



Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico

Marciano Sánchez Bayle^a, Raquel Martín Martín^b, Enrique Villalobos Pinto^c

Publicado en Internet:
15-enero-2019

Raquel Martín Martín:
raquelmartin333@hotmail.com

^aPediatra. Fundación para la Investigación, Estudio y Desarrollo de la Salud Pública. Madrid. España

^bPediatra. CS Párroco Julio Morate. Madrid. España • ^cServicio de Pediatría. Hospital Niño Jesús.

Madrid. España.

Resumen

Objetivo: estudiar la relación existente entre los niveles de contaminantes atmosféricos y los ingresos hospitalarios pediátricos totales y por patología respiratoria en particular.

Pacientes y métodos: estudio ecológico en el cual la variable dependiente analizada han sido los ingresos pediátricos generales y aquellos por patología respiratoria, concretamente neumonías, crisis asmáticas y bronquiolitis, en un hospital del centro de Madrid durante seis años (2012-2017). Como variables independientes se estudiaron los valores promedio de contaminantes ambientales registrados en la ciudad de Madrid. Se calcularon coeficientes de correlación y regresión lineal múltiple. Se comparó el promedio de ingresos cuando los valores de dióxido de nitrógeno (NO₂) eran superiores e inferiores a 40 µg/m³.

Resultados: durante el periodo de tiempo estudiado se registraron 10 512 ingresos en Pediatría general, 5328 (50,68%) causados por procesos respiratorios. Se encontró una correlación entre los niveles de NO₂, CO, benceno y los ingresos hospitalarios totales y respiratorios en todos los casos con un valor de $p < 0,0001$. En la regresión lineal múltiple los ingresos totales se relacionaron con los niveles de NO₂ positiva y negativamente con la temperatura, en relación con los ingresos respiratorios se incrementan con los niveles de NO₂ y benceno y disminuyen con la temperatura. Se calculó que si los niveles de NO₂ no hubieran superado en ningún mes los niveles de 40 µg/m³ se podrían haber evitado el 8,37% (IC 95: 7,77 a 8,98) de los ingresos totales y el 6,73% (IC 95: 6 a 7,52) de los ingresos respiratorios.

Conclusiones: se encontró una relación entre los ingresos totales y por enfermedad respiratoria en la infancia y los niveles de contaminantes atmosféricos, especialmente NO₂. La mejora de la calidad del aire podría evitar un porcentaje significativo de ingresos pediátricos y propiciarla debería ser tarea prioritaria para los pediatras.

Palabras clave:

- Contaminación medioambiental
- Enfermedades respiratorias
- Ingresos hospitalarios

Impact of environmental contamination on pediatric hospital admissions: ecological study

Abstract

Objective: to study the relationship between air pollution levels and total pediatric hospital admissions and due to respiratory pathologies in particular.

Patients and methods: ecological study in which the dependent variable analyzed was total pediatric admissions and those due to respiratory pathologies, specifically pneumonias, asthma attacks, bronchiolitis, in a hospital in the centre of Madrid and for 6 years (2012-2017). As independent variables, the average values of environmental pollutants registered in the city of Madrid were studied. Correlation coefficients and multiple linear regression were calculated. The average hospital admissions was compared when the values of nitrogen dioxide (NO₂) were higher and lower than 40 µg/m³.

Results: during the period of the study, there were a total of 10 512 admissions in general pediatrics, out of which 5328 (50.68%) caused by respiratory processes. A correlation was found between the levels of NO₂, CO, benzene and the total and respiratory-related hospital admissions in all cases with a value of $p < 0.0001$. In the multiple linear regression, the total admissions were related to NO₂ levels positively and negatively with the temperature. As for the admissions due to respiratory pathology, they increase with the levels of NO₂ and benzene and decrease with temperature. It was calculated that if the levels of NO₂ had not exceeded 40 µg/m³ in any month, 8.37% (95 CI: 7.77-8.98) of the total admissions and 6.73% (95 CI: 6-7.52) of respiratory-related admissions could have been avoided.

Conclusions: a relation was found between the total pediatric hospital admissions and those due to respiratory pathologies and the levels of air pollutants, especially NO₂. The improvement of air quality could prevent a significant percentage of pediatric admissions. It should be a priority for pediatricians to encourage the improvement of air quality.

Key words:

- Environmental pollution
- Hospital admissions
- Respiratory diseases

Cómo citar este artículo: Sánchez Bayle M, Martín Martín R, Villalobos Pinto E. Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico. Rev Pediatr Aten Primaria. 2019;21:21-9.

INTRODUCCIÓN

La salud es un derecho fundamental del ser humano y respirar un aire limpio contribuye a ello en buena medida¹. La calidad del aire se ve alterada notablemente por la presencia en el mismo de una serie de sustancias de diversa naturaleza que resultan tóxicas para la salud y que conocemos como contaminantes². La contaminación medioambiental supone, por lo tanto, una concentración excesiva en la atmósfera de dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), hidrocarburos como el benceno, y las partículas en suspensión de tamaño inferior a 2,5 μ y 10 μ, entre otros. En las grandes ciudades, como es el caso de Madrid^{3,4}, la polución es noticia habitual y la prensa publica imágenes donde la famosa boina refleja la suciedad del aire que respiramos. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁵, la Agencia Europea de Medio Ambiente y organizaciones como Ecologistas en Acción⁶, emiten periódicamente informes con datos obtenidos de manera objetiva e informan y alertan sobre los efectos nocivos que tiene la polución atmosférica para la población en general y para la infancia en particular.

“¡No contamines mi futuro!”⁷ y “Herencia de un mundo sostenible: atlas sobre salud infantil y medio ambiente”⁸ constituyen dos de los últimos informes de la OMS sobre riesgos medioambientales que afectan a la población infantil y en ellos se hace hincapié en la vulnerabilidad de este colectivo. Ciertas características anatomofisiológicas marcadas por la inmadurez de sus sistemas y aparatos, así como unos comportamientos propios de la infancia (los niños más pequeños gatean, se llevan a la boca las manos y objetos variados) y también aspectos sociales en sus hábitos de vida (pasan mucho tiempo al aire libre) son la razón por la cual son menos capaces que los adultos de neutralizar y eliminar de su organismo los contaminantes externos⁹.

Cada vez son más numerosos los estudios que pretenden contribuir a producir un cuerpo creciente de evidencias científicas que en un momento determinado se puedan traducir en políticas de salud

pública¹⁰. Establecer un vínculo causal entre factores ambientales y sus efectos perjudiciales para la salud plantea muchas dificultades y, teniendo en cuenta el elevado coste que supone atender las enfermedades derivadas de la mala calidad del aire que respiramos¹¹, el objetivo de nuestro trabajo ha sido analizar la influencia de la contaminación medioambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos en general y concretamente los ingresos por procesos respiratorios como las neumonías, las bronquiolitis y las crisis asmáticas. Asimismo, hemos analizado los ingresos que se habrían conseguido evitar en el caso de no haber superado los niveles de NO₂ de 40 μg/m³, que es el nivel máximo de este contaminante que recomienda la OMS.

PACIENTES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio ecológico, realizado con los datos obtenidos de los informes de alta del Servicio de Pediatría General del Hospital Infantil del Niño Jesús, situado en el centro de Madrid. Se han seleccionado y considerado como la variable dependiente del estudio los ingresos hospitalarios pediátricos en general y concretamente los ingresos producidos por patologías respiratorias como neumonías, bronquiolitis y crisis asmáticas en pacientes de 0 a 18 años de edad y durante el periodo comprendido entre el 1 de enero del 2012 y el 31 de diciembre del 2017 (72 meses).

