

Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel

Incidence of respiratory symptoms and the association with air pollution in preschoolers: a multilevel analysis

Laura Andrea Rodríguez Villamizar ^{1,2}
 Astrid Berena Herrera López ²
 Henry Castro Ortiz ³
 Jurg Niederbacher Velázquez ^{2,4}
 Lina María Vera Cala ²

Abstract

The aim of this study was to evaluate the association between air pollution and respiratory symptoms in preschoolers from Bucaramanga, Colombia. A cohort study was conducted by reporting daily symptoms in preschoolers living in two zones of the city with different PM10 air pollution levels. Individual and neighborhood variables were included in a multilevel analysis. In 707 preschoolers followed for a year, sneezing and cough with mucus were the most frequent symptoms, with incidence rates of 277.2 and 203.3 events per 100 child months at risk. In the high pollution zone, an increase of 10µg/m³ in PM10 concentration increased the reporting of daily symptoms by 1.3. Multilevel analysis showed no statistical association between PM10 and respiratory symptoms, but asthma history, heavy traffic in front of the residence, presence of domestic pets, and dirt floors were associated with respiratory symptoms.

Air Pollution; Respiratory Signs and Symptoms; Preschool Child

¹ Observatorio de Salud Pública de Santander, Bucaramanga, Colombia.
² Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
³ Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.
⁴ Instituto Neumológico del Oriente, Bucaramanga, Colombia.

Correspondencia
 L. A. R. Villamizar
 Observatorio de Salud Pública de Santander.
 Calle 49 No. 27 A – 74,
 Bucaramanga, Santander – 7,
 Colombia.
 laurarovi78@gmail.com

Introducción

En los últimos años, se ha prestado considerable atención a los efectos adversos de la contaminación atmosférica sobre la salud ¹. Aunque puede afectar diferentes sistemas y órganos, la atención se ha centrado en el incremento de la morbi-mortalidad en patologías respiratorias y cardiovasculares ². Los cálculos estimados, basados en análisis de carga de enfermedad, sugieren que la mortalidad anual atribuible a la contaminación atmosférica urbana como factor de riesgo está cerca de 800.000 muertes, cifra similar a la reportada para muertes por enfermedad cerebrovascular en países desarrollados y cercana a la cantidad de muertes por accidentes de tráfico en países en vía de desarrollo (alrededor de 1 millón) ³. Estudios epidemiológicos realizados en diferentes países ⁴, han documentado la asociación entre el material particulado fracción respirable menor a 10µ (PM₁₀) y el riesgo para enfermedades respiratorias, muertes prematuras (entendida como reducción en años de la esperanza de vida) ⁵, agudización del asma bronquial ⁶, exacerbaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica ^{7,8}, y con ello un efecto negativo sobre las consultas al servicio de urgencia, hospitalizaciones e incluso, en la disminución del flujo respiratorio en el primer segundo y del crecimiento pulmonar en los niños ⁹.

Las exposiciones a altas concentraciones de PM₁₀ producen exacerbaciones de los síntomas

en pacientes con enfermedades respiratorias pre-existentes como el asma, así como con enfermedades coronarias y de los vasos sanguíneos, tanto en niños como en adultos ^{10,11}. Asimismo, los estudios de serie de tiempo que han relacionado material particulado y la mortalidad proveen una fuerte asociación independiente, especialmente en áreas urbanas y con el menor tamaño de las partículas ¹². Adicionalmente, el cambio climático es un factor importante en la contaminación atmosférica por la distribución y diseminación de las patologías respiratorias ¹³.

