

Contaminación ambiental e ingresos pediátricos en un área urbana

A. Martín Rivada, M. Sánchez-Bayle, E. Villalobos Pinto, M.L. Calleja Gero
Servicio de Pediatría. Hospital Infantil Universitario Niño Jesús. Madrid

Resumen

Introducción: Es conocido el efecto perjudicial de la contaminación atmosférica sobre la salud. Este estudio tiene como objetivos evaluar si los niveles de contaminantes atmosféricos en nuestro entorno cumplen lo recomendado por la Organización Mundial de Salud (OMS) y valorar su posible relación con los ingresos pediátricos.

Métodos: Como variables dependientes se han estudiado los ingresos pediátricos y, entre ellos, los producidos por patologías respiratorias (bronquiolitis, crisis asmáticas y neumonías) durante 49 meses en un hospital situado en el centro de una gran ciudad. Como variables independientes se estudiaron los valores de contaminación atmosférica. Se estimaron los coeficientes de correlación y regresión lineal múltiple. Se realizó un análisis mediante la prueba de la t de Student del promedio de ingresos cuando los valores de dióxido de nitrógeno (NO₂) eran superiores e inferiores a 40 µg/m³.

Resultados: Durante el periodo estudiado hubo 7.103 ingresos en pediatría general, 3.645 de ellos (51,32%) causados por procesos respiratorios. Se encontró una correlación entre el NO₂ y los ingresos totales (0,771) y los de causa respiratoria (0,784), ambos con un valor de p <0,0001. Al superar los niveles de NO₂ por encima de 40 µg/m³, el número de ingresos es mayor para todos los grupos estudiados. En la regresión lineal los ingresos totales y los causados por crisis asmáticas se incrementan con los niveles de NO₂ y disminuyen con la temperatura (p <0,0001).

Conclusiones: Se encontró una relación entre los ingresos estudiados y los niveles de contaminación atmosférica, fundamentalmente de NO₂, cuyos niveles sobrepasan los establecidos por la OMS. La disminución de estos niveles podría evitar un número significativo de ingresos pediátricos.

©2018 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados.

Palabras clave

Ingresos hospitalarios, contaminación atmosférica, niños, NO₂

Abstract

Title: Air pollution and pediatric admissions in an urban environment

Introduction: There is a well known relationship between air pollution and health. In this study, we aimed to establish a relationship between air pollution and pediatric hospital admissions.

Methods: Admissions to the pediatric ward have been studied as dependent variables and within those admissions due to respiratory diseases: bronchiolitis, asthma and pneumonias, during 49 months at a hospital located in the center of a big city. As independent variables, air pollution values were studied. Reciprocity coefficients and multiple lineal regression were performed. A T Student analysis was applied regarding the average of admissions when values of NO₂ were over and under 40 µg/m³.

Results: During the length of our study there were 7,103 pediatric admissions, 3,645 (51.32%) of those were respiratory diseases. The strongest relationship was found is between levels of NO₂ and total admissions (0.771), as well as with the admissions by respiratory causes (0.784), both with p <0.0001. For NO₂ levels higher than 40 µg/m³, the number of admissions was higher for every researched group.

Conclusions: Levels of air pollution, mainly NO₂, were associated with the amount of pediatric hospital admissions. Since NO₂ levels exceed those established by the World Health Organization, the compliance of those levels could avoid pediatric admissions.

©2018 Ediciones Mayo, S.A. All rights reserved.

Keywords

Hospital admissions, air pollution, children, NO₂

Introducción

Numerosos estudios ponen de manifiesto una relación causal entre la contaminación atmosférica y ciertos efectos perjudi-

ciales para la salud. Los contaminantes ambientales más importantes son las partículas materiales con unos diámetros <2,5 µ (PM_{2,5}) y <10 µ (PM₁₀), el monóxido de nitrógeno (NO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el monóxido de carbono (CO) y los

Fecha de recepción: 30/03/17. Fecha de aceptación: 12/07/17.

Correspondencia: A. Martín Rivada. Servicio de Pediatría. Hospital Infantil Universitario Niño Jesús. Avda. de Menéndez Pelayo, 65. 28009 Madrid. Correo electrónico: amartinrivada@gmail.com

hidrocarburos como el benceno, el dióxido de azufre (SO₂) y el ozono (O₃)¹. En Europa, el proyecto «Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe» (APHEKOM) estudia las consecuencias de la contaminación ambiental sobre la salud en 25 ciudades². Actualmente los niveles de determinados contaminantes en las grandes ciudades, como Madrid y Barcelona³, se sabe que sobrepasan, en varias ocasiones, los límites establecidos tanto por la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁴ como por el Real Decreto que regula la calidad del aire⁵.

