

# Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007

## Air pollution and respiratory illness in children aged less than 5 years-old in Bogotá, 2007

Luis J. Hernández-Flórez<sup>1</sup>, Gustavo Aristizabal-Duque<sup>2</sup>, Leonardo Quiroz<sup>2</sup>, Katalina Medina<sup>3</sup>, Natalia Rodríguez-Moreno<sup>4</sup>, Rodrigo Sarmiento<sup>5</sup> y Samuel D. Osorio-García<sup>6</sup>

1 Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. luhern@uniandes.edu.co

2 Ministerio de Salud y Protección Social. Bogotá, Colombia. gusarist@hotmail.com; leoquiroz45@hotmail.com

3 Secretaría Distrital de Salud. Bogotá, Colombia. ekmedina@saludcapital.gov.co

4 Hospital Pablo VI Bosa. Bogotá, Colombia. nataliarodriguezmoreno@gmail.com

5 Secretaría Distrital de Salud. Bogotá, Colombia. sarmientorodrigo@hotmail.com

6 Hospital Vista Hermosa. Bogotá, Colombia. sdosoriog@unal.edu.co

Recibido 5 Julio 2012/Enviado para Modificación 05 Agosto 2012/Aceptado 21 Agosto 2012

### RESUMEN

**Objetivos** Determinar la relación entre contaminación del aire extra e intramuros por material particulado PM<sub>10</sub> con síntomas respiratorios en niños menores de 5 años en tres localidades del Distrito Capital.

**Métodos** Estudio de cohortes. 315 niños y niñas de jardines ubicados en zona de mayor exposición a material particulado PM<sub>10</sub>, y 304 de jardines en zona de menor exposición. Se siguieron las cohortes por 19 semanas, teniendo en cuenta síntomas respiratorios. Se midió material particulado intramuros y extramuros en los jardines. Se determinaron prevalencias y asociación entre variables.

**Resultados** Hubo una diferencia de promedios de MP intramuros entre mayor y menor exposición de 85.6 µg/m<sup>3</sup> vs. 61.8 µg/m<sup>3</sup> (p<0,05). 74.3 % de los niños presentaron sibilancias en el último año, con diferencia entre mayor y menor exposición de 79,6 % vs 69,0 % (p<0,05). Sibilancias y expectoración estuvieron asociados a mayor exposición a PM<sub>10</sub> (RR 1,39 y 1,30). Factores asociados a síntomas respiratorios: tabaquismo pasivo, el antecedente de bajo peso al nacer, el antecedente de sibilancias, la cercanía del jardín o vivienda a menos de 100 metros de chimeneas, vías de alto flujo vehicular, vías en mal estado y colecho.

**Discusión** Un niño menor de 5 años expuesto a PM<sub>10</sub> tiene 1,70 veces más riesgo de presentar ausentismo escolar por enfermedad respiratoria aguda, una disminución del PM<sub>10</sub> reduciría en un 41,1 % este ausentismo escolar.

**Palabras Clave:** Material particulado, contaminantes del aire, enfermedades respiratorias, asma (*fuentes: DeCS, BIREME*).

## ABSTRACT

**Objetivos** Determining the relationship between indoor and outdoor air pollution caused by particulate matter PM<sub>10</sub> and respiratory symptoms in children aged younger than 5 years-old in three locations in Bogota.

**Methods** This was a cohort study, involving 315 children in kindergartens located in the area of greatest exposure to PM<sub>10</sub>, and 304 in kindergartens located in an area of less exposure. The cohort was followed-up for 19 weeks considering respiratory symptoms. Particulate matter was intramurally and extramurally measured in the kindergartens. Prevalence and association between variables were determined.

**Results** There was a difference regarding average intramural PM between higher and lower exposure (85.6 ug/m<sup>3</sup>cf 61.8 g/m<sup>3</sup>; p<0.05); 74.3 % of the children had suffered wheezing during the last year, difference between greater and lesser exposure being 79.6 % cf 69.0 % (p<0.05). Wheezing and coughing were associated with greater exposure to PM<sub>10</sub> (RR 1.39 and 1.30). Factors associated with respiratory symptoms concerned passive smoking, having a history of low birth weight, a history of wheezing, a child's kindergarten or home being within 100 meters of (industrial) chimneys, high traffic flow routes, roads in disrepair and bed-sharing.

**Discussion** A child aged less than 5 years-old exposed to PM<sub>10</sub> had a 1.7 times higher risk of truancy due to acute respiratory illness; a decrease in PM<sub>10</sub> reduced such truancy by 41.1 %.