La morbilidad respiratoria en Bucaramanga es una de las más altas en Colombia, especialmente en población pediátrica de 0 a 4 años de edad, en la que un estudio en seis ciudades, ha documentado tener la prevalencia de asma más altas del país (8,8%) ¹⁴. El objetivo del estudio fue determinar la asociación entre la ocurrencia de síntomas respiratorios en niños menores de siete años (preescolares) y la contaminación atmosférica en dos zonas con niveles diferentes de contaminación medidos por PM₁₀.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional analítico de cohorte en Bucaramanga, una ciudad intermedia de 521.000 habitantes al nororiente de Colombia. Se comparó la incidencia de síntomas respiratorios en dos zonas de la ciudad con exposición a niveles diferentes de contaminación según valores de PM₁₀. La selección de las zonas de estudio se realizó entre mayo de 2006 hasta mayo de 2007, ubicando las zonas de mayor y menor contaminación en la ciudad por medio de mediciones de PM₁₀ con equipos manuales tipo Highvol (marca Andersen Graseby). La zona de mayor contaminación se ubicó en el centro de la ciudad con un promedio diario de PM₁₀ de 89,56µg/m³ y la zona de menor contaminación al occidente de la ciudad con un promedio de 40,08µg/m³.

Participantes

La población de estudio correspondió a menores de siete años (preescolares) con residencia mayor de seis meses en las zonas señaladas. Se calculó un tamaño de muestra en el programa Epi Info 6.04d (Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, E.E.U.U.) teniendo en cuenta un error tipo 1 del 5%, poder del 80%, razón de expuestos y no expuestos de 1:1, prevalencia del factor de 18% en expuestos y 10% en no ex-

puestos y un riesgo relativo esperado de 1.8 (*odds ratio* – OR: 1.93), obteniendo un número mínimo de 319 niños en cada nivel de exposición para un total de 638 niños en total. Se tuvo en cuenta un 20% de pérdidas en el seguimiento por lo cual se determinó una muestra total de 764 niños en las zonas de estudio. La muestra se seleccionó de forma no probabilística, partiendo desde el sitio de monitoreo ambiental hacia la periferia de las zonas. Se excluyeron niños con enfermedades cardíacas o respiratorias crónicas o con alteración neurológica crónica (parálisis cerebral, trastorno de la deglución, etc.). Al inicio del estudio se midió la prevalencia de síntomas respiratorios compatibles con asma por medio del cuestionario ISAAC ¹⁵ en su versión validada al español ¹⁶.

Seguimiento

Para la medición de PM₁₀ se utilizaron muestreadores manuales de alto volumen Highvol, ubicados en zonas centrales y periféricas de las zonas seleccionadas. Entre julio de 2007 y junio de 2008, se realizó el registro de la aparición de síntomas respiratorios (tos seca, tos con flemas, asfixia, sibilancias, uso de dispositivos de inhalación, estornudo y necesidad de consulta médica por estos síntomas) por medio de un calendario diario de síntomas, diligenciado por los padres o cuidadores, que fueron entrenados para tal fin. La recolección de los calendarios se realizó de forma mensual y la verificación del registro diario se realizó de forma telefónica.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo por medio de medidas de tendencia central y variabilidad para las variables cuantitativas y proporciones para las variables discretas. Se calcularon tasas de incidencia de síntomas en forma general y por zonas de estudio y luego se calculó la razón de tasas de incidencia como medida de asociación. El análisis bivariado y estratificado tuvo en cuenta como variable dependiente los síntomas respiratorios y como independiente explicatoria el tipo de zona (mayor o menor contaminación). Para el análisis multivariado de los datos por individuo, se utilizó un análisis multinivel de efectos mixtos de Poisson para ajustar por el efecto de otras variables personales o de la vivienda, así como ajustar por el efecto del nivel de agrupación de los individuos por barrios dentro de las zonas de estudio. Para los análisis se utilizó el programa Stata 10.0 (Stata Corp., College Station, E.E.U.U.).

Consideraciones éticas

El estudio respetó los principios de autonomía, confidencialidad y beneficencia de acuerdo con las normas internacionales vigentes para investigación en seres humanos. El protocolo de investigación fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