Muchos de estos estudios centran su interés en la población pediátrica, dada su particular susceptibilidad a los contaminantes, debido tanto a su inmadurez inmunológica como a sus características anatomofisiológicas, y cuyos hábitos de vida conllevan pasar más tiempo en el exterior⁶. Dentro del amplio rango de los efectos nocivos sobre la salud, cobran especial relevancia los que se producen sobre el sistema cardiovascular y el tracto respiratorio, tanto superior como inferior, ya descritos por diferentes autores⁷. Las infecciones del tracto respiratorio se consideran la principal causa de estos procesos; no obstante, se ha descrito un efecto aditivo o sinérgico con los contaminantes⁸. En un estudio realizado sobre 11.000 niños en edad escolar de diferentes áreas con valores diversos de contaminación ambiental⁹, se evaluó la función pulmonar de forma prospectiva y se observó una disminución del crecimiento de la función pulmonar en los que vivían en comunidades con concentraciones más altas de PM₁₀, PM_{2.5}, CO y NO₂.

El incremento significativo entre los ingresos por bronquiolitis, crisis asmáticas y neumonías en la población pediátrica, atribuible a la tasa de contaminantes atmosféricos, es algo ya demostrado y que la OMS recoge en su informe sobre la calidad del aire en 2014¹⁰. Se han realizado varios estudios en esta misma línea, tanto en otros países¹¹ como en el nuestro¹². Dentro de estos efectos, quizá el más estudiado ha sido la relación con la exacerbación de las crisis asmáticas^{13,14}.

Nuestro estudio tiene como objetivos evaluar si los niveles de contaminantes atmosféricos cumplen lo recomendado por la OMS y analizar la relación de los contaminantes atmosféricos con los ingresos pediátricos totales en general, y en particular con los causados por una patología respiratoria en nuestro hospital.

Material y métodos

Se realizó un estudio retrospectivo, en el que como variables dependientes se registraron los ingresos totales en el servicio de pediatría general durante el periodo comprendido entre enero de 2012 y enero de 2016, agrupados en meses. Entre el número de ingresos totales se seleccionaron también los atribuibles a bronquiolitis (CIE-466.1), crisis asmáticas (CIE-493), neumonías (CIE-480) y la suma total de todos ellos, agrupados

como «procesos de tipo respiratorio». En dicho servicio no ingresan generalmente pacientes crónicos ni con patologías complejas, ya que en la mayoría de ocasiones lo hacen a cargo de las distintas subespecialidades pediátricas.

Por otra parte, como variables independientes se emplearon los datos de diferentes contaminantes atmosféricos, además de la temperatura, durante los meses de estudio: NO, NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, CO, benceno y SO₂. Dichos datos están disponibles en la Red de Control del Ayuntamiento de Madrid¹⁵. Se recogieron los datos correspondientes a la estación más próxima a nuestro centro hospitalario.

Después de comprobar la distribución normal de las variables (test de Kolmogorov-Smirnov) se estudiaron los coeficientes de correlación lineal de Pearson entre las variables de estudio, excepto en los ingresos por bronquiolitis, en los que hubo que recurrir al coeficiente de Spearman por no seguir una distribución normal.

Se llevó a cabo un análisis mediante la prueba de la t de Student del promedio de ingresos cuando los valores de NO₂ eran superiores e inferiores a 40 µg/m³, ya que es el límite marcado tanto por la OMS como por el Real Decreto citado anteriormente^{3,4}. En el caso de los ingresos por bronquiolitis se utilizó la prueba de la U de Mann-Whitney.

Posteriormente se realizó un análisis multivariante mediante regresión lineal múltiple para las variables de ingresos totales, ingresos por crisis asmáticas e ingresos por bronquiolitis, utilizando como variables independientes los contaminantes con los que se habían encontrado coeficientes de correlación con significación estadística. Se utilizó el modelo máximo, se retiraron las variables una a una y se dejaron sólo las que presentaban una asociación estadísticamente significativa (p < 0,05). El paquete estadístico empleado fue el SPSS 15.0.

