguientes: partículas materiales de diámetros inferior a 10 micras (PM10), partículas materiales de diámetro inferior a 2,5, micras (PM2,5), óxidos

de nitrógenos (NOX), dióxido de azufre (SO₂) y Ozono troposférico (O₃). Los valores de estos contaminantes han sido facilitados por la Red de vigilancia y control de la calidad del aire en Andalucía de la Dirección General de Prevención y Calidad de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

También se tuvieron en cuenta las variables meteorológicas, como las temperaturas medias diarias y el grado de humedad relativo diario de la ciudad de Sevilla. Los valores han sido suministrados por la Red de Información Ambiental. Subsistema de Información de Climatología Ambiental de la Junta de Andalucía.

Se crearon variables con retardo en el tiempo, ya que el efecto entre la variable independiente y dependiente no tiene porqué ser simultáneo en el tiempo (Morgenstern et al., 2007). Esta variable se ha construido sumando los ingresos hospitalarios durante un periodo de 5 días. Toda vez que, algunos de los ingresos pueden pasar primero por urgencias y luego a hospitalización, sobre todo los fines de semana.

Como último paso del análisis se crearon los modelos de regresión de Poisson y Binomial Negativa (BN), ya que la muestra de datos de ingresos hospitalarios presenta un elevado número de ceros para cuantificar la asociación entre los ingresos hospitalarios por causas respiratorias y las variables independientes. Estos modelos se crearon para los ingresos hospitalarios para cada una de las tres causas mostradas en la Tabla 1. Se realizaron con y sin retardo y en cada caso se eliminaron aquellas variables independientes de control que no eran significativas ($p < 0,05$). Por otro lado, dado que las variables que miden los distintos contaminantes presentan una alta colinealidad entre ellos, se fueron introduciendo en la función a estimar de forma independiente, es decir que se estima una función para cada uno de los contaminantes. Una vez obtenidas, para cada caso la estimación de la función Poisson y BN, se analizó en cada caso la sobredispersión, mostrándose, más ventajoso aproximar una función BN.

Finalmente, además de obtener el coeficiente Beta estimado en las regresiones, se calculó el efecto marginal de un aumento unitario de contaminante sobre el número de ingresos hospitalarios por causas diferentes. El paquete estadístico utilizado fue Stata 11.

3. Resultados

La serie completa de ingresos diarios no programados por causas respiratorias comprende un total de 1826 días. Durante este periodo se registraron un total de 3710 ingresos hospitalarios de niños menores de 14 años por todas las causas respiratorias. De los que un total de 2301 ingresos fueron por bronquiolitis, 605 ingresos por neumonía y 378 ingresos por bronquitis.

En la tabla 2 se muestran los principales estadísticos de las variables dependientes e independientes consideradas.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Bronquiolitis	1826	0.434283	0.911604	0	6
Neumonía	1824	0.331689	0.621576	0	4
Bronquitis	1826	0.20701	0.495321	0	3
PM10	1826	50.12946	20.78173	6.4444	115.2569
SO2	1825	2.704931	1.528353	1	11.6875
O3	1826	53.91086	22.08844	3.3043	117.8681
PM2,5	1826	17.26405	7.604861	1	62.1111
NOX	1825	36.66835	20.37343	3.0347	143.5764
temp	1826	19.64507	6.727001	3	33.5
humedad	1826	73.23582	17.00148	29.7	100

En la Fig. 1 se muestran los gráficos de secuencia durante el periodo considerado para los contaminantes químicos. En la Fig. 2 se muestran los gráficos de secuencia durante el periodo para los ingresos hospitalarios por distintas causas.

Fig. 1. Diagrama de secuencia de las concentraciones medias diarias de PM10, PM2,5, SO2, O3 y NOX. (1 de enero 2007 al 31 de diciembre 2011)