Resultados

En junio de 2007 se estudiaron un total de 768 niños distribuidos en las zonas de mayor y menor contaminación de la ciudad (384 niños en cada zona). En la zona de menor contaminación la totalidad del niños fueron del barrio La Joya, mientras que en la zona de mayor contaminación se incluyeron niños de tres barrios diferentes pero cercanos: San Miguel ($n = 146$), Ricaurte ($n = 105$) y La Concordia ($n = 133$). La Tabla 1 muestra algunas características de la población de estudio. La edad promedio de los preescolares fue de $42,8 \pm 25,5$ meses. El 90,4% de los niños estaba afiliado a algún régimen de seguridad social y las guarderías a las que asistían algunos de los niños estaban ubicadas principalmente dentro del barrio (65%). La composición familiar de los niños encuestados tenía en promedio seis integrantes de los cuales dos eran niños menores de 18 años. Las viviendas estaban ubicadas en barrios de estratos socio-económicos medio y medio-bajo y su estructura se caracterizaba por tener entre tres y cinco cuartos (73%), techos de placa (61%) y pisos de baldosín (95%). Solamente en el barrio La Joya se encontraron viviendas con piso de tierra ($n = 5$; 1,4%). En la zona de mayor contaminación se encontraron con mayor frecuencia pequeños talleres de ornamentación, tapicería y carpintería (84% *vs.* 48%), especialmente concentrados en los barrios San Miguel y Concordia. De acuerdo con la aplicación del cuestionario ISAAC al inicio del estudio, se determinó una prevalencia de sibilancias en el último año de 13,9% en las dos zonas.

Tras esta encuesta basal permanecieron en el estudio 707 (92%) participantes quienes aceptaron continuar el seguimiento durante 12 meses. Las características sociodemográficas (edad, sexo, tiempo de residencia en el sector) de los niños no participantes en la cohorte no fueron estadísticamente diferentes de los que continuaron en seguimiento ($p > 0,4$). Durante el año de seguimiento se registró un 18% de pérdidas (21,6% en zona de mayor contaminación y 14,3% en la de menor): de éstas el 73% correspondió a cambios de residencia de los participantes, 19%

a retiros voluntarios y 8% a cambio de sitio de cuidado de los niños.

La mediana de las mediciones diarias de PM_{10} durante los 12 meses fue de $49,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en la zona de mayor contaminación fue de $55,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un rango intercuartílico entre 39,2 y $68,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la zona de menor contaminación fue de $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 25,9 y $42,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio de las variables meteorológicas durante el año de estudio fueron: temperatura $20,6 \pm 0,7^\circ\text{C}$, precipitación $0,16 \pm 0,3 \text{mm}$, humedad relativa $72,6 \pm 5\%$, ozono $10,5 \pm 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, las cuales reflejan poca variación de condiciones climáticas en esta zona del trópico a lo largo del año de estudio. El promedio de síntomas por día fue de 69,42 con un rango intercuartílico entre 54 y 87. En la población de preescolares residentes en la zona de mayor contaminación, un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración atmosférica de PM_{10} incrementó en 1,3 el número de síntomas diarios reportados ($p = 0,025$).

La Tabla 2 presenta las tasas de incidencias por zona y las respectivas razones de tasas por evento. El estornudo y la tos con flemas fueron los síntomas más frecuentes con tasas de incidencia de 277,2 y 203,3 eventos por 100 niños-mes en riesgo. Los padres acudieron a 10,9 consultas médicas por cada 100 niños/mes de seguimiento y en la mitad de ellas el diagnóstico médico fue algún tipo de Infección Respiratoria Aguda (IRA). La necesidad de uso de dispositivos de inhalación y los estornudos fueron significativamente mayores en la zona de más contaminación, con un exceso de riesgo con respecto a los preescolares residentes en la otra zona de 54% y 20%, respectivamente. Por el contrario, la asfixia y las sibilancias fueron más frecuentes en la zona de menor contaminación. Tomando como variable resumen la sumatoria de los diferentes síntomas respiratorios (total síntomas) se encontró que los preescolares residentes en la zona de mayor contaminación presentaron 13% más síntomas respiratorios que los de la otra zona (tasa de incidencia relativa: 1,13; IC95%: 1,03-1,18). Una magnitud de asociación similar se encontró para la necesidad de consulta médica.

La Tabla 3 muestra como el análisis multivariado multinivel ajustó la magnitud de la asociación con la zona de contaminación por otras variables relacionadas con la incidencia de síntomas respiratorios (incluyendo exposición a cigarrillo y tiempo de residencia en el sector) y por el efecto del nivel de barrios entre las zonas de estudio, mostrando que son la historia de asma, la exposición a alto flujo vehicular frente a la vivienda y la presencia de pisos de tierra, las variables que tienen mayor efecto sobre la presencia de síntomas respiratorios en esta población de

Tabla 1

Características de la población. Bucaramanga, Colombia, 2007.