Resultados

En el periodo estudiado hubo un total de 7.103 ingresos en pediatría general, 3.645 de ellos (51,32%) causados por procesos respiratorios: 1.058 por bronquiolitis, 1.815 por crisis asmáticas y 704 por neumonías. Los 68 restantes fueron procesos respiratorios menores, no incluidos de forma específica en el estudio, dado el bajo número de casos. El rango de edad de los pacientes era de 0-18 años.

En la tabla 1 se muestra el análisis descriptivo de las variables incluidas en nuestro estudio. La media de ingresos por mes fue de aproximadamente 145. Se observa una gran variabilidad entre los valores de algunos contaminantes en los diferentes meses, como ocurre con el NO₂ o las PM₁₀.

Los coeficientes de Pearson aparecen reflejados en la tabla 2. La correlación más fuerte se encontró con los valores de NO, que mantienen una relación estadísticamente significativa con todos los procesos estudiados. El CO, el NO₂, el benceno y el SO₂ mantienen una correlación moderada, tam-

TABLA 1

Estadísticos descriptivos de las variables incluidas en nuestro estudio

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Ingresos mensuales (n)	32	277	144,9592	55,46206
Ingresos por patología respiratoria (n)	5	213	74,3878	52,99403
Ingresos por asma (n)	3	87	37,0408	18,90212
Ingresos por bronquiolitis (n)	0	118	21,5918	30,14542
Ingresos por neumonía (n)	0	42	14,3673	9,30209
SO ₂ (µg/m ³)	1	19	7,6735	4,06913
CO (µg/m ³)	0,10	0,70	0,4102	0,14324
NO (µg/m ³)	9	114	36,0612	24,44501
NO ₂ (µg/m ³)	31	80	49,8163	11,77687
PM ₁₀ (µg/m ³)	9	44	23,6875	8,15581
Benceno (µg/m ³)	0,20	1,80	0,7776	0,44827
PM _{2,5} (µg/m ³)	9	24	12,6809	2,81384
Temperatura (°C)	5,40	30	15,9271	7,45319

CO: monóxido de carbono; NO: monóxido de nitrógeno; NO₂: dióxido de nitrógeno; PM₁₀: partículas materiales con un diámetro <10 µ; PM_{2,5}: partículas materiales con un diámetro <2,5 µ; SO₂: dióxido de azufre.

TABLA 2

Coeficientes de correlación entre las variables estudiadas

	Ingresos totales	Ingresos por crisis asmáticas	Ingresos por bronquiolitis	Ingresos por neumonía	Ingresos por patología respiratoria
NO ₂	0,771 p <0,001	0,588 p <0,0001	0,789 p <0,0001	0,469 p= 0,001	0,748 p <0,0001
PM _{2,5}	NS	NS	0,310 p= 0,034	NS	NS
CO	0,633 p <0,0001	0,526 p <0,0001	0,568 p <0,0001	0,442 p= 0,002	0,605 p <0,0001
NO	0,555 p <0,0001	0,440 p= 0,002	0,638 p= 0,001	0,344 p= 0,017	0,594 p <0,0001
Benceno	0,625 p <0,0001	0,529 p <0,0001	0,698 p <0,0001	0,298 p= 0,040	0,652 p <0,0001
Temperatura	-0,806 p <0,0001	-0,676 p <0,0001	-0,599 p <0,0001	-0,660 p <0,0001	-0,723 p <0,0001
SO ₂	0,425 p= 0,002	0,306 p= 0,027	0,483 p= 0,037	0,445 p= 0,001	0,517 p <0,0001
PM ₁₀	-0,406 p= 0,004	-0,346 p= 0,016	NS	-0,287 p= 0,048	NS

CO: monóxido de carbono; NO: monóxido de nitrógeno; NO₂: dióxido de nitrógeno; NS: no significativo (p >0,05); PM_{2,5}: partículas materiales con un diámetro <2,5 µ; PM₁₀: partículas materiales con un diámetro <10 µ; SO₂: dióxido de azufre.

bién estadísticamente significativa, con cada uno de los motivos de ingreso. Las PM_{2,5} y las PM₁₀ no alcanzaron la significación estadística, salvo las primeras con los ingresos por bronquiolitis.

Al estudiar la influencia que tenían los niveles de NO₂ >40 µg/m³, se constató, tal como aparece reflejado en la tabla 3, que el número de ingresos es significativamente mayor para

todos los grupos estudiados, en los meses en que se supera este límite.