Los datos referentes a la contaminación medioambiental se han obtenido de la página web del Ayuntamiento de Madrid¹² (Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad), Dirección General de Sostenibilidad y Planificación de la Movilidad, Servicio de Protección de la atmósfera. Los datos empleados en este estudio de los diferentes contaminantes (NO₂, SO, CO, benceno y partículas en suspensión de tamaño inferior a 2,5 μ y 10 μ) incluyendo además la temperatura y durante los meses a estudio, han sido los valores promedio mensuales de las 24 estaciones remotas automáticas que recogen la información básica para la vigilancia atmosférica en la ciudad de Madrid. Hemos considerado que de esta forma se valora mejor el contenido

ambiental al que se ven sometidos los niños que ingresan en el hospital puesto que proceden de todos los ámbitos de la ciudad. Se calculó además el número de ingresos que podrían haberse evitado en el caso de que en ninguno de los meses estudiados se hubieran alcanzado los niveles de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 .

El análisis estadístico de los datos se realizó aplicando el programa SPSS 15.0. Los datos básicos se expresaron en medias y desviaciones estándar en el caso de las variables cuantitativas y en números y porcentajes en el caso de las variables cualitativas. Se calcularon los intervalos de confianza del 95% (IC 95).

Las comparaciones entre las variables cuantitativas se realizaron mediante el test de Mann-Whitney después de comprobar que no se ajustaban a una distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov). En las que se realizaron entre las variables cualitativas se utilizó la prueba de χ^2 . Se consideró significación estadística para p valores inferiores a 0,05.

Se analizaron los coeficientes de correlación de Spearman entre todas las variables cuantitativas estudiadas.

Posteriormente se realizó un análisis multivariante mediante regresión lineal múltiple, partiendo del modelo máximo y retirando de una en una las variables que no tenían significación estadística ($p < 0,05$). Se calculó el número de ingresos evitables si los niveles de NO_2 no hubieran superado los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

RESULTADOS

En el periodo de tiempo estudiado hubo un total de 10 512 ingresos en Pediatría general, 5328 de ellos (50,68%) causados por procesos respiratorios. El rango de edad de los pacientes era de 0-18 años, con una edad media de 2,84 años de los pacientes ingresados en general y de 2,38 años en el caso de los pacientes ingresados por patología respiratoria.

En la **Tabla 1** se muestra el análisis descriptivo de las variables incluidas en nuestro trabajo. La media de ingresos por mes fue de 142 en los ingresos totales y de 72 en los ingresos respiratorios. Se observa una gran variabilidad entre los valores mensuales del número de ingresos totales y respiratorios y del nivel de los contaminantes (como se observa en la diferencia entre los valores máximo y mínimo de todas estas variables). La **Tabla 2** recoge los coeficientes de correlación de Spearman encontrados entre los contaminantes, la temperatura y los ingresos totales y respiratorios. El NO_2 , el CO, el benceno y la temperatura presentaron coeficientes de correlación con una significación estadística $< 0,0001$ (en el último caso negativa) SO_2 y partículas materiales con un diámetro $< 10 \mu$ (PM 10) también tuvieron correlaciones con significación estadística (en el segundo caso, PM10 negativa) y solo las partículas materiales con un diámetro $< 2,5 \mu$ (PM 2,5) no tuvieron correlación con ninguno de los dos tipos de ingresos analizados.

Tabla 1. Datos estadísticos descriptivos de las variables incluidas en nuestro estudio

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Ingresos totales mensuales (n)	32	277	142,1667	54,25775
Ingresos por patología respiratoria mensuales (n)	5	213	72,2833	51,37502
Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,20	1,80	0,7617	0,42748
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	19	8,0833	4,20771
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,10	0,70	0,4033	0,14018
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	157	43,2667	30,63501
PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	44	23,3725	8,13378
PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	26	13,7241	4,34799
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	5,40	30	15,7968	7,28142

CO: monóxido de carbono; NO_2 : dióxido de nitrógeno; PM 10: partículas materiales con un diámetro $< 10 \mu$; PM 2,5: partículas materiales con un diámetro $< 2,5 \mu$; SO_2 : dióxido de azufre.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre contaminantes y temperatura con ingresos totales y respiratorios

	Ingresos totales	Ingresos respiratorios
NO ₂	0,564 <i>p</i> < 0,0001	0,597 <i>p</i> < 0,0001
PM 10	- 0,391 <i>p</i> = 0,005	0,277 <i>p</i> = 0,049
PM 25	-0,146 <i>p</i> = 0,274	-0,014 <i>p</i> = 0,915
CO	0,669 <i>p</i> < 0,0001	0,648 <i>p</i> < 0,0001
SO ₂	0,378 <i>p</i> = 0,003	0,443 <i>p</i> < 0,0001
Benceno	0,633 <i>p</i> < 0,0001	0,672 <i>p</i> < 0,0001
Temperatura (°C)	-0,813 <i>p</i> < 0,0001	-0,732 <i>p</i> < 0,0001

CO: monóxido de carbono; NO₂: dióxido de nitrógeno; PM 10: partículas materiales con un diámetro <10 µ; PM 2,5: partículas materiales con un diámetro <2,5 µ; SO₂: dióxido de azufre.

Se constató que los meses en los que los niveles de NO₂ eran igual o superiores a 40 µ/m³ el porcentaje de ingresos fue mayor de manera significativa que el de los meses en que no se alcanzaron estos niveles.

Se realizaron estudios de regresión lineal múltiple tanto para los ingresos totales como para los respiratorios (Tablas 3 y 4) en las que se observa que para los ingresos totales presentaron significación estadística los valores de NO₂ (asociación positiva) y la temperatura (negativa). En el caso de los ingresos respiratorios se mantuvieron en el modelo los

valores de NO₂ y el benceno (valores positivos) y la temperatura (negativos).

Las Figs. 1 y 2 recogen las curvas característica operativa del receptor (COR) de los valores obtenidos en la regresión lineal múltiple para los ingresos totales ABC = 0,884 (IC 95: 0,795 a 0,973; *p* < 0,0001) y los ingresos por patología respiratoria por encima de la media, ABC = 0,929 (IC 95: 0,864 a 0,994; *p* < 0,0001).

La cifra de ingresos totales evitables si el NO₂ hubiera sido inferior a 40 µg/m³ fue de 880 y de ellos 360 (40,90%) por procesos respiratorios (Tabla 5). Finalmente se calculó el porcentaje de ingresos evitables si los valores de NO₂ hubieran sido inferiores a 40 µg/m durante todo el periodo de tiempo estudiado, que fueron el 8,37% de los ingresos totales (IC 95: 7,77 a 8,98) y el 6,73% (IC 95: 6-7 a 52) de los ingresos respiratorios.

DISCUSIÓN

En 2005 la OMS estableció unos valores límites recomendados para cada uno de los contaminantes, con la advertencia de que la presencia de dichas sustancias por encima de dichos valores supone un grave riesgo para el equilibrio medioambiental¹³, entendiéndose por medioambiente el espacio donde se desarrolla la vida y que incluye el aire, el agua, el suelo, los seres vivos y las relaciones que se crean entre ellos. La contaminación es responsable

Tabla 3. Resultados de la regresión lineal múltiple para ingresos totales

	Coefficiente β	Intervalo de confianza del 95%	<i>p</i>
NO ₂	1,113	0,385 a 1,841	0,003
Temperatura	-5,151	-6,354 a -3,949	0,0001

NO₂: dióxido de nitrógeno.

R²= 0,709, *p* < 0,0001.

Tabla 4. Resultados de la regresión lineal múltiple para ingresos respiratorios

	Coefficiente β	Intervalo de confianza del 95%	<i>p</i>
NO ₂	0,411	0,025 a 0,797	0,037
Benceno	31,041	2,187 a 59,896	0,035
Temperatura	-3,178	-4,639 a -1,718	<0,0001

NO₂: dióxido de nitrógeno.

R²= 0,651, *p* < 0,0001.