Variable	Zona de mayor contaminación (n = 384)		Zona de menor contaminación (n = 384)		Población total (n = 768)	
	n	%	n	%	n	%
Sexo						
Femenino	170	44,3	168	43,8	338	44,0
Masculino	214	55,7	216	56,3	430	56,0
Tiempo de residencia en el sector (meses)						
6-12	86	22,4	76	19,8	162	21,1
13-18	18	4,7	26	6,8	44	5,7
19-24	5	1,3	14	3,6	19	2,5
Mayor de 24	275	71,6	268	69,8	543	70,7
Asistencia a guardería						
Sí	203	52,9	203	52,9	406	52,9
No	178	46,4	172	44,8	350	45,6
Sin dato	3	0,8	9	2,3	12	1,6
Potenciales contaminantes presentes dentro de la vivienda						
Cigarrillo	75	19,5	136	35,4	211	27,5
Tabaco	6	1,6	6	1,6	12	1,6
Aerosoles	73	19,0	101	26,3	174	22,7
Leña	1	0,3	5	1,3	6	0,8
Carbón	1	0,3	3	0,8	4	0,5
Moho y hongos	43	11,2	160	41,7	203	26,4
Pólenes	63	16,4	120	31,3	183	23,8
Cucarachas	216	56,3	200	52,1	416	54,2
Gato	32	8,3	34	8,9	66	8,6
Perro	98	25,5	176	45,8	274	35,7
Aves	106	27,6	163	42,4	269	35,0
Roedores	122	31,8	124	32,3	246	32,0
Síntomas relacionados con asma y asma						
Sibilancias alguna vez en la vida	86	22,4	111	28,9	187	24,3
Sibilancias en el último año	52	13,5	55	14,3	107	13,9
Diagnóstico médico de asma bronquial	24	6,3	41	10,7	65	8,5

preescolares, mientras que la tenencia de animales domésticos se comporta como un factor de protección.

Discusión

La contaminación atmosférica extradomiciliaria no tuvo un efecto adverso contundente sobre la presencia de síntomas respiratorios en preescolares en esta población de preescolares en una ciudad colombiana con alta prevalencia de asma en niños. Por su parte, la historia de asma, el alto flujo vehicular frente a la vivienda y la presencia

de pisos de tierra demostraron aumentar el riesgo de desarrollar síntomas respiratorios, mientras la tenencia de animales domésticos mostraron disminuirlo. Estos resultados están de acuerdo con un estudio en condiciones similares en Río de Janeiro, Brasil ¹⁷, donde no encontraron asociación de concentraciones de PM₁₀ y síntomas obstructivos en niños, excepto en los menores de dos años. Nuestro estudio adiciona el ajuste de los síntomas respiratorios por variables de confusión personales y del domicilio.

De igual forma, nuestros hallazgos coinciden con el informe de un estudio en ocho ciudades norteamericanas ¹⁸ y con el de Zamorano et al. ¹⁹,

Tabla 2

Razones de tasas de incidencia de síntomas respiratorios, según zona de contaminación en preescolares de Bucaramanga, Colombia, 2007-2008.

Variable	Zona mayor (n = 3.610 niños-mes en riesgo)		Zona menor (n = 3.955 niños-mes en riesgo)		Total (n = 7.565 niños-mes en riesgo)		Razón de tasas por evento	IC95%
	Niños	Eventos	Niños	Eventos	Niños	Eventos		
Tos seca	238	4.526	257	4.721	495	9.247	1,05	0,95-1,05
Tos con flemas	251	7.483	304	7.900	555	15.383	1,04	0,95-1,05
Asfixia	44	348	58	401	102	749	0,95	0,57-0,97
Sibilancias	68	561	83	816	151	1.377	0,75	0,63-0,79
Uso inhalador	54	2.960	60	2100	114	5.060	1,54	1,37-1,54
Estornudo	260	10.971	283	10.000	543	20.971	1,20	1,10-1,26
Total síntomas	310	27.753	340	26.921	650	54.674	1,13	1,03-1,18
Consulta *	210	420	197	406	407	826	1,13	0,93-1,22
IRA	144	201	133	221	277	422	1,00	0,77-1,13

IRA: Infección Respiratoria Aguda.