**Key Words:** Particulate matter, air pollutant, respiratory tract disease, asthma (*source: MeSH, NLM*).

La medición de los efectos en salud por la contaminación debida a material particulado es un tema que cada vez cobra más vigencia. Diversos estudios muestran una creciente evidencia de los efectos en morbilidad atendida y mortalidad por material particulado fino (1).

Los estudios usualmente determinan como indicador de exposición el promedio diario de material particulado respirable, lo cual según la OMS constituye la guía a corto plazo, y las medias anuales corresponden a las guías a largo plazo. Entonces la OMS establece las siguientes guías de calidad de aire para PM<sub>10</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup> media anual, y de 50 µg/m<sup>3</sup> media de 24horas (2). Estas guías de calidad de aire se fundamentan en la evidencia de estudios epidemiológicos los cuales muestran que a partir de estos valores los efectos en salud aumentan significativamente. Sin embargo, para material particulado respirable no se ha encontrado un umbral de concentración bajo el cual ningún efecto en salud ocurra (3).

La exposición diaria de una persona a la contaminación del aire es la sumatoria de sus exposiciones a varios ambientes a lo largo del tiempo. Estos espacios particulares de exposición se conocen como microambientes y pueden variar a lo largo del día. La exposición en cada microambiente es el producto de la concentración del contaminante en particular por el tiempo que permaneció la persona en cada uno de estos espacios (vivienda, jardín infantil). La exposición no debe ser confundida con dosis que es la cantidad de contaminante absorbido. Mientras más microambientes se estudien, se obtiene una mejor valoración de la exposición diaria. El promedio diario de una concentración ambiental (extramuros) de contaminante es una aproximación a la exposición real de la persona (4). Se ha considerado que la contaminación del aire intramuros puede ser cinco veces más alta en un país en vías de desarrollo que en uno desarrollado (5), y también puede ser mayor que la extramuros (6).

La exposición a material particulado, puede producir efectos a corto y largo plazo. Se entiende por efectos a corto plazo aquellos eventos de morbilidad o mortalidad que pueden ocurrir en un periodo menor a una semana después de la exposición (4). Esto implica mediciones de exposición con intervalo inferior a una semana, es decir promedios diarios. Los efectos a largo plazo implican mediciones de exposición como las medias anuales.

Existe evidencia de que la contaminación del aire por material particulado (MP) está asociada con enfermedad respiratoria especialmente en niños menores de 5 años (7). Los niños que viven en áreas altamente contaminadas son más propensos a buscar atención médica por síntomas respiratorios y crisis de asma (8). Se ha establecido que el hábito de fumar en familiares o personas que conviven con el niño, puede causar enfermedad respiratoria aguda y producir sibilancias. También hay evidencia de que la contaminación del aire especialmente por material particulado disminuye la función pulmonar, produce exacerbaciones de crisis de asma y aumenta las tasas de hospitalización por esta causa (9).

En Latinoamérica se han realizado varios tipos de diseños epidemiológicos para determinar la relación entre contaminación del aire y la salud, la mayoría de los cuales han sido series de tiempo, aunque también se han llevado a cabo estudios transversales y de cohorte. Los estudios en su mayoría han buscado relacionar la contaminación del aire extramuros con mortalidad por causas respiratorias. Los estudios sobre morbilidad se han

centrado básicamente en la llamada morbilidad atendida, es decir visitas diarias a la sala de emergencia o de admisión hospitalaria. Hay consenso en que los estudios de morbilidad son más sensibles que los de mortalidad para establecer relaciones entre calidad de aire por contaminantes como MP y efectos en salud (10).

La contaminación del aire en Bogotá se da por diversos contaminantes dentro de los cuales el que más excedencias presenta por encima de la norma de calidad de aire es el MP. Las mediciones en espacios extramuros han mostrado valores promedios diarios que exceden la norma de calidad de aire en el 70,0 % de los días del año. También se ha evidenciado la presencia de MP en el espacio intramuros como extensión contaminación extramural o por la presencia de fuentes de emisión al interior de las viviendas o de los jardines infantiles (intramuros) (11).

La cercanía de jardines infantiles a fuentes de emisión de MP como chimeneas o vías de alto flujo vehicular constituye un factor de riesgo para enfermedad respiratoria, especialmente si se tiene en cuenta que los niños y niñas menores de 5 años pasan la mayor parte del día al interior de estos jardines.

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre contaminación del aire extra e intramural por material particulado  $PM_{10}$  y su asociación con síntomas respiratorios en niños menores de 5 años en tres localidades del Distrito Capital.