En las tablas 4 y 5 se recogen los coeficientes beta con los intervalos de confianza del 95%, la significación estadística y el coeficiente de regresión (R²) de los modelos de regresión lineal múltiple para ingresos totales e ingresos por crisis asmáticas. En ellas se observa que los niveles de NO₂ tienen un

TABLA 3

Comparación entre los ingresos pediátricos según la superación o no del límite de NO₂ de 40 µg/m³, establecido como máximo permitido

	Nivel (µg/m ³)	n	Media	Desviación típica	Error típico de la media
Ingresos	≥40	17	195,76	45,87	11,12 ^a
	<40	32	117,97	38,85	6,87
Asma	≥40	17	50,11	15,22	3,69 ^a
	<40	32	30,09	17,03	3,01
Bronquiolitis	≥40	17	49,06	36,89	8,95 ^a
	<40	32	7	8,43	1,49
Neumonía	≥40	17	19,35	10,56	2,56 ^b
	<40	32	11,72	7,45	1,32
Patología respiratoria	≥40	17	122,53	55,82	13,54 ^a
	<40	32	48,81	28,18	4,98

^ap <0,0001. ^bp= 0,005.

TABLA 4

Resultados de la regresión lineal múltiple para ingresos totales

	Coefficiente beta	Intervalo de confianza del 95%	p
NO ₂	1,147	0,601-1,694	<0,0001
Temperatura	-3,568	De -5,172 a -1,964	<0,001

R²= 0,738; p <0,0001.

TABLA 5

Resultados de la regresión lineal múltiple para ingresos por crisis asmáticas

	Coefficiente beta	Intervalo de confianza del 95%	p
NO ₂	0,259	0,003-0,521	0,043
Temperatura	-1,169	De -1,934 a -0,404	0,004

R²= 0,482; p <0,0001.

TABLA 6

Valores medios máximos anuales admitidos por la OMS para cada contaminante y valores medios mensuales registrados en nuestro estudio (µg/m³)

	OMS	Nuestro estudio
PM _{2,5}	10	12,68
PM ₁₀	20	23,68
NO ₂	40	49,81

efecto positivo sobre ambos tipos de ingresos, y los valores de temperatura un efecto negativo.

Discusión

Los valores medios de los contaminantes ambientales estudiados superan en la mayoría de los casos los rangos establecidos por la OMS (tabla 6)⁴. El informe Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution (REVIHAAP)¹⁶ concluye que para las

PM_{2,5}, PM₁₀, el ozono y el NO los efectos perjudiciales pueden ocurrir a concentraciones más bajas que las establecidas en el informe de 2015, y recomienda establecer una revisión de las políticas ambientales.

Así, para las PM_{2,5} se recomiendan valores anuales <10, mientras que la media hallada en nuestro estudio se sitúa en 12. El límite bajo en el que se han demostrado efectos perjudiciales para la salud está entre 3 y 5 µg/m³. La guía de la OMS de 2005 establece que una reducción de los niveles medios de PM_{2,5} hasta la cifra anual recomendada de 10 µg/m³ produciría un aumento en la calidad de vida de 22 meses.

Para las PM₁₀ se recomienda un máximo anual de 20, si bien la media es superior a este nivel, de 23,68.

Para el NO₂ dicho informe marca un valor anual <40 µg/m³. La media es de 49, aunque en alguna ocasión alcanza valores de hasta 80. Para el SO₂ se establece únicamente una concentración inferior en un tiempo de 24 horas. En este caso sí que tanto la media como el máximo mensual se ajustan a lo dictado

por la OMS. Para el resto de contaminantes no se fijan valores límite.

La correlación más fuerte encontrada en nuestro estudio ha sido entre el NO₂ y los ingresos hospitalarios en la población infantil, poco estudiada en los diferentes trabajos. El NO₂ presente en el aire de las ciudades proviene, en su mayor parte, de la oxidación del NO, cuya fuente principal son las emisiones originadas en los motores de combustión de los automóviles, sobre todo los diésel¹⁷. Constituye, pues, un buen indicador de la contaminación debida al tráfico rodado y, además, interviene como precursor de otros contaminantes importantes.