* Necesidad de consulta médica.

Tabla 3

Modelo multinivel de efectos mixtos de Poisson para la asociación entre síntomas respiratorios y contaminación atmosférica. Bucaramanga, Colombia, 2007-2008.

Variable	TIR	IC95%	Valor de p
Zona mayor contaminación	1,09	0,98-1,22	0.094
Historia de asma	1,93	1,88-1,97	0.000
Alto flujo vehicular	1,60	1,52-1,68	0.000
Suelo de tierra	1,17	1,07-1,28	0.001
Tenencia perro	0,90	0,88-0,92	0.000
Tenencia gato	0,88	0,85-0,91	0.000

TIR: tasa de incidencia relativa.

quienes estudiaron en Chile el efecto de la contaminación ambiental sobre la presentación de bronquiolitis aguda en menores de un año y tampoco encontraron asociación significativa con esta variable, pero contrario a nuestros hallazgos la exposición a tabaco y la edad temprana fueron las variables más relacionados con esta enfermedad.

La evidencia epidemiológica de la asociación entre contaminación atmosférica y salud, y específicamente con asma o síntomas respiratorios es amplia^{20,21}. Sin embargo, estudios recientes sustentan que aunque existe un efecto de la contaminación externa, medida con PM₁₀ sobre la mortalidad y morbilidad respiratoria y cardiovascular aguda, en la mayoría de áreas urbanas la

evidencia es más fuerte para las partículas más finas (material particulado de 2,5 micras) y de forma similar a nuestros resultados, en otros estudios no parece tener una asociación robusta con niveles de PM₁₀, especialmente en niños^{22,23}.

En esta población los preescolares que necesitaron el uso de dispositivos de inhalación fue similar en las dos zonas, sin embargo el análisis de la incidencia por eventos muestra que la frecuencia de uso fue más alta en la zona de mayor contaminación. Asimismo, aunque la incidencia de IRA fue similar en los grupos, la tos con flemas y los estornudos fueron también más frecuentes en la zona de mayor contaminación. Estos hallazgos sugieren reacciones respiratorias más irritativas, además de las infecciosas, en los pre-

escolares expuestos a mayores niveles de PM_{10} , situación que podría explicar que también tuvieron más necesidad de consultas médicas, que es uno de los indicadores que más se ha relacionado positivamente con el aumento de las concentraciones de PM_{10} .

La presencia de alto flujo vehicular frente a la vivienda estuvo altamente relacionada con el desarrollo de síntomas respiratorios y no así la clasificación general de contaminación de la zona; estos hallazgos pueden indicar que la medición que se hace en forma global para las zonas, por medio de estaciones de monitoreo fijas, no parecen representar de forma adecuada la exposición real a contaminantes de cada vivienda y de cada individuo y que dentro de la misma zona es posible que existan diferentes gradientes de exposición que pueden diluir el efecto real de los contaminantes como el PM_{10} , que tienen como fuente principal las emisiones vehiculares. En este sentido, y a la luz de los resultados encontrados, es posible también que en la ciudad el gradiente de niveles extremos de contaminación no represente una brecha suficiente para evidenciar un efecto adverso al ajustar por otras variables de confusión; un estudio similar en niños con y sin asma en Bangkok, Tailandia ²⁴, demostró una asociación de síntomas respiratorios con PM_{10} , pero en éste los valores promedio diario eran superiores a $120\mu\text{g}/\text{m}^3$. Adicionalmente, es importante anotar que una vez iniciado el presente estudio se inició la construcción de la infraestructura vial de transporte masivo en la ciudad que obligó a realizar desvíos vehiculares temporales en los algunos tramos de la zona de alta contaminación, situación que pudo disminuir la cantidad de partículas contaminantes a las que estuvieron expuestos algunos preescolares de esta zona ²⁵.