## MÉTODOS

### Estudio de cohortes

Se desarrolló en el periodo julio-diciembre del 2007, en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón de Bogotá (Colombia). Se calculó una muestra de 300 individuos (niños y niñas) en cohorte expuesta y 300 en no expuesta, mediante el programa EPI 2000. Se partió de los siguientes presupuestos: nivel de confianza de 95 %, potencia de 80 %, RR estimado de 1,5 e incidencia esperada del 30,0 % de morbilidad respiratoria en población expuesta según el reporte de los boletines de enfermedad respiratoria aguda del distrito capital. Se tuvo en cuenta un aumento del 20,0 % en el tamaño muestral por posibilidad de deserción de los participantes.

Se escogieron por conveniencia 9 jardines infantiles públicos de las localidades comentadas, 5 jardines (315 niños) ubicados en zonas de mayor exposición a MP, y 4 (304 niños) en zonas de menor exposición. Los niños y niñas debían pasar la mayor parte de su tiempo en el jardín (7 am-5 pm) y su vivienda estar a menos de 1 km del jardín.

Se consideró como jardín en zona de mayor exposición a MP el que estuviera a una distancia menor de 100 metros de fuentes fijas o móviles de mayor emisión de este contaminante: vías en mal estado, vías de alto flujo vehicular, presencia de chimeneas, y zonas industriales. Los jardines infantiles ubicados en zona de menor exposición estaban a más de 100 metros de fuentes fijas o móviles de emisión de MP y en zonas catalogadas como residenciales.

Se obtuvo consentimiento informado previa reunión de sensibilización a padres y maestros de los jardines infantiles seleccionados. Se realizó una encuesta inicial de caracterización de los niños utilizando el instrumento aplicado inicialmente en el estudio “Asthma and Persistent Wheeze in the Harvard Six Cities” (12) con ajustes incorporados de la encuesta ISAAC (International Study on Asthma and Allergies in Childhood) (13) y modificaciones al medio colombiano por Solarte en el año 1999 (14).

Posteriormente se realizó seguimiento de las cohortes durante 19 semanas utilizando un formato de diario de síntomas validado por Solarte y colaboradores (14). Se aplicó un instructivo de ayuda al entrevistador en el que se estandarizaban los principales síntomas respiratorios para diligenciar el formato y para la entrevista con padres o cuidadores. Si un niño presentaba enfermedad respiratoria se remitía al servicio de salud de los hospitales del área de influencia.

Se ubicaron monitores de medición de MP intramuros y extramuros en tres jardines infantiles representativos: dos de mayor exposición y uno de menor exposición. Se siguieron las normas de estandarización en ubicación de equipos gravimétricos tipo low vol (muestreador Low-vol de marca OMNI BGI) los cuales fueron ubicados en el patio cercano al cuarto de cocina y a uno de los salones en el que los niños realizan diferentes actividades. Se compararon las excedencias y promedios de MP entre la mediciones intramuros y extramuros (red de monitoreo de calidad de aire).

Para el análisis estadístico se calcularon las prevalencias para cada una de las variables con sus respectivos intervalos de confianza, para lo

cual se utilizó la corrección de varianza por muestreos de conglomerados. Posteriormente se evaluó la asociación de las variables de interés en función de la exposición mediante la implementación de pruebas chi-cuadrado y se calcularon razones de prevalencia y OR crudas y ajustadas mediante regresión logística con sus respectivos intervalos de confianza. Para la cohorte se calcularon tasas de incidencia y razones de tasas de incidencia usando Epidat, luego se construyeron modelos de regresión de Poisson mediante SPSS para evaluar la asociación entre las variables analizadas y las tasas de los síntomas de interés.

## RESULTADOS

### Población estudiada

Un total de 619 individuos menores de 5 años en 9 jardines infantiles de las tres localidades: 315 de jardines infantiles con mayor exposición a material particulado  $PM_{10}$ , y 304 de jardines con menor exposición. No se evidenció diferencia por edad y sexo entre el grupo de más exposición (promedio de edad 30,6 meses, rango 6-58 meses) y el de menor exposición (promedio de edad 31,5 meses, rango 6-59 meses). El sexo masculino representó el 54,9 % (n=340) y el femenino el 45 % (n=279).