En el Reino Unido se ha estimado un efecto en la mortalidad equivalente atribuible al NO de alrededor de 29.000 muertes¹⁸. En un metaanálisis sobre el efecto de la contaminación atribuible al tráfico sobre el asma en niños se concluye que el incremento en la exposición al NO₂ se asocia al asma de aparición temprana¹⁹.

La legislación europea sobre la calidad del aire establece dos tipos de valores límite para la contaminación por NO₂: uno anual y otro horario. El valor límite anual de contaminación por NO₂ para la protección de la salud humana está fijado en 40 µg/m³ de concentración media anual. Según los datos recopilados por la red de medición de la contaminación atmosférica de Madrid, en 2015, 13 de las 24 estaciones que miden este contaminante rebasaron el valor límite anual, y dos estaciones más lo igualaron. Los valores más altos se alcanzaron en estaciones de tráfico, dejando claro dónde se sitúa el origen del problema, y los más bajos se registraron en los grandes parques y áreas naturales adyacentes a la ciudad²⁰.

Encontramos otros estudios que muestran una relación con los procesos de NO^{21,22}, si bien éstos se centran únicamente en las exacerbaciones asmáticas y utilizan concentraciones máximas en una hora.

Las diferentes publicaciones sobre este tema se centran fundamentalmente en las PM_{2.5} y PM₁₀, especialmente en las primeras, que tienen un origen antropogénico, y se estima que el 70-80% derivan de la combustión de motores diésel en los vehículos. En nuestro estudio no resultaron ser significativas. En cambio, en otro estudio realizado en la población de Madrid²³ sí se halló significación estadística con estas partículas, quizá porque se registraban valores medios diarios y no promedios mensuales, y la metodología empleada fue diferente. Al realizar estos estudios es importante considerar que el efecto entre las variables dependientes e independientes puede no ser simultáneo²⁴.

Entre las limitaciones de este estudio, cabría mencionar el hecho de haber utilizado promedios mensuales y no registros diarios. La estación de medida se sitúa a menos de 100 m del hospital, por lo que la hemos considerado representativa del área de salud de la que es referencia, si bien la zona de residencia de los pacientes podría no corresponder necesariamente al área cercana al hospital. No obstante, se analizaron el

resto de estaciones dentro del municipio de Madrid, un total de 24, y se observó que existía una elevada correlación entre los valores detectados en los distintos contaminantes (para el NO₂ de 0,949; p < 0,001). Por otra parte, sólo se incluyeron los casos más graves de enfermedades respiratorias, es decir, las que precisan un ingreso hospitalario. Es importante resaltar otros posibles factores de confusión, como las vacaciones escolares, la exposición a alérgenos, como pólenes, y los virus respiratorios estacionales, como el de la gripe. En el caso de esta última variable se realiza el test para su detección en todos los ingresos con clínica sugestiva. En nuestro centro sólo estaba presente en 148 de los 7.103 ingresos (un 2,08% del total), por lo que su influencia puede considerarse mínima. Por último, cabe citar la limitación propia de los estudios ecológicos, en los que se infiere la naturaleza de los individuos a partir de las estadísticas agregadas del grupo al que pertenecen.

El efecto negativo que tiene la temperatura en la regresión lineal coincide con lo publicado por otros autores²⁵, y podría explicarse fácilmente por el hecho de que las temperaturas bajas favorecen la propagación de determinados virus y, con ello, las infecciones respiratorias de las vías bajas, que son una causa frecuente de ingreso en la infancia.

En conclusión, se encontró una relación entre los ingresos totales, los producidos por neumonías, crisis asmáticas y bronquiolitis, y los niveles de contaminación atmosférica en nuestra muestra. Creemos que es necesario actualizar los niveles máximos permitidos, tomar medidas para reducir los niveles actuales y asegurarse del cumplimiento de la legislación actual, con lo que podrían evitarse muchos ingresos pediátricos. Asimismo, sería conveniente realizar estudios más amplios junto con un mayor control de los factores de confusión para reforzar estos datos. ■

Bibliografía

1. Royal College of Physicians. Every breath we take: the lifelong impact of air pollution. Report of a working party. Londres: RCP, 2016; 18.
2. Pascal M, Corso M, Chanel O, Declercq C, Badalona C, Cesaron G, et al. Assessing the public health impact of urban air pollution in 25 European cities: results of the APHEKOM project. *Sci Total Environ*. 2013; 449: 390-400.
3. Pérez L, Sunver J, Künzli N. Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). *Gac Sanit*. 2009; 23(4): 287-294.
4. World Health Organization. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005: summary of risk assessment [consultado el 1 de junio de 2017]. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?ua=1
5. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Anexos I y II. 2011 [consultado el 20 de mayo de 2016]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2011/01/29/pdfs/BOE-A-2011-1645.pdf>