Nuestros resultados indican que la presencia de mascotas domésticas, específicamente perros y gatos, tienen un efecto protector sobre la presentación de síntomas respiratorios. La relación entre exposición a animales domésticos y el desarrollo de enfermedades respiratorias alérgicas en la niñez es controvertida. Aunque algunos estudios han mostrado que la exposición a estos alérgenos se asocia con prevalencia de asma y exacerbaciones de la enfermedad ^{26,27}, otros estudios sugieren que la exposición temprana a estos animales puede reducir el riesgo de desarrollar síntomas alérgicos, asma y sibilancias ^{28,29,30,31,32}. En este sentido se ha propuesto la teoría de que altas exposiciones a productos microbianos, como endotoxinas bacterianas, a edades tempranas puede mediar inmunológicamente este efecto protector, especialmente en áreas metropolitanas ^{33,34,35}.

La historia de asma fue una variable que se mantuvo significativamente asociada a la presentación de síntomas respiratorios, especialmente en la zona de mayor contaminación. Aunque algunos estudios reportan que no hay cambios en la prevalencia de síntomas respiratorios y asma con la disminución de concentraciones de PM_{10} ³⁶, otros estudios muestran un mayor efecto de este contaminante en pacientes asmáticos ^{37,38}.

Una limitación de este estudio fue la cantidad de pérdidas en el seguimiento por cambios de residencia de algunos preescolares, especialmente en la zona de mayor contaminación, sin embargo, el análisis no mostró características diferenciales en los sujetos perdidos y el seguimiento de los niños de forma diaria por un periodo de un año aportó al estudio la posibilidad de analizar los datos por niños, según tiempo en riesgo, por lo cual no podrían explicarse los resultados por un sesgo de selección por pérdidas.

El reporte de los síntomas diarios mediante un calendario trató de controlar el sesgo de memoria, por parte de los padres o cuidadores, no obstante, su recolección se hizo de forma mensual de tal forma que es posible que exista algún grado de este tipo de sesgo en los registros a pesar del control telefónico semanal. De existir este sesgo, se dio de forma no diferencial en las dos zonas de medición y el sesgo del respondedor proxy ³⁹ (en este caso padres o de cuidadores) parece ser menor cuando se trata de eventos agudos y no accidentales.

Una posible explicación a los resultados respecto de la asociación entre la zona de contaminación y asma podría ser el hecho de que en la zona de menor contaminación había una mayor proporción de niños con diagnóstico médico de asma (10,7 vs. 6,3) y por tanto éstos niños con asma podrían tener más atención por parte de sus padres, que de alguna manera mitigara el efecto de la contaminación externa. Sin embargo, esta hipótesis no parece la más plausible, ya que los resultados muestran que, a pesar de tener menor presencia de niños con diagnóstico de asma, la zona de mayor contaminación presentó durante el seguimiento mayor incidencia de uso de dispositivos de inhalación y de consultas médicas.

De esta forma, la falta de asociación concluyente entre la concentración de PM_{10} y el desarrollo síntomas respiratorios en esta población de preescolares con alta prevalencia de asma, sugiere que bajo condiciones ambientales y de contaminación atmosférica similar, el efecto de la condición ambiental intradomiciliaria parece ser mayor que la extradomiciliaria, especialmente en niños con historia de asma.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la asociación entre contaminación atmosférica y el desarrollo de síntomas respiratorios en preescolares de Bucaramanga, Colombia. Se realizó un estudio de cohorte durante un año, registrando síntomas en preescolares residentes en dos zonas de la ciudad con mediciones extremas de PM₁₀ y se ajustó por variables individuales y residenciales con un modelo multinivel. Se siguieron 707 preescolares. El estornudo y la tos con flemas fueron los síntomas más frecuentes con tasas de incidencia de 277,2 y 203,3 eventos por 100 niños-mes en riesgo. En la zona de mayor contaminación, un incremento de 10µg/m³ en la concentración atmosférica de PM₁₀ incrementó en 1,3 el número de síntomas diarios reportados. El análisis multinivel mostró ausencia de asociación entre PM₁₀ y síntomas respiratorios y que la historia de asma, la exposición a alto flujo vehicular frente a la vivienda, la presencia de animales domésticos y de suelos de tierra, son las variables que tienen mayor efecto sobre la presencia de síntomas en esta población de preescolares.