### Valoración de la Concentración a $PM_{10}$ intramuros y extramuros en los Jardines Infantiles

La Tabla 1 muestra las concentraciones de  $PM_{10}$  durante 144 días de monitoreo. Hay diferencia en el promedio de  $PM_{10}$  extramuros entre el jardín más expuesto ( $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y menos expuesto ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la localidad de Puente Aranda. En el jardín infantil menos expuesto de esta misma localidad se presentó un mayor promedio de  $PM_{10}$  intramuros que extramuros:  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vs  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ningún jardín infantil presentó valores promedio diarios por encima de la norma EPA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). No hay diferencia significativa estadísticamente entre los promedios de  $PM_{10}$  extramuros del jardín más expuesto de Puente Aranda y la autoridad ambiental. Se evidencia una diferencia significativa estadísticamente entre las concentraciones promedio de  $PM_{10}$  extramuros del jardín menos expuesto de esta localidad y lo encontrado por la autoridad ambiental.

**Tabla 1.** Concentración de Material particulado PM<sub>10</sub> en Jardines Infantiles según exposición. 2007

Tipo estimador	Puente Aranda					Fontibón	
	Jardín infantil más expuesto No.1		Jardín infantil menos expuesto No.2	Red monitoreo autoridad ambiental		Jardín infantil más expuesto No.3	Red monitoreo autoridad ambiental
	Intra (µg/m <sup>3</sup> )	Extra (µg/m <sup>3</sup> )	Intra (µg/m <sup>3</sup> )	Extra (µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	Extra (µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
Promedio	86	91	62	50	95	69	104
IC 95%	77,3-93,9	77,4-104,6	55,7-67,9	44,9-55,4	88,7-101,5	56,6-72,6	98,9-109,0
Mediana	80	77	57	49	92	69	98
Mínimo	12	16	6	8	47	35	52
Máximo	268	377	136	121	179	125	167
p25	61	51	41	29	69	55	86
p50	80	77	57	49	92	69	98
p75	108	109	80	70	113	81	113

Fuente: Hospital del Sur y Fontibón. Año 2007

En la localidad de Fontibón el promedio de PM<sub>10</sub> extramuros es también más alto en la medición de la autoridad ambiental con respecto al jardín infantil más expuesto de esta localidad, con significancia estadística.

### Prevalencia de síntomas respiratorios

Como se puede apreciar en la Tabla 2, la prevalencia de sibilancias fue más alta en los niños que viven en la zona de mayor exposición a material particulado. En este mismo grupo de niños la prevalencia de sibilancias con resfriados y número de episodios de sibilancias es también mayor. La frecuencia de episodios de silbidos aumenta de acuerdo con la exposición. La prevalencia de “tos con frecuencia” fue de 33,3 % y de “tos al levantarse temprano” 54,4 % (Tabla 4).

### Estudio de cohorte

Los días de observación oscilaron entre 7 y 119 días, con una media de seguimiento de 102 días. El 47,3 % (n=293) de los 619 niños cumplió un seguimiento de por lo menos 119 días, mientras que en el 5,3 % (n = 33) el seguimiento fue menor a 30 días. En el grupo de niños más expuestos se observa mayor cantidad de los síntomas: tos, expectoración, silbidos, ojos rojos, fiebre, ahogo y ausentismo escolar por enfermedad respiratoria.

**Tabla 2.** Síntomas respiratorios en jardines infantiles 2007

Variable	Total N (%) [IC 95 %]	Mayor exposición N(%) [IC 95 %]	Menor exposición N (%) [IC 95 %]	RP [IC95 %]
<b>Sibilancias</b>				
En el último año**	313 (74,3) [70,1-78,6]	168 (79,6) [74,1-85,0]	145 (69,0) [62,7-75,3]	1,2 [1,0-1,3]
Con los resfriados**	356 (57,5) [53,6-61,4]	196 (62,2) [56,8-67,5]	160 (52,6) [47,0-58,2]	1,2 [1,0-1,4]
<b>Episodios de Sibilancias en el último año</b>				
1-3**	226 (72,2) [67,2-77,1]	110 (65,5) [58,2-72,7]	116 (80,0) [73,4-86,5]	0,8 [0,7-0,9]
4-12**	61 (19,5) [15,0-23,9]	42 (25,0) [18,4-31,5]	19 (13,1) [7,5-18,6]	1,9 [1,2-3,1]
>12**	19 (6,1) [3,4-8,7]	15 (8,9) [4,5-13,2]	4 (2,8) [0,0-5,4]	3,2 [1,1-9,6]
<b>Tos y expectoración</b>				
Tos con frecuencia	206 (33,3) [29,5-37,0]	92 (29,2) [24,1-4,2]	114(37,5) [32,0-42,9]	0,8 [0,6-1,0]
Tos al levantarse o temprano en la mañana	112 (54,4) [47,5-61,2]	53 (57,6) [47,4-67,7]	59 (51,8) [42,5-61,0]	1,1 [0,9-1,4]

Fuente: Hospital del Sur y Fontibón. Año 2007.