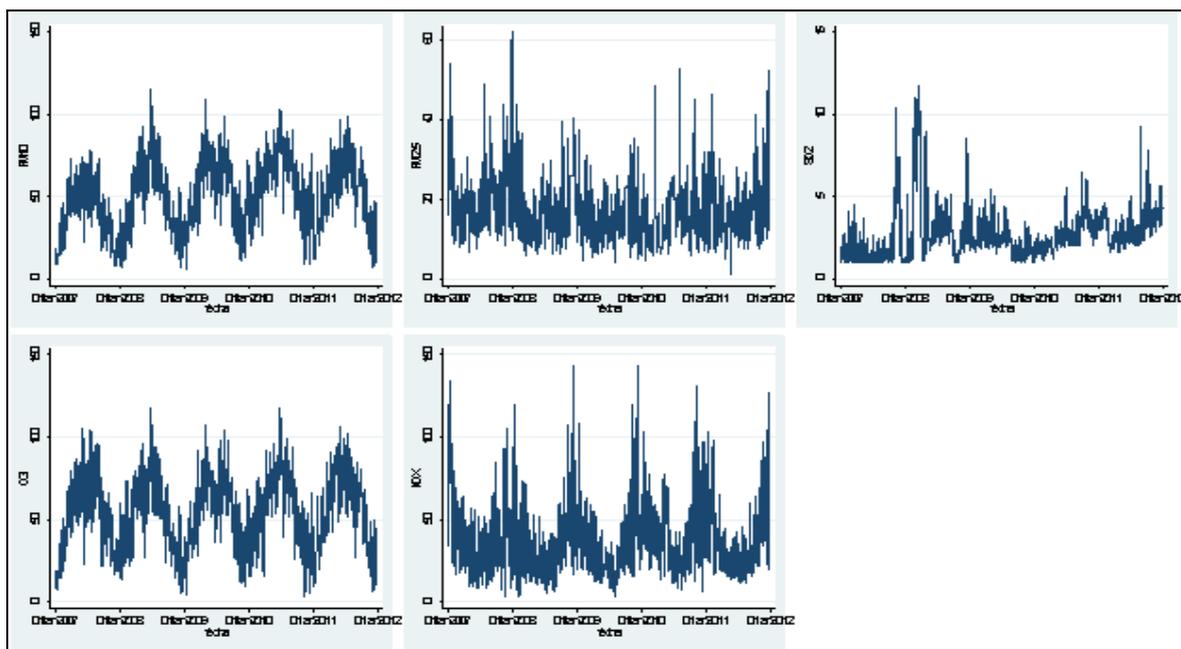
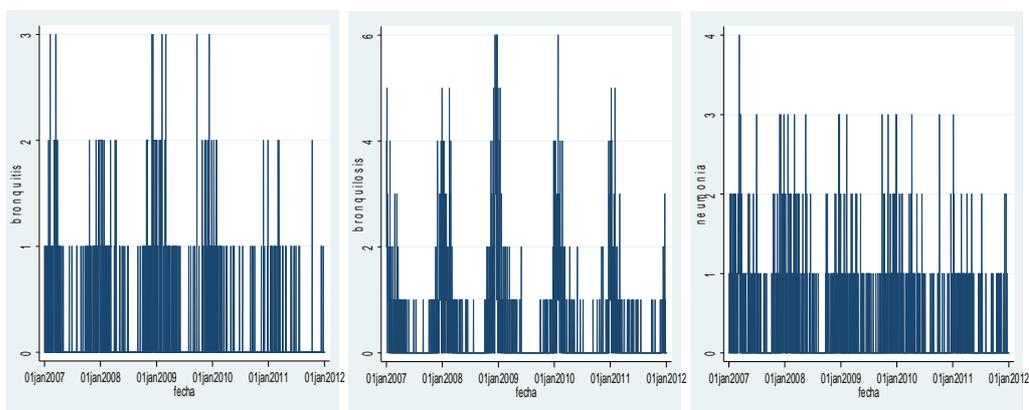


Fig.2 Diagrama de secuencia de los ingresos hospitalarios diarios de niños menores de 14 años por bronquiolitis, neumonía y bronquitis (1 de enero 2007 al 31 de diciembre 2011).



Por último, la Tabla 3 muestra los coeficientes beta estimados de la función BN) que resultan significativos para las distintas causas respiratorias de ingresos hospitalarios, relacionados con los contaminantes atmosféricos. Se contemplan las variables con y sin retardos.

Tabla 3. Estimación de la función BN por enfermedades y contaminantes*

Ingresos hospitalarios	Contaminante	Variables control	Coefficiente Estimado	Efecto Marginal dy/dx
Bronquiolitis	PM2.5	Temperatura	0.010116 (2.10)**	0.0021879

Bronquiolitis. (Variable retardada)	PM2.5	Temperatura	0.0174723 (3.01)***	0.0227339
Bronquiolitis (Variable retardada)	PM2.5	Temperatura y Humedad	0.0122963 (2.03)**	0.0157641
Neumonía	PM2.5	Temperatura	0.0093107 (1.86)**	0.0027912
Neumonía	PM2.5	Temperatura y Humedad	0.0093454 (1.87)**	0.0027806
Neumonía (Variable retardada)	PM2.5	Temperatura y Humedad	0.006803 (2.09)**	0.0089871
Neumonía (Variable retardada)	NOX	Humedad	0.0073906 (5.71)***	0.0096758
Bronquitis	PM2.5	Temperatura y Humedad	0.0097177 (2.45)**	0.0055928
Bronquitis (Variable retardada)	NOX	Temperatura y Humedad	0.0025441 (1.63)*	0.0014648

4. Discusión

El valor medio anual encontrado para la concentración de PM10 es de 50.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y de para PM2,5 es de 17.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el periodo analizado. Estos valores son superiores a los valores guía marcados por la OMS para efectos a largo plazo (WHO, 2006) establecidos en 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y PM2.5, respectivamente.