Tabla 5. Comparación entre los ingresos pediátricos totales y respiratorios según valores de NO₂ de ≥40 µg/m³

	Nivel (µg/m ³)	n	Media	Desviación típica	p
Ingresos totales	≥40	52	147,7609	57,41319	0,011
	<40	20	123,7857	38,41910	
Ingresos respiratorios	≥40	52	78,8261	55,64822	0,010
	<40	20	50,7857	24,70185	

de casi dos millones de muertes infantiles cada año en el mundo y más de 30 000 en Europa, según la OMS¹⁴.

Dada la importancia del tema, desde hace años se vienen desarrollando por parte de organismos internacionales, gobiernos, grupos de investigación una serie de estrategias y proyectos centrados en factores ambientales concretos y relacionados con la infancia, que es la población más vulnerable^{15,16}. De especial interés en nuestro país es el proyecto Infancia y Medio Ambiente (INMA)¹⁷ que se inicia en 1998. Consiste en una red con varias líneas de investigación abiertas y está dirigido por Jordi Sunyer *et al.* Comenzó estudiando a las madres gestantes de 4000 niños y hace un seguimiento del

papel de los contaminantes en las patologías que presentaban hasta los 18 años relacionándolas con los niveles de polución atmosférica. Las conclusiones de todos los proyectos y estudios realizados es que el desarrollo físico, social e intelectual del niño requiere un ambiente protegido y protector, por lo cual la contaminación constituye el mayor riesgo para la salud infantil.

La bibliografía consultada sobre el tema suele hacer referencia a la relación existente entre las enfermedades del aparato respiratorio infantil¹⁸⁻²⁰, por ser las más frecuentes, especialmente las crisis asmáticas y la contaminación atmosférica, de tal forma que los ingresos hospitalarios por esta causa aumentan notablemente coincidiendo con los

Figura 1. Curva COR de los valores obtenidos en la regresión lineal múltiple para los ingresos respiratorios por encima de la media

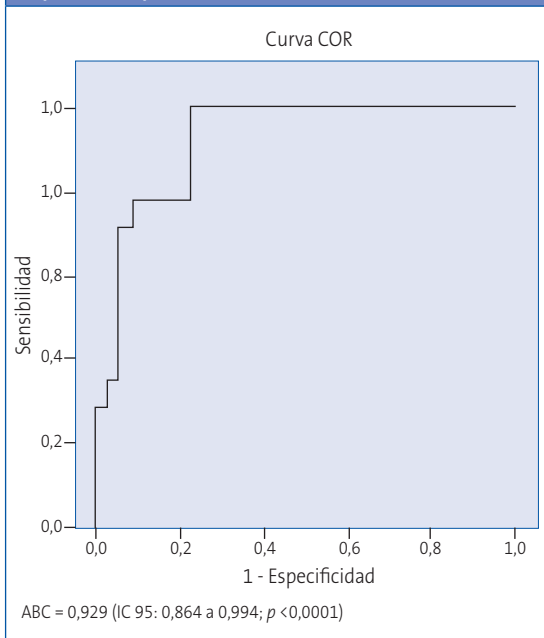
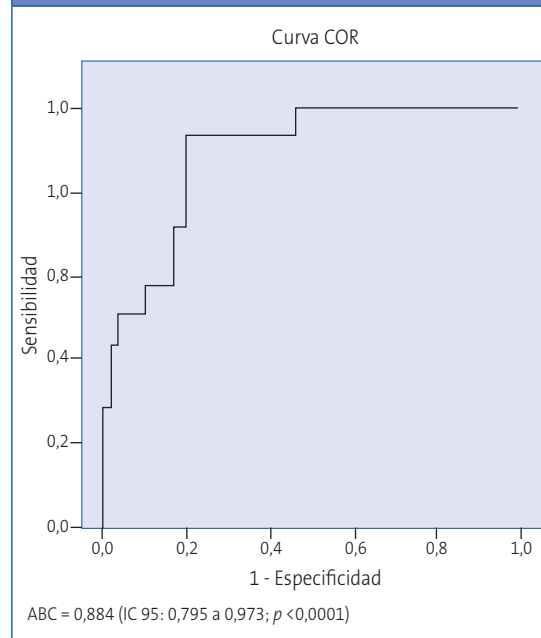


Figura 2. Curva COR de los valores obtenidos en la regresión lineal múltiple para los ingresos totales por encima de la media



picos de contaminación²¹⁻²²; nuestros resultados coinciden en ese sentido. Nuestro estudio muestra también un incremento de los ingresos totales, es decir, que incluimos los ingresos por otras causas que se ven incrementados cuando los niveles de CO, benceno y NO₂ se elevan. Negrisoli *et al.*²³ han encontrado un aumento de los ingresos por neumonías en concreto. Otras investigaciones asocian la contaminación atmosférica con otro tipo de patologías, Kaplan *et al.*²⁴ relacionan algunos casos de apendicitis con la exposición al ambiente contaminado. Son numerosos los estudios que alertan sobre la influencia en la capacidad de atención en los niños que se vería disminuida en los días en que están expuestos a mayores índices de polución²⁵⁻²⁷. Mortamais *et al.*²⁸ han encontrado relación con el déficit de atención y la hiperactividad. El trabajo de Yang *et al.*²⁹ relaciona el aire contaminado con el autismo.

El informe emitido por la organización Ecologistas en Acción sobre la calidad del aire en España durante 2016³⁰ pone de manifiesto que las administraciones no actúan con la suficiente contundencia, por eso en 2015 la Comisión Europea inició un procedimiento de infracción contra España por el incumplimiento de la normativa sobre la calidad del aire respecto al NO₂, contaminante que procede sobre todo de las emisiones de los vehículos.

Los resultados de nuestro estudio confirman los niveles excesivos de NO₂, CO y benceno registrados en las estaciones de medición situadas en la ciudad. Estos resultados son similares a los encontrados por Martín Rivada *et al.*³¹ en su trabajo. La mayoría de la bibliografía seleccionada sobre efectos de la polución en la infancia son estudios que se han realizado en hospitales y suponen, por lo tanto, los casos de pacientes con mayor grado de afectación.

Se han señalado recientemente los resultados obtenidos en las consultas de Atención Primaria³² por patología respiratoria y los valores de contaminantes, la patología ambulatoria pone de manifiesto los casos menos graves y por tanto los más habituales. Independientemente del ámbito donde se realice el estudio, se ha encontrado una relación

significativa entre ingresos totales e ingresos respiratorios, además de las consultas ambulatorias, con los elevados niveles de contaminantes, especialmente el NO₂ por encima de los 40 g/m³. En los últimos años, las estaciones de la capital ofrecen datos que rebasan los límites recomendados por la Unión Europea (UE) que, por otro lado, son incluso más permisivos que los valores máximos recomendados por la OMS y, por lo tanto, más protectores. Las ciudades españolas por lo general sobrepasan los niveles de NO₂ deseables y el estudio de Linares *et al.*³³ muestra cómo está influyendo a corto plazo en las cifras de mortalidad de la población. En España y en el espacio de tiempo comprendido entre los años 2000 y 2009, una reciente investigación de Díaz *et al.*³⁴ relaciona la concentración de ozono atmosférico con el incremento de la mortalidad por patología cardiorrespiratoria.

El efecto negativo que tiene la temperatura en la regresión lineal de nuestro trabajo es posible que esté relacionado con el hecho de que las bajas temperaturas favorecen la propagación de ciertos virus y por lo tanto con las infecciones respiratorias, que son la causa más frecuente de ingreso en la infancia³⁵.

El informe emitido por el Ministerio³⁶ respecto al NO₂ en el Estado español en 2016 presenta una mejora respecto al año anterior, sin embargo, y concretamente en las grandes ciudades como Madrid, se superan los valores protectores que recomienda la OMS para diferentes sustancias contaminantes.

Se trata de unir esfuerzos, aumentando la colaboración entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales y organismos internacionales, así como la aportación de los estudios llevados a cabo por profesionales de la salud.

El índice de desempeño ambiental, Environmental Performance Index³⁷, con 20 años de experiencia, sitúa en 2018 a España en el puesto 12 de 180 países. Este informe es emitido cada dos años por la Universidad de Yale y evalúa las políticas de conservación de ecosistemas y desempeño ambiental de un país.