### Razón de tasas de incidencia

La Tabla 3 muestra el resultado de cálculo de las razones de tasas de incidencia RR según mayor y menor exposición a la contaminación del aire a MP intra y extramuros.

**Tabla 3.** Razón de tasas de incidencia de síntomas día y noche, 2007

Síntoma	Razón de tasas de incidencia	IC (95 %)
<b>Síntomas individuales</b>		
Expectoración o flemas de 1 o más días de evolución	1,3	1,1-1,5
Silbadera o hervidera de pecho de 1 o más días de evolución	1,4	1,1-1,7
Fiebre de 3 o más días de evolución	1,6	1,1-2,3
Rinorrea de 3 o más días de evolución	1,2	1,1-1,3
Faltó al colegio por enfermedad respiratoria uno o más días	1,7	1,3-2,2
Tos de 3 o más días de evolución	1,1	1,0-1,2
Ahogo o dificultad para respirar de 1 o más días de evolución	0,8	0,6-1,0
Nariz tapada de 3 o más días de evolución	1	0,8-1,1
Ojos rojos o con rasquiña de 3 o más días de evolución	1,2	0,8-1,8
Dolor de cabeza de 3 o más días de evolución	0,7	0,3-1,4
Consulta médica por enfermedad respiratoria uno o más días	0,7	0,4-1,0
<b>Síntomas combinados</b>		
Tos y flemas de 3 o más días de evolución	1,1	1,0-1,3
Expectoración y silbidos	1,6	1,3-1,9
Tos y Ahogo	1	0,9-1,1
Síntomas ONG : ojos , Nariz tapada, rinorrea, fiebre y dolor de cabeza	1	0,9-1,0

Fuente: Hospital del Sur y Fontibón. Año 2007

## Síntomas agrupados

En la Tabla 3 se observa que los síntomas agrupados: “tos y flemas”, “expectoración y silbidos” presentan razones de tasa de 1,14 y 1,57 respectivamente con significancia estadística.

## Análisis multivariado

Al realizar la regresión multivariada (Poisson) se identificaron los factores asociados al respectivo síntoma respiratorio en forma individual y agrupada (Tabla 4). Luego de ajustar por todas las variables independientes incluidas se mantiene la exposición a  $PM_{10}$  como factor de riesgo. Se evidencian otros factores ambientales como la cercanía a fuentes de emisión dadas por el tipo de tráfico, la presencia de edificaciones o vías en construcción a menos de 100 metros de la vivienda, y las fuentes de emisión dentro del hogar como el tabaquismo pasivo y la existencia de fábrica o negocio dentro de la vivienda. Se mantuvieron los factores de riesgo personales: antecedente de bajo peso al nacer y sibilancias en el último año. Un factor de riesgo familiar es el co-lecho (niño que duerme con otra persona). Se resalta también la asociación entre exposición a  $PM_{10}$  y el ausentismo escolar por enfermedad respiratoria aguda.

**Tabla 4.** Factores asociados a los síntomas respiratorios, individuales y agrupados, 2007

Factor	Evento	IRR	p	IC 95 %
Exposición a $PM_{10}$	Tos con Expectoración	1,2	0,031	1,0-1,4
	Rinorrea	1,1	0,045	1,0-1,2
	Ausentismo escolar	1,7	0,000	1,3-2,3
	Silbidos	1,3	0,041	1,0-1,6
	Total	1,1	0,001	1,0-1,2
Peso al nacer menor de 2500 g	Tos con Expectoración	1,3	0,003	1,1-1,6
	Ahogo	1,7	0,009	1,1-2,6
	Silbidos	1,8	0,000	1,4-2,5
	Nariz tapada	1,6	0,000	1,2-2,0
	Total	1,2	0,000	1,1-1,4
Sibilancias en el último año	Rinorrea	1	0,029	1,0-1,2
	Ahogo	1,9	0,010	1,2-3,2
	Fiebre	2	0,042	1,0-3,9
	Silbidos	1,7	0,000	1,4-2,2
	Total	1,1	0,000	1,1-1,2
Personas que viven con el niño fuman	Rinorrea	1,1	0,026	1,0-1,2
	Fiebre	1,5	0,023	1,1-2,2
Edificaciones o vías en construcción a menos de 100 metros de la vivienda	Rinorrea	1,1	0,045	1,0-1,2
Trafico mediano	Ojos, nariz, garganta	1,9	0,020	1,1-3,1
Trafico mediano	Ojos, nariz, garganta	1,9	0,020	1,1-3,1
Trafico suave	Total	0,9	0,029	0,9-1,0
	Tos	1,9	0,000	1,5-2,5
	Expectoración	1,9	0,002	1,3-2,9
Co-lecho	Tos con expectoración	1,6	0,009	1,1-2,2
	Nariz tapada	1,4	0,004	1,1-1,7