Contaminación del Aire; Signos y Síntomas Respiratorios; Preescolar

Colaboradores

L. A. R. Villamizar fue responsable del diseño, coordinación de campo, análisis de los datos y redacción del artículo. A. B. H. López contribuyó con el trabajo de campo, análisis de los datos y redacción del artículo. H. C. Ortiz participó de la coordinación y análisis de información ambiental y meteorológica y de la revisión del artículo. J. N. Velázquez contribuyó con el diseño del instrumento de síntomas respiratorios y orientación clínica en trabajo de campo, apoyo en análisis de datos y revisión artículo. L. M. V. Cala participó del diseño metodológico, análisis de datos y revisión del artículo.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Dr. Luis Carlos Orozco Vargas por su orientación y revisión crítica de los resultados del estudio. Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias; Proyecto No. 6517-345-19008).

Referencias

- Bernstein JA, Alexis N, Barnes C, Berstein IL, Bernstein J, Nel A, et al. Health effects of air pollution. *J Allergy Clin Immunol* 2004; 114:1116-23.
- Zeller M, Giroud M, Royer C, Benatru I, Besancenot JB, Rochette L, et al. Air pollution and cardiovascular and cerebrovascular disease: epidemiologic data. *Presse Med* 2006; 35:1517-22.
- López AD, Mathers CD, Ezzati M, Jamison DT, Murray CJ. Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet* 2006; 367:1747-57.
- Delfino R. Epidemiologic evidence for asthma and exposure to air toxics: linkages between occupational, indoor, and community air pollution research. *Environ Health Perspect* 2002; 110:573-89.
- Chen Y, Craig I, Krewski D. Air quality risk assessment and Management. *J Toxicol Environ Health A* 2008; 71:24-39.
- Riedl M. The effect of air pollution on asthma and allergy. *Curr Allergy Asthma Rep* 2008; 8:139-46.
- Liu Y, Lee K, Pérez-Padilla R, Hudson N, Mannino DM. Outdoor and indoor air pollution and COPD-related diseases in high and low income countries. *Int J Tuberc Lung Dis* 2008; 12:115-27.
- Viegi G, Maio S, Pistelli F, Baldacci S, Carrozzi L. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease: health effects of air pollution. *Respirology* 2006; 11:523-32.
- Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004; 351:1057-67.
- Chauhan AJ, Johnston SL. Air pollution and infection in respiratory illness. *Br Med Bull* 2003; 68:95-112.
- Gold DR, Wright R. Population disparities in asthma. *Annu Rev Public Health* 2005; 26:89-113.
- Brunckreef B, Forsberg B. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur Respir J* 2005; 26:187-8.
- Rohde G. The effects of air pollution and climate change on pulmonary diseases. *Dtsch Med Wochenschr* 2008; 133:733-6.
- Dennis R, Caraballo L, García E, Caballera A, Aristizábal G, Córdoba H, et al. Asthma and other allergic conditions in Colombia: a study in 6 cities. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2004; 93:568-74.