Las Unidades de Salud Medioambiental Pediátrica en Europa³⁸⁻³⁹, creadas en EE. UU. en 1998 son unidades clínicas donde profesionales, incluidos pediatras, evalúan y reconocen la influencia de factores medioambientales en la patología de los pacientes, con lo cual ratifican la posición privilegiada del pediatra en el ámbito de la salud medioambiental con el fin de proteger a la infancia. Nuestro estudio tiene las limitaciones propias de los estudios ecológicos; la fundamental es que toman a la población como unidad de estudio, es decir, que observamos la asociación entre una exposición y sus resultados en un grupo de población, sin embargo, no es posible relacionar de manera individual la exposición de un individuo con su estado de salud. Como novedad, introducimos los datos obtenidos a lo largo de estos años sobre los ingresos evitables tanto generales como por patología respiratoria.

En conclusión, los resultados de nuestro estudio ratifican que existe una relación entre los ingresos pediátricos y los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad, de tal manera que los picos de contaminación aumentan los ingresos hospitalarios generales y respiratorios y que dichos ingresos disminuyen cuando los niveles de NO₂ en concreto

descienden. Además, nuestro trabajo pone de manifiesto que controlar la polución evita en muchos casos ingresos hospitalarios. La contaminación es perjudicial incluso a niveles bajos y a corto plazo, sin que exista un umbral sin efectos adversos para la salud de las personas⁴⁰. Teniendo en cuenta que la fuente principal de NO₂ es el tráfico rodado, en las grandes ciudades se impone controlar y reducir este, aportando medidas que favorezcan otras opciones de movilidad ciudadana. La relación entre salud y medio ambiente debería de considerarse como parte esencial de las decisiones estratégicas en materia de política económica y de desarrollo global.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no presentar conflictos de intereses en relación con la preparación y publicación de este artículo.

ABREVIATURAS

CO: monóxido de carbono • **COR**: característica operativa del receptor • **IC 95**: intervalo de confianza del 95% • **NO₂**: dióxido de nitrógeno • **OMS**: Organización Mundial de la Salud • **PM 10**: partículas materiales con un diámetro <10 μ • **PM 2,5**: partículas materiales con un diámetro <2,5 μ • **SO₂**: dióxido de azufre.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gascón M, Sunyer J. Contaminación del aire y salud respiratoria en niños. *Arch Bronconeumol*. 2015;5: 371-2.
2. Oyarzún M. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev Chil Enf Resp*. 2010;26:16-25.
3. Caballero F. La contaminación aumenta en 2017 en Madrid e incumple por octavo año consecutivo la normativa europea. En: *Eldiario.es* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.eldiario.es/contaminación-Madrid-incumple-consecutivo-normativa_0_730027237.html
4. Cerrillo A. La población urbana expuesta a aire sucio es, según la OMS, 8 veces superior a lo que dicen los datos de la UE. En: *La Vanguardia* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.lavanguardia.com/natural/20161124/412124325578/polucion-habitantes-ciudades-oms-ue.html
5. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. En: Organización Mundial de la Salud [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en [www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
6. La calidad del aire en la ciudad de Madrid, 2017. En: *Ecologistas en Acción* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/info-calidad-aire-madrid-2017.pdf
7. ¡No contamines mi futuro! El impacto de los factores medioambientales en la salud infantil. En: Organización Mundial de la Salud [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en <http://apps.who.int/iris/handle/10665/260430>

8. ¿La herencia de un mundo sostenible? Atlas sobre salud infantil y medio ambiente. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018.
9. Linares C, Díaz J. Efectos 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;23:192-7.
10. Sunyer J, Ribas-Fito N. Efectos ambientales en la salud infantil. En: *El País* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en <https://elpais.com/diario/2003/04/08/salud/1049752802-850215.html>
11. Informe del Lancet Countdown sobre salud y cambio climático, 2017. El inicio de una transformación a nivel mundial para la salud pública después de 25 años de pasividad. En: *The Lancet* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.thelancet.com/pb/assets/raw/Lancet/Hubs/climate-change/Lancet_Countdown_2017_Executive_Summary_Spanish.pdf
12. Sistema Integral de la Calidad del Aire, 2016. En: Ayuntamiento de Madrid [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.mambiente.munimadrid.es/sica/scripts/index.php.
13. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrógeno dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. En: Organización Mundial de la Salud [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=46BF13BC6C7FF027BFBB842A8F7D2BE?sequence=1.
14. Las consecuencias de la contaminación ambiental: 1,7 millones de defunciones infantiles anuales, según la OMS, 6 de marzo de 2017. En: Organización Mundial de la Salud [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.who.int/es/news-room/detail/06-03-2017-the-cost-of-a-polluted-environment-1-7-million-child-deaths-a-year-says-who
15. The Lancet. Turning climate change legislation into public health policy. *Lancet.* 2018;391:1865.
16. Sandín Vázquez M, Sarriá Santamera A. Evaluación de impacto en salud y medio ambiente. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS). Madrid: Instituto de Salud Carlos III; 2007.
17. Ramón R, Ballester F, Rebagliato M, Ribas N, Torrent M, Fernández M, *et al.* La red de investigación “Infancia y medioambiente” (Red INMA): protocolo de estudio. *Rev Esp Salud Pública.* 2005;79:203-20.
18. Gavidia T, Pronczuk J, Sly PD. Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente. *Rev Chil Enf Resp.* 2009;25:99-108.
19. Vargas S, Onatra W, Osorno L, Páez E, Sáenz O. Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores. *Revista UDCA. Actualidad y Divulgación Científica.* 2008;11:31-45.
20. Salazar-Ceballos A, Álvarez-Miño L. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños de la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. *Revista Facultad de Ciencias de la Salud.* 2011;8:127-42.
21. Haneen J, Nieuwenhuijsen MJ. Traffic-related air pollution and childhood asthma: recent advances and remaining gaps in the exposure assessment methods. *Int Environ Res Public Health.* 2017;14:312.
22. Elizalde-Beiras I, Guillén-Grima F, Aguinaga-Ontoso I. Factores asociados al asma en los niños y adolescentes en la zona rural de Navarra (España). *Aten Primaria.* 2018;50:332-9.
23. Negrisoli J, Fernando L, Nascimento C. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. *Rev Paul Pediatr.* 2013;31:501-6.
24. Kaplan GG, Dixon E, Panaccione R, Fong A, Chen L, Szyszkowicz M, *et al.* Effect of ambient air pollution on the incidence of appendicitis. *CMAJ.* 2009;181:591-7.
25. Costa LG, Cole TB, Coburn J, Chang Y, Dao K, Roqué PJ. Neurotoxicity of traffic-related air pollution. *Neurotoxicology.* 2017;59:133-9.
26. Sunyer J, Esnaola M, Álvarez-Pedrerol M, Fornis J, Rivas I, López-Vicente M, *et al.* Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Med.* 2015;12:e1001792.
27. Suades-González E, Gascón M, Guxens M, Sunyer J. Air pollution and neuropsychological development: a review of the latest evidence. *Endocrinology.* 2015; 156:3473-82.
28. Mortamais M, Pujol J, van Drooge BL, Macia D, Martínez-Vilavella G, Reynes C, *et al.* Effect of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons on basal ganglia and attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in primary school children. *Environ Int.* 2017;105:12-9.