Fuente: Hospital del Sur y Fontibón. Año 2007

## DISCUSIÓN

Comparación investigaciones previas: en el presente estudio la contaminación del aire estuvo asociada a sibilancias, tos y ahogo, rinorrea, y al ausentismo escolar. Estos hallazgos son consistentes con lo descrito por McCormack y colaboradores, quienes realizaron un estudio de cohorte durante 6 meses en 150 niños asmáticos de 2-6 años que mostró asociación entre el incremento de los niveles de material particulado intramuros y la severidad de los síntomas compatibles con asma en estos niños (15).

En el estudio ISAAC realizado en Cartagena en el año 1992 se estimó una prevalencia de síntomas compatibles con asma en niños tales como sibilancias o “hervidera de pecho” en el último año de 8,8 %. En el segundo estudio realizado en el año 2004 la prevalencia fue de 10,4 %. Para la Ciudad de Bogotá la prevalencia fue del 9,4 %. En el ISAAC del año 2002 realizado en Bogotá y publicado en el año 2008 la prevalencia de síntomas compatibles con asma fue de 10,4 % para el grupo de 6 - 7 años y de 8,6 % para el grupo de 13-14 años (16). En el presente estudio se estudiaron niños preescolares en los cuales usualmente es más alta la prevalencia de sibilancias: 68,0 % la sibilancia alguna vez y 74,3 % en el último año.

En un estudio desarrollado en Perú se observó una prevalencia de sibilancias en los últimos 12 meses de 4,1 % - 32,1 % en escolares de 6 - 7 años. Al comparar niños que viven y estudian cerca a vías de alto flujo frente a los que viven más lejos se observó mayor riesgo de diagnóstico de asma (OR=1,9; IC95 %:1,4-2,6) en el grupo de niños del mismo grupo de edad, en el cual también se reportó el haber tenido siempre sibilancias (OR=1,4; IC95 %:1,2-1,7), asma persistente (OR=1,4; IC95 %:1,1-1,7), o episodios de asma (OR=1,5; IC95 %:1,2-1,9) (17).

En el presente estudio se evidenció una asociación entre contaminación del aire por MP y ausentismo por enfermedad respiratoria en los niños preescolares que asisten a los jardines infantiles estudiados (RR:1,70; IC95 %:1,3-2,9). En otros diseños de cohorte se ha establecido asociación con exposiciones de corto tiempo con ozono. El ausentismo de escolares por ozono fue más evidente en sitios con bajos niveles promedio de  $PM_{10}$  a largo plazo. Lo contrario también se ha mostrado, es decir en los periodos de tiempo de alta exposición a MP se atenúa el efecto del  $O_3$  lo cual ocurre por el efecto de la estación climática predominante en el momento (18).

En la presente investigación no se disponía de datos de ozono ya que no se realizó medición de este contaminante.

La principal fuente de contaminación intramuros encontrada fueron las fuentes de emisión extramuros ubicadas a menos de 100 metros de los jardines infantiles, pudiéndose presentar problemas de ventilación en los mismos por ser ambientes cerrados que impiden la dispersión de material particulado. Estos hallazgos son similares a los encontrados por McCormack y colaboradores, quienes evidenciaron mayor contaminación intramuros que extramuros, lo cual se relacionó con la cercanía a fuentes de emisión de material particulado como vías de alto flujo vehicular (15).

En un estudio de cohorte realizado en los años 1994 en Chile donde se realizó seguimiento durante 26 semanas a 96 niños menores de dos años que residían en áreas de mayor y menor exposición a  $PM_{10}$ , se evidenció mayor número de casos de consulta por enfermedad respiratoria en los niños menos expuestos. En otro estudio en 1996 (La Habana) la cohorte fue de 1 030 escolares evidenciándose un riesgo relativo mayor que 1 en el asma bronquial y en la obstrucción nasal en los niños residentes en las zonas de mayor exposición en relación a los residentes en zonas de menor exposición (10).