6. Trasande L, Thurston GD. The role of air pollution in asthma and other pediatric morbidities. *J Allergy Clin Immunol*. 2005; 115(4): 689-699.
7. Samoli E, Nastos PT, Paliatsos AG, Katsouyanni K, Priftis KN. Acute effects of air pollution on pediatric asthma exacerbation: evidence of association and effect modification. *Environ Res*. 2011; 111: 418-424.
8. Chauhan AJ, Inskip HM, Linaker CH, Smith S, Schreiber J, Johnston SL, et al. Personal exposure to nitrogen dioxide (NO₂) and the severity of virus-induced asthma in children. *Lancet*. 2003; 361: 1.939-1.944.
9. Chen Z, Salam MT, Eckel SP, Breton CV, Gilliland FD. Chronic effects of air pollution on respiratory health in Southern California children: findings from the Southern California Children's Health Study. *J Thorac Dis*. 2015; 7: 46-58.
10. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health. 2014 [consultado el 20 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>
11. Hrubá F, Fabianova E, Koppova K, Vandenberg J. Childhood respiratory symptoms, hospital admissions, and long-term exposure to airborne particulate matter. *J Exp An Environ Epidemiol*. 2001; 11: 33.
12. Pablo-Romero MP, Román R, González Limón JM, Praena-Crespo M. Effects of fine particles on children's admissions for respiratory health in Seville, Spain. *J Air Waste Management Association*. 2015; 65(4): 436-444.
13. Zheng XY, Ding H, Jiang LN, Chen SH, Zheng JP, Qiu M, et al. Association between air pollutants and asthma emergency room visits and hospital admissions in time series studies: a systematic review and meta-analysis. *Plos One*. 2015; 10(9): e0138146.
14. Lee SL, Wong WHS, Lau YL. Association between air pollution and asthma admission among children in Hong Kong. *Clin Exp Allergy*. 2006; 36: 1.138-1.146.
15. Ayuntamiento de Madrid. Sistema Integral de la Calidad del Aire. 2016 [consultado el 20 de mayo de 2016]. Disponible en: www.mambiente.munimadrid.es/sica/scripts/index.php
16. World Health Organization. Review of evidence on health aspects of air pollution: REVIHAAP project. Technical report. Denmark: WHO Regional Office for Europe, 2013.
17. Carslaw DC, Rhys-Tyler G. NO₂: new insights from comprehensive on-road measurements of NO_x, NO₂ and NH₃ from vehicle emission remote sensing in London, UK. *Atmospheric Environment*. 2013; 81: 339-347.
18. Department for Environment Food and Rural Affairs. Valuing impacts on air quality: updates in valuing changes in emissions of oxides of nitrogen (NO_x) and concentrations of nitrogen dioxide (NO₂). Londres: Defra, 2015.
19. Gasana J, Dillikar D, Mendy A, Forno E, Ramos Vieira E. Motor vehicle air pollution and asthma in children: a meta-analysis. *Environ Res*. 2012; 117: 36.
20. Ecologistas en Acción. Calidad del aire en la ciudad de Madrid, 2015 [consultado el 20 de mayo de 2016]. Disponible en: http://www.ecologistasenaccion.es/IMG/pdf/info_calidad-aire_madrid-2015.pdf
21. Magas OK, Gunter JT, Regens JL. Ambient air pollution and daily pediatric hospitalizations for asthma. *Env Sci Pollut Res*. 2007; 1: 19-23.
22. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arca M, et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. *Eur Respir J*. 2001; 17: 1.143-1.150.
23. Linares C, Díaz J. 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. *Gac Sanit*. 2009; 23(3): 192-197.
24. Morgenstern V, Zutavern A, Cyrys J, Brockow I, Gehring U, Koletzko S, et al. Respiratory health and individual estimated exposure to traffic related air pollutants in a cohort of young children. *Occup Environ Med*. 2007; 64: 1-2.
25. Téllez-Rojo MM, Romieu I, Polo-Peña M, Ruiz-Velasco S, Meneses-González F, Hernández-Ávila M. Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México. *Salud Publica Mex*. 1997; 39: 513-522.