29. Yang C, Zhao W, Deng K, Zhou V, Zhou X, Hou Y. The association between air pollutants and autism spectrum disorders. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017;24:15949-58.
30. La calidad del aire en el Estado español durante 2017. En: *Ecologistas en Acción* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.ecologistasnacion.org/wp-content/uploads/2018/06/informe-calidad-aire-2017.pdf
31. Martín Rivada A, Sánchez Bayle M, Villalobos Pinto E, Calleja Gero ML. Contaminación ambiental e ingresos pediátricos en un área urbana. *Acta Pediatr Esp*. 2018;76:44-9.
32. Martín Martín R, Sánchez Bayle M. Impacto de la contaminación ambiental en las consultas pediátricas de Atención Primaria: estudio ecológico. *An Pediatr (Barc)*. 2017;89:80-5.
33. Linares C, Falcón I, Ortiz C, Díaz J. An approach estimating the short-term effect of NO₂ on daily mortality in Spanish cities. *Environ Int*. 2018;116:18-28.
34. Díaz J, Ortiz C, Falcón I, Salvador C, Linares C. Short-term effect of tropospheric ozone on daily mortality in Spain. *Atmospheric Environ*. 2018;187:107-16.
35. García García ML, Korta Murua J, Callejón A. Bronquiolitis aguda viral. *Protoc Diagn Ter Pediatr*. 2017;1:85-102.
36. Evaluación de la calidad del aire en España 2016. En: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en www.mapama.gob.es
37. Hsu A, Zomer A. Environmental Performance Index. En: *Wiley Stats Ref. Statistics Reference Online* [en línea] [consultado el 11/01/2019]. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/action/showCitFormats?doi=10.1002%2F9781118445112.stat03789.pub2>
38. Ortega García JA, Ferris i Tortajada J, Claudio Morales L, Berbel Tornero O. Unidades de salud medioambiental pediátrica en Europa: de la teoría a la acción. *An Pediatr (Barc)*. 2005;63:143-51.
39. Campillo I, López F, Ortega-García JA. Pediatría ambiental: la salud de los niños y el medio ambiente. *Pediatr Integral*. 2018;22:155e1-155e6.
40. Di Q, Dai L, Wang Y. Association of short-term exposure to air pollution with mortality in older adults. *JAMA*. 2017;318:2446-56.



Impact of environmental pollution on paediatric hospital admissions: an ecological study

Marciano Sánchez Bayle^a, Raquel Martín Martín^b, Enrique Villalobos Pinto^c

Date of online publication:
15-january-2019

Raquel Martín Martín:
raquelmartin333@hotmail.com

^aPediatra. Fundación para la Investigación, Estudio y Desarrollo de la Salud Pública. Madrid. España

^bPediatra. CS Párroco Julio Morate. Madrid. España • ^cServicio de Pediatría. Hospital Niño Jesús.

Madrid. España.

Abstract

Objective: to assess the association between levels of airborne pollutants and paediatric hospital admissions, overall and due to respiratory problems.

Patients and methods: we conducted an ecological study in which the dependent variables were the number of total paediatric hospital admissions and the number of paediatric admissions due to respiratory problems, specifically pneumonia, asthma exacerbations and bronchiolitis, in a hospital located in the centre of Madrid over a period of 6 years (2012-2017). The independent variables were the mean levels of air pollutants recorded in the city of Madrid. We calculated correlation coefficients and fit multiple linear regression models. We compared the average number of admissions when the levels of nitrogen (NO₂) were above and below 40 µg/m³.

Results: in the period under study, there were 10 512 admissions to the general paediatrics ward, of which 5328 (50.68%) were due to respiratory problems. We found a correlation between the levels of NO₂, CO, and benzene and the number of overall admissions and respiratory admissions, in every instance with a *p*-value of less than 0.0001. The multiple linear regression analysis revealed that the number of overall admissions was associated with NO₂ levels (positively) and temperature (negatively), while respiratory admissions were associated to NO₂ and benzene levels (positively) and temperature (negatively). We estimated that if the levels of NO₂ had stayed below 40 µg/m³ throughout the study period, 8.37% (95 CI: 7.77 to 8.98) of total admissions and 6.73% (95 CI: 6 to 7.52) of respiratory admissions could have been avoided.

Conclusions: we found an association between the number of admissions, overall and for respiratory causes, in the paediatric age group and the levels of air pollutants, especially NO₂. Improving air quality could prevent a significant proportion of paediatric hospital admissions, and promoting this change should be a priority for paediatricians.

Key words:

- Environmental pollution
- Hospital admissions
- Respiratory diseases

Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico

Resumen

Objetivo: estudiar la relación existente entre los niveles de contaminantes atmosféricos y los ingresos hospitalarios pediátricos totales y por patología respiratoria en particular.

Pacientes y métodos: estudio ecológico en el cual la variable dependiente analizada han sido los ingresos pediátricos generales y aquellos por patología respiratoria, concretamente neumonías, crisis asmáticas y bronquiolitis, en un hospital del centro de Madrid durante seis años (2012-2017). Como variables independientes se estudiaron los valores promedio de contaminantes ambientales registrados en la ciudad de Madrid. Se calcularon coeficientes de correlación y regresión lineal múltiple. Se comparó el promedio de ingresos cuando los valores de dióxido de nitrógeno (NO₂) eran superiores e inferiores a 40 µg/m³.

Resultados: durante el periodo de tiempo estudiado se registraron 10 512 ingresos en Pediatría general, 5328 (50,68%) causados por procesos respiratorios. Se encontró una correlación entre los niveles de NO₂, CO, benceno y los ingresos hospitalarios totales y respiratorios en todos los casos con un valor de *p* < 0,0001. En la regresión lineal múltiple los ingresos totales se relacionaron con los niveles de NO₂ positiva y negativamente con la temperatura, en relación con los ingresos respiratorios se incrementan con los niveles de NO₂ y benceno y disminuyen con la temperatura. Se calculó que si los niveles de NO₂ no hubieran superado en ningún mes los niveles de 40 µg/m³ se podrían haber evitado el 8,37% (IC 95: 7,77 a 8,98) de los ingresos totales y el 6,73% (IC 95: 6 a 7,52) de los ingresos respiratorios.

Conclusiones: se encontró una relación entre los ingresos totales y por enfermedad respiratoria en la infancia y los niveles de contaminantes atmosféricos, especialmente NO₂. La mejora de la calidad del aire podría evitar un porcentaje significativo de ingresos pediátricos y propiciarla debería ser tarea prioritaria para los pediatras.

Palabras clave:

- Contaminación medioambiental
- Enfermedades respiratorias
- Ingresos hospitalarios

How to cite this article: Sánchez Bayle M, Martín Martín R, Villalobos Pinto E. Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico. Rev Pediatr Aten Primaria. 2019;21:21-9.

INTRODUCTION

Health is a fundamental human right, and breathing clean air contributes to it significantly.¹ Air quality is substantially affected by the presence in the atmosphere of a series of substances of a diverse nature that are harmful to our health and referred to as *pollutants*.² Environmental pollution involves an excessive concentration in the atmosphere of nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO₂), hydrocarbons such as benzene and particular matter in suspension with diameters of less than 2.5 μ (PM2.5) and 10 μ (PM10), among others. In large cities, as is the case of Madrid,^{3,4} pollution often makes the news, and the press publishes images of the famous smog cloud that illustrates how dirty the air we breathe is. International institutions such as the World Health Organization (WHO),⁵ the European Environment Agency and organizations such as *Ecológicos en Acción*⁶ periodically issue reports based on objective data and inform and alert of the noxious effects of air pollution on the population in general and children in particular.

“Don’t pollute my future!”⁷ and “Inheriting a sustainable world?: Atlas on children’s health and the environment”⁸ are two of the latest reports of the WHO on the environmental hazards that affect the paediatric population, emphasising the vulnerability of this collective. Certain anatomical and physiological characteristics determined by the immaturity of their organ systems, combined with behaviours characteristic of childhood (younger children crawl, bring their hands and various objects to their mouths) and social aspects of their lifestyles (children spend a fair amount of time outdoors) are among the reasons why their organisms are less capable, compared to adults, of neutralising and clearing external pollutants.⁹

An increasing number of studies have been contributing to a growing body of evidence that can eventually translate to public health policy.¹⁰ Establishing a causal relationship between environmental factors and their deleterious effects on health is very complicated, and taking into account

the high cost associated with managing the diseases resulting from the poor quality of the air we breathe,¹¹ the aim of our study was to assess the impact of environmental pollution on the frequency of admission to the general paediatrics ward, overall and due to respiratory problems (such as pneumonia, bronchiolitis, asthma exacerbations...). We also estimated the number of admissions that could have been avoided if the levels of NO₂ had not exceeded 40 μg/m³, which is the recommended limit for this pollutant established by the WHO.