En Bogotá en el año 1999 se realizó una cohorte de 545 niños en edad escolar entre los 5 y 15 años con un seguimiento durante 12 semanas dividiendo los niños según la residencia en mayor y menor exposición, evidenciándose una prevalencia elevada de síntomas respiratorios en los niños de la cohorte con un incremento de síntomas a medida que aumentaba el contaminante  $PM_{10}$  en especial para los síntomas de tos y flemas, silbidos, fiebre y dolor de cabeza (14). En otro estudio realizado por Aristizabal en el año 1997 en el cual se realizó una cohorte dinámica de 126 niños menores de 5 años con seguimiento durante 6 meses (19) reportó: incidencia de sibilancias de 8,0 por 1000 niños-día frente a lo evidenciado en el presente estudio que fue de 2,6 por 1 000 niños-día exposición. Incidencia de tos 21,0 por 1000 niños día frente a una incidencia de 10,7 por 1 000 niños-día exposición en el presente estudio. Incidencia de ausentismo escolar de 5,0 por 1000 niños día frente a 3,3 por 1 000 niños-día exposición del presente estudio.

La prevalencia de “silbidos en el pecho” en niños y niñas menores de 5 años del presente estudio fue de 68,0 %, en comparación con los

resultados del estudio realizado también en preescolares entre los 2 y 60 meses residentes en la localidad de Puente Aranda en el cual se obtuvo una prevalencia de 21,4 % para el mismo síntoma, mientras que en otros estudio realizados en niños de 5 a 14 años residentes en las localidades de Puente Aranda, Tunjuelito y Engativá la prevalencia de silbidos en el pecho fue de 38,0 % (14,19).

Estas diferencias pueden deberse a:

- Las definiciones de caso de los síntomas respiratorios: en el presente estudio se consideró como nuevo caso de síntoma respiratorio (reincidencia) si habían pasado al menos 7 días sin el respectivo síntoma; en el estudio de Aristizabal este tiempo fue de 2 días, lo cual puede llevar a sobrestimar la incidencia. Para los síntomas respiratorios altos y bajos estudiados los periodos de inducción y latencia son muy cortos (horas y días) por lo cual se considera que los efectos frente a la contaminación del aire son de corto plazo. Sin embargo los estudios realizados en México han señalado periodos de latencia hasta de 5 a 7 días, es decir una vez se da la exposición los efectos en salud pueden aparecer hasta este tiempo después. Este periodo de tiempo es el de inducción y latencia necesaria para la aparición de un nuevo síntoma respiratorio Por esta razón en la presente investigación se tuvo en cuenta un periodo de tiempo sin síntomas de 7 días (20).
- El periodo de estudio de Aristizabal fue el primer semestre del año el cual es caracterizado por la alta estacionalidad de enfermedad respiratoria.

Se considera que esta investigación, aporta al conocimiento acerca de la relación entre contaminación del aire extra e intramural por material particulado  $PM_{10}$  y su asociación con síntomas respiratorios en niños menores de 5 años de Bogotá, lo cual puede servir de base a investigaciones futuras relacionadas, y por otro lado es un sustento para la construcción de políticas públicas enfocadas a mitigar el efecto del ambiente en la salud infantil del Distrito Capital.

Se considera que se pudo presentar una mala clasificación de la exposición debido a que la cohorte expuesta se conformó según una mayor exposición tanto intramuros como extramuros, las cuales pueden presentar variaciones diarias en la concentración de  $PM_{10}$ . En la selección de los jardines infantiles que usualmente son conformados por niños y

niñas de bajo nivel socioeconómico en estas localidades tanto en mayor como en menor exposición. Así mismo, es posible que los cuidadores tiendan a seguir más a los niños con enfermedad respiratoria. Lo anterior, se trató de corregir en la medida que la selección de los jardines y de los niños fuera aleatorios.

El sesgo del entrevistador, al tratar de inducir respuestas se corrigió en la medida en que se utilizó un instructivo de preguntas, se realizó una capacitación y estandarización de los encuestadores, así como control de calidad en el 20 % al repetir las encuestas realizadas. El sesgo de la identificación del desenlace se corrigió con la estandarización de definiciones. El “sesgo del que responde” pudo haberse presentado en la medida que, por ejemplo, los niños con antecedente de enfermedad respiratoria tienden a tener un mejor seguimiento por parte del cuidador, lo que se corrigió mediante la valoración de los niños en la jornada diurna por parte de un cuidador de la salud capacitado. La pérdida de niños en el diario de síntomas fue inferior al 5 % ♦