15. Asher M, Keil U, Anderson H, Beasley R, Crane J, Martínez F, et al. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC): rationale and methods. *Eur Respir J* 1995; 8:483-91.
16. Fernández M, Benítez-Fernández M, Miranda M, Grima F. Validation of the Spanish version of the Phase III ISAAC questionnaire on asthma. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2005; 15:201-10.
17. Moura M, Junger WL, Mendonça GAS, Ponce de Leon A. Air quality and emergency pediatric care for symptoms of bronchial obstruction categorized by age bracket in Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saúde Pública* 2009; 25:635-44.
18. Schildcrout JS, Sheppard L, Lumley T, Slaughter JC, Koenig JO, Shapiro GG. Ambient air pollution and asthma exacerbations in children: an eight-city analysis. *Am J Epidemiol* 2006; 164:505-17.
19. Zamorano A, Márquez S, Aránguiz J, Bedregal P, Sánchez I. Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental. *Rev Méd Chile* 2003; 131:1117-22.
20. Romero M, Mas P, Lacasaña M, Téllez M, Aguilar J, Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. *Salud Pública Méx* 2004; 46:222-33.
21. Romeo E, De Sario M, Forastiere F, Compagnucci P, Bergamashi A, Perucci CA. PM10 exposure and asthma exacerbations in pediatric age: a meta-analysis of panel and time series studies. *Epidemiol Prev* 2006; 40:245-54.
22. Brunekreef B, Forsberg B. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur Respir J* 2005; 26:309-18.
23. Ward DJ, Ayres JG. Particulate air pollution a panel studies in children: a systematic review. *Occup Environ Med* 2004; 61:e13.
24. Preutthipan A, Udomsubpayakul U, Chaisupamongkollarp T, Pentamwa P. Effect of PM10 pollution in Bangkok on children with and without asthma. *Pediatr Pulmonol* 2004; 37:187-92.
25. Castro H, Campos M, Rodríguez L, Herrera A. Efecto de la construcción de la infraestructura vial para el transporte masivo "metrolínea" sobre la calidad del aire en dos zonas de Bucaramanga. *Revista del Observatorio de Salud Pública de Santander* 2009; 4:22-6.
26. Platts-Mills TA, Vervolet D, Thomas WR, Aalberse RC, Chapman MD. Indoor allergens and asthma: report of the Third International Workshop. *J Allergy Clin Immunol* 1997; 100:S2-24.
27. Salo P, Xia J, Jhonson A, Li Y, Avol E, Gong J, et al. Indoor Allergens, asthma, and asthma-related symptoms among adolescents in Wuhan, China. *Ann Epidemiol* 2004; 4:543-50.
28. Riedler J, Braun-Fährlander C, Eder W, Schreuer M, Waser M, Maisg S, et al. Exposing to farming in early life and development of asthma and allergy: a cross-sectional survey. *Lancet* 2001; 358:1119-33.
29. Ownby DR, Johnson CC, Peterson EL. Exposure to dog and cats in the first year of life and risk of allergic sensitization at 6 to 7 years of age. *JAMA* 2002; 288:963-72.
30. Johnson CC, Alford SH. Do animal on the farm and in the home reduce the risk of pediatric atopy? *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2002; 2:133-9.
31. Remes ST, Castro-Rodríguez JA, Hollberg JC, Martínez FD, Wright AL. Dog exposure in infancy decrease the subsequent risk of frequent wheeze but not atopy. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 108:509-15.
32. Celedón J, Litonjua A, Ryan L, Platts-Mills T, Weiss ST, Gold DR. Exposure to cat allergen, maternal history of asthma, and wheezing in first 5 years of life. *Lancet* 2002; 360:781-2.
33. Liu AH, Leung DY. Modulating the early allergic response with endotoxin. *Clin Exp Allergy* 2000; 30:535-9.
34. Platts-Mills T, Vaughan J, Squillace S, Woodfolk J, Sporik R. Sensitization, asthma, and modified Th2 response in children exposed to cat allergen: a population-based cross-sectional study. *Lancet* 2001; 357:752-6.
35. Gereda JE, Klinnert MD, Price MR, Leung DY, Liu AH. Metropolitan home living conditions associated with indoor endotoxin levels. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 107:790-6.
36. Bayer-Oglesby L, Grize L, Gassner M, Takken-Sahli K, Sennhauser FH, Neu U, et al. Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect* 2005; 113:1632-7.
37. Mar TF, Larson TV, Stier RA, Claiborn C, Koenig JO. An analysis of the association between respiratory symptoms in subjects with asthma and daily air pollution in Spokane, Washington. *Inhal Toxicol* 2004; 16:809-15.
38. Pénard-Morand C, Charpin D, Raheison C, Kopfershmitt C, Caillaud D, Lavaud F, et al. Long-term exposure to background air pollution related to respiratory and allergic health in schoolchildren. *Clin Exp Allergy* 2005; 35:1279-87.
39. Rajmil L, Fernández E, Gispert R, Rué M, Glutting JB, Plasencia G, et al. Influence of proxy respondents in children's health interview surveys. *J Epidemiol Community Health* 1999; 53:38-42.

Recibido el 15/May/2009

Versión final presentada el 23/Feb/2010

Aprobado el 03/May/2010