PATIENTS AND METHODS

We conducted an ecological study through the analysis of data retrieved from the discharge summaries of the Department of General Paediatrics of the Hospital Infantil del Niño Jesús, located in the Madrid city centre. We selected as dependent variables the paediatric hospital admissions in general and the paediatric hospital admissions due to respiratory problems such as pneumonia, bronchiolitis and asthma attacks in patients aged 0 to 18 years in the period from January 1, 2012 to December 31, 2017 (72 months).

We obtained the data on environmental pollution from the website of the Ayuntamiento de Madrid (City Council of Madrid, Department of Environment and Traffic, General Directorate of Transport Sustainability and Planning, Department of Air Protection).¹² The values used in our analysis of the different pollutants (NO₂, SO, CO, benzene and airborne particulate matter less than 10 μ and 2.5 μ in diameter) and of the temperatures during the months under study were the monthly mean values of the 24 automated stations that collect the basic data for air quality monitoring in the city of Madrid. We believe this was the best approach to assess the exposure to airborne pollutants of children admitted to our hospital, as they come from everywhere in the city. We also calculated the number of hospital admissions that could have been avoided if the air levels of NO₂ had not reached 40 μg/m³ in any of the months under study.

The statistical analysis was performed with the SPSS 15.0 software. We summarised the basic data as mean and standard deviation for quantitative variables and as absolute frequencies and percentages for qualitative variables. We also calculated the corresponding 95% confidence intervals (95 CI).

We compared quantitative variables by means of the Mann-Whitney U test after verifying that they did not fit a normal distribution (Kolmogorov-Smirnov test). The comparisons between qualitative variables were made by means of the χ^2 test. We defined statistical significance as a *p*-Environmental Performance *p*-value of less than 0.05 in any of the tests.

We assessed the association between all of the quantitative variables under study by calculating the Spearman correlation coefficient.

Subsequently, we performed a multivariate linear regression analysis, starting with the full model with stepwise backward removal of the variables that were not statistically significant ($P < .05$). We calculated the number of admissions that could have been avoided if the levels of NO₂ had not exceeded the 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ threshold.

RESULTS

In the period under study, there were a total of 10 512 admissions to the paediatrics ward overall, of which 5328 (50.68%) were due to respiratory

problems. The age range of patients was 0 to 18 years, with a mean age of 2.84 years for admissions overall, and of 2.38 years for respiratory admissions.

Table 1 shows the descriptive analysis of the variables under study. The mean number of admissions per month was 146 for overall admissions and 74 for respiratory admissions. We found substantial variability in the monthly number of overall and respiratory admissions and in the levels of air pollutants (as reflected by the difference between the maximum and minimum values for all these variables). **Table 2** presents the Spearman correlation coefficients corresponding to the association between pollutant levels, ambient temperature and the number of overall hospital admissions and of admissions due to respiratory problems. We found statistically significant correlations with *p*-values smaller than 0.0001 with NO₂, CO and benzene levels (positive) and temperature (negative), and also statistically significant correlations with SO₂ (positive) and PM10 (negative); the only level that was not associated significantly with the number of overall or respiratory admissions corresponded to the concentration of PM2.5.

We found that in months when the levels of NO₂ were of 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ or higher, the proportion of hospital admissions was significantly greater compared to months when this limit was not reached.

Table 1. Descriptive statistics of the variables under study

	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
Overall admissions per month (n)	32	277	142.1667	54.25775
Respiratory admissions per month (n)	5	213	72.2833	51.37502
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.20	1.80	0.7617	0.42748
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	19	8.0833	4.20771
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.10	0.70	0.4033	0.14018
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	157	43.2667	30.63501
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	44	23.3725	8.13378
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	26	13.7241	4.34799
Temperature (°C)	5.40	30	15.7968	7.28142

CO: carbon monoxide; NO₂: nitrogen dioxide; PM10: particulate matter with diameter <10 μ ; PM2.5: particulate matter with diameter <2.5 μ ; SO₂: sulfur dioxide.

Table 2. Correlation coefficients for the association between pollutants and temperature and overall and respiratory admissions

	Overall admissions	Respiratory admissions
NO ₂	0.564 <i>p</i> < .0001	0.597 <i>p</i> < .0001
PM10	-0.391 <i>p</i> = .005	0.277 <i>p</i> = .049
PM2.5	-0.146 <i>p</i> = .274	-0.014 <i>p</i> = .915
CO	0.669 <i>p</i> < .0001	0.648 <i>p</i> < .0001
SO ₂	0.378 <i>p</i> = .003	0.443 <i>p</i> < .0001
Benzene	0.633 <i>p</i> < .0001	0.672 <i>p</i> < .0001
Temperature (°C)	-0.813 <i>p</i> < .0001	-0.732 <i>p</i> < .0001

CO: carbon monoxide; NO₂: nitrogen dioxide; PM10: particulate matter with diameter <10 µ; PM2.5: particulate matter with diameter <2.5 µ; SO₂: sulfur dioxide.

We fit multiple linear regression models for the association between the number of admissions (overall and respiratory, Tables 3 and 4) and the variables of interest, and found significant associations with the levels of NO₂ (positive) and temperature (negative). When it came to respiratory admissions, the variables that remained in the model were the concentrations of NO₂ and of benzene (positive association) and temperature (negative).

Figures 1 and 2 present the receiver operating characteristic (ROC) curves of the values obtained in

the linear regression model for the total admissions (area under the curve [AUC] = 0.884; 95 CI: 0.795 to 0.973; *P* < .0001) and the number of respiratory admissions above the mean (AUC = 0.929; 95 CI: 0.864 to 0.994; *P* < .0001).

The total number of admissions that could have been avoided if the NO₂ levels had stayed below 40 µg/m³ was 880, of which 360 (40.90%) would have corresponded to respiratory problems. Last of all, we calculated the percentage of admissions that could have been prevented in the values of NO₂ had stayed below 40 µg/m throughout the period under study, which amounted to 8.37% of all admissions overall (95 CI: 7.77 to 8.98) and 6.73% of all respiratory admissions (95 CI: 6-7 to 52).

DISCUSSION

In 2005, the WHO established recommended limits for each pollutant, warning that the presence of those substances above said limits involved a serious environmental risk,¹³ with the environment understood as the medium where life unfolds, which includes the air, water, soil, living beings and the relationship between them. According to the WHO, pollution is responsible for nearly 2 million paediatric deaths worldwide and more than 30 000 in Europe every year.¹⁴

Given the importance of this subject, it has been years since international organizations, governments

Table 3. Results of multiple linear regression analysis for overall admissions

	β coefficient	95% confidence interval	<i>p</i>
NO ₂	1.113	0.385 a 1.841	.003
Temperature	-5.151	-6.354 a -3.949	.0001

NO₂: nitrogen dioxide.
R² = 0,709 *p* < 0,0001.

Table 4. Results of multiple linear regression analysis for respiratory admissions

	β coefficient	95% confidence interval	<i>p</i>
NO ₂	0.411	0.025 a 0.797	.037
Benzene	31.041	2.187 a 59.896	.035
Temperature	-3.178	-4.639 a -1.718	<.0001

NO₂: nitrogen dioxide.
R² = 0.651 *P* < .0001.

Table 5. Comparison of the number of overall and respiratory admissions based on whether levels of NO₂ were ≥40 µg/m³

	Level (µg/m ³)	n	Mean	Standard deviation	p
Overall admissions	≥40	52	147.7609	57.41319	.011
	<40	20	123.7857	38.41910	
Respiratory admissions	≥40	52	78.8261	55.64822	.010
	<40	20	50.7857	24.70185	

and research groups started developing series of strategies and projects focused on specific environmental factors in relation to children, as they are the most vulnerable population.^{15,16} In Spain, one of the most interesting initiatives is the Infancia y Medio Ambiente (Childhood and environment, INMA)¹⁷ project, which started in 1998. It involves a research network with several open lines of investigation, led by Jordi Sunyer *et al.* It started with the study of the pregnant mothers of 4000 children, with a longitudinal followup of the diseases developed by the cohort through 18 years of age, analysing their association with the levels of air pollutants and thus the role of pollution in disease. The conclusions of every project and study

conducted so far is that children’s physical, social and intellectual development requires a safe and protected environment, which makes pollution the most pervasive threat to child health.

The literature we reviewed on the subject usually refers to the relationship with respiratory diseases in children,¹⁸⁻²⁰ which are the most frequent type, especially asthma exacerbations and air pollution, with hospital admissions due to asthma increasing along pollution peaks²¹⁻²²; our results were consistent with this. Our study also found an increase in overall admissions, that is, admissions by other causes that increased with increasing levels of CO, benzene and NO₂. Negrisoli *et al.*²³ have found an increase in admissions due to pneumonia. Other

Figure 1. ROC curve of the multiple linear regression values obtained for respiratory admissions above the mean

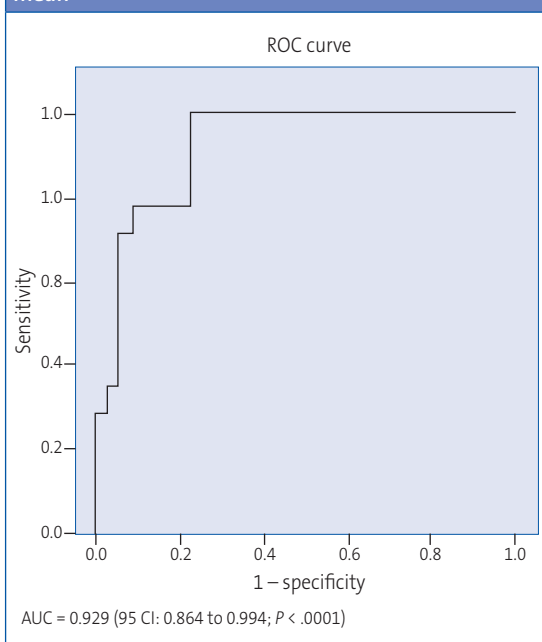
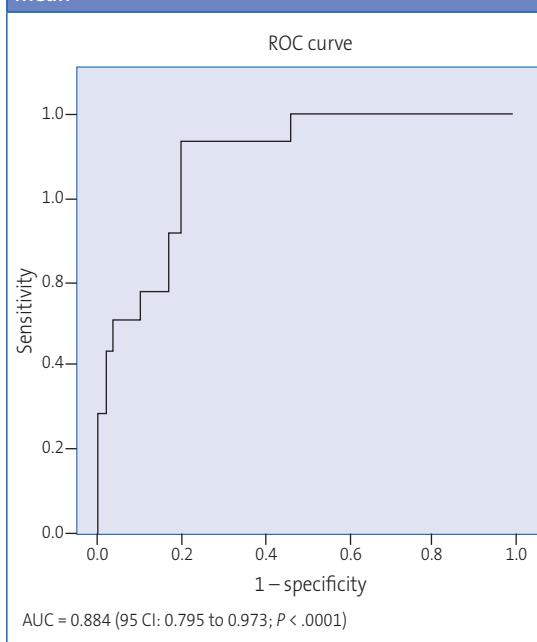


Figure 2. ROC curve of the multiple linear regression values obtained for overall admissions above the mean



studies have analysed the association between air pollution and other types of disorders, for instance, one by Kaplan *et al.*²⁴ found an association between some cases of appendicitis and exposure to polluted air. Many studies have warned of the impact on attention in children, which may decrease on days when they are exposed to higher levels of pollution.²⁵⁻²⁷ Mortamais *et al.*²⁸ have also found an association with attention-deficit hyperactivity disorder. A study conducted by Yang *et al.*²⁹ found a correlation between air pollution and autism.

The report published by Ecologistas en Acción on the air quality in Spain in 2016³⁰ evinced that the measures taken by the government to address pollution were inadequate, which led the European Commission to refer the Spanish government to court for failure to respect the air quality standards established for NO₂, a pollutant that mostly results from motor vehicle emissions.

Our findings confirmed that the monitoring stations in Madrid registered excessive levels of NO₂, CO and benzene. These results were consistent with those of the study conducted by Martín Rivada *et al.*³¹ Most of the reviewed literature on the impact of pollution on children are hospital-based and thus represent the cases of patients with a greater severity of disease.

Recently, data have been published on patients managed at the primary care level³² for respiratory problems in relation to pollutant levels; the health problems managed on an outpatient basis are less severe and thus more common. The published evidence demonstrates a significant association that is independent of the care setting between the number of hospital admissions (overall and respiratory) and outpatient visits and the levels of airborne pollutants, especially NO₂ in excess of 40 g/m³. In recent years, the monitoring stations of Madrid have recorded levels exceeding the limits recommended by the European Union (EU) which, on the other hand, are even more permissive compared to the limits recommended by the WHO and therefore more protective. Thus, Spanish cities usually exceed the recommended levels of NO₂, and the study by Linares *et al.*³³ showed how this

is having a short-term impact on mortality rates in the population. In Spain, a recent study conducted by Díaz *et al.*³⁴ between 2000 and 2009 found an association between the concentration of ozone in the atmosphere and increased mortality due to cardiorespiratory diseases.

The negative impact of temperature observed in our linear regression analysis may be related to the fact that low temperatures favour the propagation of certain viruses and thus the development of respiratory infections, which are the most frequent reason for hospital admission in the paediatric population.³⁵

The report issued by the competent Ministry in Spain³⁶ on the levels of NO₂ in the country in 2016 shows an overall improvement compared to the previous year, but in large cities such as Madrid, the levels of different pollutants exceeded the limits recommended by the WHO.

We need to join our efforts, increasing the collaboration between governments, non-profit organizations and international organizations and taking into account the contribution of the studies performed by health professionals.

The Environmental Performance Index,³⁷ which has been in use for 20 years, ranks Spain in the 12th position among 180 countries in 2018. This report is issued every 2 years by Yale University and assesses the ecosystem vitality policies and environmental performance of different countries.

Paediatric Environmental Health Specialty Units in Europe,³⁸⁻³⁹ which followed the creation of similar units in the United States in 1998, are clinical units where health professionals, including paediatricians, assess and identify the influence of environmental factors in the disease of patients, which corroborates the privileged position of paediatricians in the field of environmental health to protect children.

Our study has the limitations intrinsic to all ecological studies, chief of which is that the population constitutes the unit of study, that is, that we observed the association between an exposure and the outcomes in a population but were unable

to establish the association between exposure in a single individual and his or her health condition. As a novel contribution, we present the data collected in the years under study on the admissions (due to all causes and to respiratory disease) that could have been prevented.

In conclusion, the results of our study corroborate that there is a correlation between paediatric hospital admissions and the levels of air pollution in the city, with pollution peaks coinciding with increases in overall and respiratory paediatric admissions and admissions decreasing with decreasing levels of NO₂. In addition, our study demonstrates that controlling pollution could often prevent hospital admissions. Pollution is harmful even at low levels and in the short term, and there is no actual threshold under which it has no adverse effects on human health.⁴⁰ Considering that motor vehicle emissions are the main source of NO₂, controlling

and reducing traffic in large cities has been proposed to reduce pollution, while implementing additional measures to promote other means of transport through the city. The relationship between health and environment should be considered an essential aspect in global development and economic policy-making.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest to declare in relation to the preparation and publication of this article.

ABBREVIATIONS

CI: confidence interval • CO: carbon monoxide • NO₂: nitrogen dioxide • PM₁₀: particulate matter with diameters <10 μ • PM_{2.5}: particulate matter with diameters <2.5 μ • SO₂: sulfur dioxide • ROC: receiver operating characteristic • WHO: World Health Organization.

REFERENCES

- Gascón M, Sunyer J. Contaminación del aire y salud respiratoria en niños. *Arch Bronconeumol*. 2015;5: 371-2.
- Oyarzún M. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev Chil Enf Resp*. 2010;26:16-25.
- Caballero F. La contaminación aumenta en 2017 en Madrid e incumple por octavo año consecutivo la normativa europea. In: *Eldiario.es* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at www.eldiario.es/contaminación-Madrid-incumple-consecutivo-normativa_0_730027237.html
- Cerrillo A. La población urbana expuesta a aire sucio es, según la OMS, 8 veces superior a lo que dicen los datos de la UE. In: *La Vanguardia* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at www.lavanguardia.com/natural/20161124/412124325578/polucion-habitan-antares-ciudades-oms-ue.html
- Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. In: World Health Organization [online] [accessed 11/01/2019]. Available at [www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- La calidad del aire en la ciudad de Madrid, 2017. In: *Ecologistas en Acción* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/info-calidad-aire-madrid-2017.pdf
- Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health. In: World Health Organization [online] [accessed 11/01/2019]. Available at <http://apps.who.int/iris/handle/10665/254678>
- Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment. Geneva: World Health Organization; 2018.
- Linares C, Díaz J. Efectos 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;23:192-7.
- Sunyer J, Ribas-Fito N. Efectos ambientales en la salud infantil. In: *El País* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at <https://elpais.com/diario/2003/04/08/salud/1049752802-850215.html>
- Informe del Lancet Countdown sobre salud y cambio climático, 2017. El inicio de una transformación a nivel mundial para la salud pública después de 25 años de pasividad. In: *The Lancet* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at <http://www.thelancet.com>

- com/pb/assets/raw/Lancet/Hubs/climate-change/Lancet_Countdown_2017_Executive_Summary_Spanish.pdf
12. Sistema Integral de la Calidad del Aire, 2016. In: Ayuntamiento de Madrid [online] [accessed 11/01/2019]. Available at www.mambiente.munimadrid.es/sica/scripts/index.php.
 13. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. In: World Health Organization [online] [accessed 11/01/2019]. Available at http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=46BF13B66C7FF027BFBB8424A8F7D2BE?sequence=1.
 14. Las consecuencias de la contaminación ambiental: 1,7 millones de defunciones infantiles anuales, según la OMS, 6 de marzo de 2017. In: World Health Organization [online] [accessed 11/01/2019]. Available at <https://www.who.int/es/news-room/detail/06-03-2017-the-cost-of-a-polluted-environment-1-7-million-child-deaths-a-year-says-who>
 15. The Lancet. Turning climate change legislation into public health policy. *Lancet*. 2018;391:1865.
 16. Sandín Vázquez M, Sarriá Santamera A. Evaluación de impacto en salud y medio ambiente. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS). Madrid: Instituto de Salud Carlos III; 2007.
 17. Ramón R, Ballester F, Rebagliato M, Ribas N, Torrent M, Fernández M, *et al.* La red de investigación “Infancia y medioambiente” (Red INMA): protocolo de estudio. *Rev Esp Salud Pública*. 2005;79:203-20.
 18. Gavidia T, Pronczuk J, Sly PD. Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente. *Rev Chil Enf Resp*. 2009;25:99-108.
 19. Vargas S, Onatra W, Osorno L, Páez E, Sáenz O. Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores. *Revista UDCA. Actualidad y Divulgación Científica*. 2008;11:31-45.
 20. Salazar-Ceballos A, Álvarez-Miño L. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños de la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. *Revista Facultad de Ciencias de la Salud*. 2011;8:127-42.
 21. Haneen J, Nieuwenhuijsen MJ. Traffic-related air pollution and childhood asthma: recent advances and remaining gaps in the exposure assessment methods. *Int Environ Res Public Health*. 2017;14:312.
 22. Elizalde-Beiras I, Guillén-Grima F, Aguinaga-Ontoso I. Factores asociados al asma en los niños y adolescentes en la zona rural de Navarra (España). *Aten Primaria*. 2018;50:332-9.
 23. Negrisoli J, Fernando L, Nascimento C. Atmospheric pollutants and hospital admissions due to pneumonia in children. *Rev Paul Pediatr*. 2013;31:501-6.
 24. Kaplan GG, Dixon E, Panaccione R, Fong A, Chen L, Szyszkowicz M, *et al.* Effect of ambient air pollution on the incidence of appendicitis. *CMAJ*. 2009;181:591-7.
 25. Costa LG, Cole TB, Coburn J, Chang Y, Dao K, Roqué PJ. Neurotoxicity of traffic-related air pollution. *Neurotoxicology*. 2017;59:133-9.
 26. Sunyer J, Esnaola M, Álvarez-Pedrerol M, Forn J, Rivas I, López-Vicente M, *et al.* Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Med*. 2015;12:e1001792.
 27. Suades-González E, Gascón M, Guxens M, Sunyer J. Air pollution and neuropsychological development: a review of the latest evidence. *Endocrinology*. 2015;156:3473-82.
 28. Mortamais M, Pujol J, van Drooge BL, Macia D, Martínez-Vilavella G, Reynes C, *et al.* Effect of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons on basal ganglia and attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in primary school children. *Environ Int*. 2017;105:12-9.
 29. Yang C, Zhao W, Deng K, Zhou V, Zhou X, Hou Y. The association between air pollutants and autism spectrum disorders. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017;24:15949-58.
 30. La calidad del aire en el Estado español durante 2017. In: *Ecologistas en Acción* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at <https://www.ecologista senaccion.org/wp-content/uploads/2018/06/informe-calidad-aire-2017.pdf>
 31. Martín Rivada A, Sánchez Bayle M, Villalobos Pinto E, Calleja Gero ML. Contaminación ambiental e ingresos pediátricos en un área urbana. *Acta Pediatr Esp*. 2018;76:44-9.
 32. Martín Martín R, Sánchez Bayle M. Impacto de la contaminación ambiental en las consultas pediátricas de

- Atención Primaria: estudio ecológico. *An Pediatr (Barc)*. 2017;89:80-5.
33. Linares C, Falcón I, Ortiz C, Díaz J. An approach estimating the short-term effect of NO₂ on daily mortality in Spanish cities. *Environ Int*. 2018;116:18-28.
 34. Díaz J, Ortiz C, Falcón I, Salvador C, Linares C. Short-term effect of tropospheric ozone on daily mortality in Spain. *Atmospheric Environ*. 2018;187:107-16.
 35. García García ML, Korta Murua J, Callejón A. Bronquiolitis aguda viral. *Protoc Diagn Ter Pediatr*. 2017;1:85-102.
 36. Evaluación de la calidad del aire en España 2016. In: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente [online] [accessed 11/01/2019]. Available at www.mapama.gob.es
 37. Hsu A, Zomer A. Environmental Performance Index. In: *Wiley Stats Ref. Statistics Reference Online* [online] [accessed 11/01/2019]. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/action/showCitFormats?doi=10.1002%2F9781118445112.stat03789.pub2>
 38. Ortega García JA, Ferris i Tortajada J, Claudio Morales L, Berbel Tornero O. Unidades de salud medioambiental pediátrica en Europa: de la teoría a la acción. *An Pediatr (Barc)*. 2005;63:143-51.
 39. Campillo I, López F, Ortega-García JA. Pediatría ambiental: la salud de los niños y el medio ambiente. *Pediatr Integral*. 2018;22:155e1 -155e6.
 40. Di Q, Dai L, Wang Y. Association of short-term exposure to air pollution with mortality in older adults. *JAMA*. 2017;318:2446-56.