## REFERENCIAS

1. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *The New England journal of medicine*. 2007 Feb 1;356(5):447-58. PubMed PMID: 17267905. Epub 2007/02/03. eng.
2. WHO World Health Organization. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2006. 20 de Marzo de 2013:[484 p.]. [Internet]. Disponible en: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>. Consultado Junio de 2011
3. Moschandreas DJ, Watson J, D'Abreton P, Scire J, Zhu T, Klein W, et al. Chapter three: methodology of exposure modeling. *Chemosphere*. 2002, 12; 49(9):923-46.
4. Ballester F, Saez M, Daponte A, Ordóñez JM, Taracido M, Cambra K, et al. El proyecto Emecas: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud. *Revista Española de Salud Pública*. 2005;79:229-42.
5. Mantzouranis EC. Taking your child's breath away--the extension of asthma's global reach. *The New England journal of medicine*. 2008 Mar 20;358(12):1211-3. PubMed PMID: 18354100. Epub 2008/03/21. eng.
6. McCreanor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ, Stewart-Evans J, Malliarou E, Jarup L, et al. Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Persons with Asthma. *New England Journal of Medicine*. 2007;357(23):2348-58. PubMed PMID: 18057337.
7. Gauderman WJ. Air pollution and children--an unhealthy mix. *The New England journal of medicine*. 2006 Jul 6;355(1):78-9. PubMed PMID: 16823000. Epub 2006/07/11. eng.
8. Kim JJ. Ambient air pollution: health hazards to children. *Pediatrics*. 2004 Dec;114(6):1699-707. PubMed PMID: 15574638. Epub 2004/12/03. eng.

9. Eder W, Ege MJ, von Mutius E. The Asthma Epidemic. *New England Journal of Medicine*. 2006;355(21):2226-35. PubMed PMID: 17124020.
10. OPS Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. 2005. 20 de Mayo de 2013. [internet]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsea/fulltext/contaminacion/contaminacion.pdf>. Consultado Junio de 2011.
11. Hernández LJ, Arciniegas A, Aristizábal A. Asociación entre la contaminación y la morbilidad por enfermedad respiratoria en tres localidades de Bogotá. Bogotá: Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, Hospital del Sur, Hospital de Fontibón; 2009.
12. Speizer FE. Asthma and persistent wheeze in the Harvard Six Cities Study. *Chest*. 1990 Nov;98(5 Suppl):191S-5S. PubMed PMID: 2226008. Epub 1990/11/01. eng.
13. Solé D, Vanna AT, Yamada E, Rizzo MC, Naspitz CK. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) written questionnaire: validation of the asthma component among Brazilian children. *Journal of investigational allergology & clinical immunology* : official organ of the International Association of Asthmology (INTERASMA) and Sociedad Latinoamericana de Alergia e Inmunología. 1998 ;8(6):376-82.
14. Solarte I, Caicedo M, Restrepo S, Pascual G, Londoño Trujillo D, Lozano JM, et al. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; 1999.
15. McCormack MC, Breyse PN, Matsui EC, Hansel NN, Williams D, Curtin-Brosnan J, et al. In-Home Particle Concentrations and Childhood Asthma Morbidity. *Environ Health Perspect*. 2009 Feb;117(2):294-8. PubMed PMID: 19270802. eng.
16. García E, Aristizabal G, Vasquez C, Rodriguez-Martinez CE, Sarmiento OL, Satizabal CL. Prevalence of and factors associated with current asthma symptoms in school children aged 6-7 and 13-14 yr old in Bogota, Colombia. *Pediatric allergy and immunology* : official publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology. 2008 Jun;19(4):307-14. PubMed PMID: 18208464. Epub 2008/01/23. eng.
17. Carbajal-Arroyo L, Barraza-Villarreal A, Durand-Pardo R, Moreno-Macias H, Espinoza-Lain R, Chiarella-Ortigosa P, et al. Impact of traffic flow on the asthma prevalence among school children in Lima, Peru. *The Journal of asthma* : official journal of the Association for the Care of Asthma. 2007 Apr;44(3):197-202. PubMed PMID: 17454338. Epub 2007/04/25. eng.
18. Gilliland FD, Berhane K, Rappaport EB, Thomas DC, Avol E, Gauderman WJ, et al. The effects of ambient air pollution on school absenteeism due to respiratory illnesses. *Epidemiology (Cambridge, Mass)*. 2001 Jan;12(1):43-54. PubMed PMID: 11138819. Epub 2001/01/04. eng.
19. Lozada HMG, Aristizabal G, Suescun J, Patiño RI. Contaminación del Aire y Enfermedad Respiratoria en la Población Infantil de Puente Aranda, Santa Fé de Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad del Bosque; 1997. 160 p.
20. Lacasaña-Navarro M, Aguilar-Garduño C, Romieu I. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud Pública de México*. 1999;41:203-15.