Los demás valores medios encontrados son inferiores a los valores medios recomendados, si bien tienen valores máximos superiores a los niveles recomendados, con la única excepción de las emisiones de SO2 que incluso su valor máximo es inferior al valor objetivo. Resulta curioso que a pesar de la alta concentración encontrada para PM10, no resulte significativo ninguno de los Beta estimados. Es decir no resulta significativo o explicativo de los ingresos hospitalarios infantiles por ninguna causa respiratoria.

Por otro lado, la concentración media anual de PM2.5 es similar a la de algunas ciudades de Estados Unidos para las cuales se han efectuado estudios sobre los efectos de los contaminantes en la salud, con una concentración media de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pope, 2002; Jarret, 2005). Asimismo es similar o algo inferior a la media observada para Madrid de 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linares y Díaz, 2009). En estos estudios se observa un efecto negativo de estos niveles de contaminación sobre la salud. Cabe destacar el estudio de Dockery (1999), que encuentra efectos negativos a partir de concentraciones medias anuales de entre 11 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En cuanto a los resultados de la Tabla 3 cabe destacar que el contaminante para el que se observan mayores estimaciones significativas es para el PM2.5. Resulta explicativa de los ingresos por bronquiolitis, neumonía y bronquitis. En este sentido, este estudio está en línea con los resultados mostrados en otros similares que relacionan ingresos hospitalarios infantiles con el PM2.5, tales como Linares y Díaz (2009), Lin et al. (2005). Asimismo, también está en línea con los resultados mostrados en estudios que relacionan este contaminante y casos de neumonía (Ilabaca et al. 1999) y bronquitis (Barnett et al. 2005).

5. Conclusiones

Recientemente se han venido realizando diversos estudios que ponen de manifiesto que existe una relación entre los contaminantes emitidos a la atmósfera y diversos daños en la salud. En este estudio ha analizado la incidencia de diversos contaminantes sobre el número de ingresos por enfermedades respiratorias en menores de 14 años en la ciudad de Sevilla entre 2003 y 2007.

El estudio realizado permite concluir que existe una clara relación entre la concentración media de las partículas PM2.5 diarias en el área urbana de Sevilla y los ingresos hospitalarios por neumonía, bronquitis y bronquiolitis, lo que nos permite concluir que las PM2.5 tienen un efecto negativo sobre la salud respiratoria de la población infantil en Sevilla.

REFERENCIAS

- Ballester F, Iñiguez C, Saez M, Pérez-Hoyos S, Daponte A, Ordóñez JM, et al (2003). Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en trece ciudades españolas. *Medicina Clinica*, 121, 684-9.
- Barnett, A.G., Williams, G.N., Schwartz, J., et al. (2005). Air pollution and child respiratory health: a casecrossover study in Australia and New Zealand. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 171,1272-8.

- Dockery DW. (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *The New England Journal of Medicine*, 329, 1353–4.
- Guerrero, M. J. y Monzón, A. (2004). Valuation of social and health effects of transport-related air pollution in Madrid (Spain). *Science of the total Environment*. 334–335 (1), 427–434
- Ilabaca M, Olaeta I, Campos E, et al. (1999). Association between levels of fine particulate and emergency visits for pneumonia and other respiratory illnesses among children in Santiago, Chile. *Journal of the Air & Waste Management Association* ,49,154–63.
- Jarret, M. (2005). Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiol*, 16, 727–36.
- Linares, C. y Díaz, J. (2009), Efecto de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5}) sobre los ingresos hospitalarios en niños menores de 10 años en Madrid. *Gaceta Sanitaria*, 23 (3), 192-197.
- Lechón, Y.; Cabal, H.; Gómez, M., Sánchez, E. y Sáez, R. (2002). Environmental externalities caused by SO₂ and ozone pollution in the metropolitan area of Madrid. *Environmental Science & Policy*, 5(5), 385–395.
- Lin, M., Stieb D.M. y Chen, Y. (2005). Coarse particulate matter and hospitalization for respiratory infections in children younger than 15 years in Toronto: a case-crossover analysis. *Pediatric*, 116, 235–40.
- Morgenstern V, Zutavern A, Cyrus J, et al. (2007). Respiratory health and individual estimated exposure to traffic related air pollutants in a cohort of young children. *Occupational and Environmental Medicine*, 64,1–2.
- Pérez, L.; Sunyer, J. y Künzli, N. (2009). Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). *Gaceta Sanitaria*, 23(4), 287–294
- Pope CA. (1995). Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care*, 151, 669–74.

WHO (2006). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005*. Geneva.

WHO (2011a). Database: outdoor air pollution in cities

WHO (2011b). Calidad del aire y salud. Nota descriptiva N° 313. Septiembre de 2011

WHO (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP*