

PATOLOGÍAS RESPIRATORIAS EN NIÑOS PREESCOLARES Y SU RELACIÓN CON LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AIRE EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN (COLOMBIA)

Ana Milena Herrera Torres*
Carlos Alberto Echeverri Londoño**
Gabriel Jaime Maya Vasco***
Jaime Eduardo Ordóñez Molina****

Recibido: 10/09/2010

Aceptado: 20/05/2011

RESUMEN

Este estudio fue realizado por la Universidad de Medellín y la Universidad CES para la Secretaría de Salud del municipio de Medellín durante el período comprendido entre diciembre de 2006 y noviembre de 2007. El objetivo fue establecer la asociación entre la concentración de varios contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín y la presencia de patologías respiratorias en niños escolarizados.

Se trató de un estudio observacional, analítico, de cohorte, en una población de niños con edad igual o inferior a cinco años. En el estudio se encontró que los niños que residían en zonas de Medellín con altos niveles de PM_{2.5}, PM₁₀, hollín y plomo en el aire aumentan el riesgo de sufrir infecciones respiratorias o crisis asmáticas en un 49.3%.

Palabras clave: contaminación atmosférica, partículas finas, partículas respirables y patologías respiratorias.

* MD, Ph. D. Docente Facultad de Medicina de la Universidad CES. Investigadora Grupo Bioestadística. Dirección: Calle 10A N° 22-04. Teléfono: 444 05 55 extensión 327. Correo electrónico: aherrera@ces.edu.co. Fax: (04) 268 28 76

** Ingeniero químico, M. Sc. Ingeniería Ambiental. Jefe del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Medellín. Investigador del Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales. Dirección: Carrera 87 N° 30-65 bloque 4 oficina 104. Teléfono: 340 52 34. Correo electrónico: cecheverri@udem.edu.co. Fax: (574) 340 52 16

*** Ingeniero sanitario. M. Sc. Epidemiología. Docente del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Medellín. Investigador del Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales. Dirección: Carrera 87 N° 30-65 bloque 4 oficina 101. Teléfono: 340 54 07. Correo electrónico: gjmaya@udem.edu.co. Fax: (574) 340 52 16

**** MD Ph. D. Epidemiología. Docente Área de Epidemiología de la Universidad CES. Investigador del Grupo de Investigación en Epidemiología y Bioestadística. Dirección: Calle 10A N° 22-04. Teléfono: 444 05 55 extensión 650. Correo electrónico: jordonez@ces.edu.co. Fax: (04) 268 28 76

RESPIRATORY PATHOLOGIES IN PRESCHOOL CHILDREN AND THEIR ASSOCIATION TO AIR POLLUTANT CONCENTRATION IN MEDELLIN CITY (COLOMBIA)

ABSTRACT

This study was conducted by Universidad de Medellín and Universidad CES for Medellín Municipality Health Secretariat from December 2006 to November 2007. The purpose of this study was to establish the association between concentration of several air pollutants in Medellín City and the presence of respiratory pathologies in school children.

It was a cohort analytical observational study conducted to children of 5 years or younger. It was found that children residing in Medellín areas having PM_{2.5} and PM₁₀ levels of soot and lead in air are at a higher risk (49.3%) of suffering from respiratory infections or asthmatic disorders.

Key words: air pollution; fine particles; breathable particles; respiratory pathologies.

INTRODUCCIÓN

En muchas ciudades de América Latina la contaminación del aire es un problema importante de salud pública. La exposición a los contaminantes del aire de la población, que habitualmente se encuentran en las grandes ciudades, está asociada a un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Según la Organización Mundial de la Salud, la exposición a las partículas y al O_3 supone graves riesgos para la salud en muchas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible establecer una relación entre el nivel de contaminación y parámetros como la mortalidad o la morbilidad [1].

En América Latina se han desarrollado diferentes estudios para evaluar el efecto de la contaminación en la salud. Estos incluyen estudios de mortalidad y estudios sobre los efectos de las partículas suspendidas en los síntomas y funciones respiratorias entre niños y adultos. En Brasil, Chile y México se han realizado estudios sobre los efectos de la contaminación por partículas suspendidas totales sobre la mortalidad. En São Paulo se relacionó un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de partículas respirables con un aumento de 3% en la mortalidad diaria de adultos mayores de 65 años [2]. En Chile, se reportó un aumento de 0.8% (IC95%: 0.6-1.2%) en la mortalidad diaria debido a un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de partículas respirables [3]. En México, se observó un aumento de 0.5% (IC95%: 0.3-0.7%) de la mortalidad diaria por un aumento similar en la concentración de las partículas suspendidas totales diarias [4]. Estos resultados concuerdan con estudios similares realizados en otros lugares del mundo [5].

En Colombia, se estima que el costo promedio anual debido a la contaminación del aire en zonas urbanas es de 1.5 billones de pesos, donde el 65% está asociado con mortalidad y 35% con morbilidad. Además, se considera que las partículas suspendidas causan alrededor de 6.000 muertes

prematuras; 7.400 nuevos casos de bronquitis crónica; 13.000 hospitalizaciones y 255.000 visitas de emergencia anualmente en las grandes ciudades del país [6]. A pesar de esto, el país no cuenta hoy con lineamientos nacionales para la formulación de estrategias coordinadas, eficientes y equitativas, dirigidas a prevenir y controlar la contaminación del aire. Por fortuna, en los últimos años, la creciente preocupación por los graves efectos que tiene la contaminación sobre la salud de las personas se está viendo reflejada en los grandes esfuerzos aislados, de carácter local y sectorial, dirigidos a monitorear y vigilar los niveles de contaminación en las diferentes ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, El Valle de Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira); pero estas acciones no han sido evaluadas, sus logros no están documentados y sus beneficios son difícilmente comparables entre sí [7].

La contaminación atmosférica en los centros urbanos de nuestro país es un problema ambiental que solamente en los últimos años ha comenzado a recibir la atención que merece por parte de las autoridades y la comunidad científica. El crecimiento económico trae consigo el deterioro ambiental de las ciudades. Es por eso que los estudios tendientes a buscar algún tipo de asociación entre la contaminación del aire y los problemas de salud pública en Medellín son relativamente nuevos. Para destacar están los realizados por Combas y Palacio en 1997, y REDAIRE en 2005 [8, 9].

La Secretaría de Salud del municipio de Medellín, siendo coherente con las Políticas Nacionales, expresadas en el documento CONPES 3344 de marzo 14 de 2005 y con el Plan Regional sobre Calidad del Aire Urbano y Salud para el período 2000-2009 formulado por la Organización Panamericana de la Salud, da un paso importante al igual que otras instituciones del país, a la comprensión de la problemática de la contaminación atmosférica nacional. Este estudio fue realizado por la Universidad de Medellín y la Universidad CES para la Secretaría de Salud del municipio de

Medellín durante el periodo comprendido entre diciembre de 2006 y noviembre de 2007.

El objetivo de esta investigación es establecer la asociación entre la concentración de los principales contaminantes atmosféricos de Medellín y la manifestación de enfermedades respiratorias en niños menores de seis años.

1 MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio observacional, analítico, de tipo cohorte, en una población de niños con edad igual o inferior a cinco años residentes en la ciudad de Medellín.

1.2 Universo, población y muestra

El universo fueron todos los niños con edad igual o inferior a cinco años que vivían en zonas de la ciudad de Medellín con diferentes niveles de contaminación atmosférica. La población fueron todos los niños con edad igual o inferior a cinco años residentes en Medellín durante los años 2006 y 2007; la muestra se tomó de dicha población con los siguientes parámetros:

- Riesgo de enfermar en expuestos a la contaminación: 14%
- Riesgo de enfermar en no expuestos a la contaminación: 7%
- Razón no expuestos/expuestos: 1/1
- Nivel de confianza: 95%
- Potencia: 80%

Con base en las anteriores medidas, se obtuvo un tamaño de muestra de 328 niños con edad igual o inferior a cinco años en cada brazo de la investigación (expuestos/no expuestos); asimismo, y considerando que la probabilidad de pérdidas por tratarse de un estudio observacional podría llegar a ser de 10% durante los nueve meses de seguimiento de la población, se consideró finalmente un tama-

ño de muestra de 720 niños, es decir, 360 niños expuestos y 360 niños no expuestos.

1.3 Unidad de análisis

La unidad de observación y de análisis fueron todos los niños que ingresaron al estudio. La variable independiente fue el nivel de contaminación atmosférica por partículas respirables (PM10) al que estuvo expuesta la población de estudio.

La variable dependiente fue el número de consultas al médico general y al especialista, tanto de urgencias como electivas por motivo de patologías respiratorias que tuvieron los niños preescolares durante el periodo de observación, así como los costos directos generados por la atención de dichas patologías, incluyendo los días de estancia hospitalaria que generaron tales consultas.

1.4 Criterios de inclusión

- Niños con edad igual o inferior a cinco años que residían en Medellín entre el 1° de septiembre de 2006 y el 31 de mayo de 2007.
- Niños que asistieron a instituciones educativas en Medellín. Estas instituciones contaron por lo menos con un censo de 50 niños con edad igual o inferior a cinco años al momento del inicio de la observación.

1.5 Criterios de exclusión

- Niños que residían en sitios sin acceso telefónico.
- Niños que no contaban con un adulto responsable.

1.6 Área geográfica del estudio

El área de estudio fueron cuatro zonas de Medellín que cumplieron con el siguiente requisito respecto a la concentración de partículas respirables PM10 según la normativa vigente para Colombia, así:

- 50% o menos de la norma anual de calidad del aire para PM10.

- 51% al 75% de la norma anual de calidad del aire para PM10.
- 76% al 100% de la norma anual de calidad del aire para PM10.
- Más del 100% de la norma anual de calidad del aire para PM10.

1.7 Parámetros seleccionados

En el presente estudio se consideró importante determinar las concentraciones de partículas finas (PM2.5), partículas respirables (PM10), ozono (O₃), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr) y hollín.

1.8 Sitios de medición

La tabla 1 presenta la ubicación de los sitios de muestreo para PM10, PM2.5 y O₃ por zonas. La clasificación de las zonas se hizo según los reportes de calidad del aire emitidos por REDAIRE y algunos estudios realizados en la ciudad de Medellín [10, 11].

Tabla 1. Ubicación de los sitios de muestreo.

Zona	Punto	Ubicación
Contaminación alta	1	Centro de Medellín
	2	Guayabal
Contaminación media alta	3	Andalucía
	4	Castilla
Contaminación media baja	5	El Estadio
	6	Robledo
Contaminación baja	7	Santa Elena
	8	Belén Los Alpes

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces – Universidad de Medellín. Elaboración propia

1.9 Control de errores y sesgos

Para controlar el sesgo de selección, tanto de la población expuesta como de la no expuesta, las instituciones educativas participantes se eligieron por medio de un muestreo simple aleatorio del listado de instituciones preescolares registradas en la Secretaría de Educación de Medellín.

La información se tomó cada dos meses con el fin de evitar el sesgo de memoria por parte de los padres. Asimismo, se estandarizó la forma de hacer el cuestionario para que todas las personas que colaboraron en el diligenciamiento de la encuesta registraran la información de la misma forma, asegurando que ambos grupos (expuestos y no expuestos) hubiesen sido interrogados en forma idéntica independientemente de la exposición.

1.10 Plan de análisis y tabulación de los datos

Se hizo inicialmente un análisis univariado de todas las variables de estudio, y una distribución de frecuencias. El análisis inicial permitió comparar los dos grupos en estudio, de esta forma se pudo establecer si existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos que pudieran afectar los eventos a evaluar. Para este análisis se utilizó la prueba Chi cuadrado como estadístico para las variables cualitativas y la prueba t-Student para las variables cuantitativas; asimismo se definió el valor de $p < 0.05$ para considerar que existen diferencias significativas entre ambos grupos.

Se calculó el riesgo relativo (RR) con un intervalo de confianza del 95% (CI95%) considerando como variables independientes: consulta externa por infección respiratoria aguda (IRA), consulta de urgencias por IRA, consulta externa por asma, consulta de urgencias por todos los tipos de asma, consulta de urgencias por asma leve, moderada y severa, consulta externa y de urgencia por neumonía y necesidad de hospitalización por IRA, asma o neumonía.

Estos análisis se hicieron con cuatro puntos de corte de contaminación diferentes con el fin de establecer el nivel crítico en el que la contaminación atmosférica afecta las patologías respiratorias de la población preescolar. El análisis de datos se acompañó de una descripción de los costos por la atención médica, en el que se consideró el valor de las atenciones, procedimientos, intervenciones y estancia hospitalaria basados en la normativa

vigente, y los medicamentos, con base en el manual de precios de medicamentos PLM.

2 RESULTADOS

2.1 Concentración de los contaminantes del aire

Las tablas 2 y 3 presentan los resultados de las concentraciones promedio, máximo y mínimo de las partículas PM2.5, PM10, Ozono, Pb, Cd y Cr total y hollín registradas en los diferentes sitios de muestreo.

Tabla 2. Concentración a condiciones de referencia de las partículas respirables (PM10), partículas finas (PM2.5) y ozono (O3) en los diferentes sitios de muestreo.

Sitio de Muestreo	Valor	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		PM10	PM2.5	O3
Guayabal	Promedio	46	34	81
	Máximo	92	53	115
	Mínimo	19	15	39
Andalucía	Promedio	62	40	86
	Máximo	124	65	136
	Mínimo	28	22	39
Castilla	Promedio	50	36	61
	Máximo	76	63	124
	Mínimo	35	21	25
Estadio	Promedio	43	31	88
	Máximo	58	44	122
	Mínimo	21	10	42
Robledo	Promedio	59	32	60
	Máximo	114	56	91
	Mínimo	25	13	26
Santa Elena	Promedio	31	15	85
	Máximo	94	24	122
	Mínimo	13	8	30
Belén Los Alpes	Promedio	47	38	79
	Máximo	81	74	113
	Mínimo	25	14	26
Centro de Medellín	Promedio	65	32	59
	Máximo	94	59	95
	Mínimo	23	10	29

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces - Universidad de Medellín. Elaboración propia.

Tabla 3. Concentración a condiciones de referencia de metales (Pb, Cd y Cr) y hollín en los diferentes sitios de muestreo.

Sitio de Muestreo	Valor	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		Pb	Cd	Cr	Hollín
Guayabal	Promedio	0.150	0.012	0.108	5.96
	Máximo	0.385	0.019	0.455	21.662
	Mínimo	<L.D.M.	<L.D.M.	<L.D.M.	1.238
Andalucía	Promedio	1.464	0.010	0.014	6.26
	Máximo	3.722	0.017	0.035	16.416
	Mínimo	0.002	<L.D.M.	<L.D.M.	2.135
Castilla	Promedio	0.210	0.101	0.015	5.33
	Máximo	0.882	0.799	0.035	8.206
	Mínimo	0.004	<L.D.M.	<L.D.M.	1.916
Estadio	Promedio	0.099	0.011	0.020	4.97
	Máximo	0.315	0.018	0.096	7.721
	Mínimo	0.001	<L.D.M.	<L.D.M.	0.620
Robledo	Promedio	0.234	0.008	0.034	6.51
	Máximo	1.109	0.020	0.143	16.455
	Mínimo	<L.D.M.	<L.D.M.	<L.D.M.	1.235
Santa Elena	Promedio	0.010	0.002	0.005	4.15
	Máximo	0.012	0.003	0.009	13.377
	Mínimo	<L.D.M.	<L.D.M.	<L.D.M.	1.627
Belén Los Alpes	Promedio	0.126	0.004	0.008	5.08
	Máximo	0.403	0.005	0.035	9.538
	Mínimo	<L.D.M.	<L.D.M.	<L.D.M.	1.754
Centro de Medellín	Promedio	0.340	0.011	0.015	6.74
	Máximo	0.996	0.022	0.046	18.488
	Mínimo	0.004	<L.D.M.	<L.D.M.	2.018

Nota: < L.D.M. = Concentración por debajo del límite de detección del método analítico

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces - Universidad de Medellín. Elaboración propia.

2.2 Análisis univariado

Al momento del ingreso se evaluaron las características sociodemográficas y de antecedentes personales y familiares de la población de estudio. El 54.9 % de los niños pertenecía al sexo masculino y el 45.1% al sexo femenino. La media de la edad

de la población de estudio fue 4.3 ± 1.2 años; el promedio del tiempo de amamantamiento de estos niños fue de 10.5 ± 9.5 meses, con un valor máximo de 4 años. Un 74.2% de los niños no presentaron antecedentes de asma.

Las condiciones de la vivienda también fueron evaluadas, entre ellas la altura a la cual se encontraban estas, cuyo promedio fue el piso 2.5 ± 1.9 . Un 97.9% de las viviendas tenían como material de construcción el ladrillo y un 1.2% estaban fabricadas en tapia. El material de los pisos de las viviendas en un 99.5% eran de material duro como baldosa o cemento y solamente un 0.5% tenía como material arena o alfombras. En cuanto a la tenencia de mascotas en los hogares el 70.9% manifestó no tenerlas y un 29.1% manifestó tener mascotas como perros, gatos y otros. En la cocción de alimentos un 31.1% utiliza energía eléctrica, un 67.6% utiliza gas y un 1.3% utiliza leña.

Al final de los ocho meses de seguimiento de la población, la mitad de ella había consultado por una patología del sistema respiratorio. Considerando que la unidad de análisis fueron los niños y no las patologías respiratorias, cada niño que consultó por patologías respiratorias se consideró una sola vez, independientemente del número de consultas que realizara durante el período de observación.

Esta población generó 490 consultas durante el período de observación, es decir, por cada 100 niños hubo 70.4 consultas médicas. Un 50.4% de los niños consultó por urgencias, el diagnóstico de IRA predominó con un 82.9%, seguido por el asma en sus diferentes estados (leve, moderada y severa) en un 16.7% y solamente un 0.4% fue diagnosticado como neumonía.

2.3 Análisis bivariado

Se calculó el riesgo relativo de presentar patologías respiratorias de forma individual para cada uno de los contaminantes en diferentes momentos, pues durante el tiempo de observación se hicieron ocho evaluaciones, lo que permitió determinar la velocidad a la que enfermó la población.

Para la evaluación del riesgo de enfermar por O_3 , se consideró como grupo expuesto el conformado por aquellos niños cuyos sitios de permanencia presentaron una concentración superior al que permite la norma para un período de 8 horas. Para evaluar el riesgo de presentar patologías respiratorias en la población de estudio, secundario a la exposición a partículas $PM_{2.5}$, se consideró como grupo no expuesto los niños que estuvieran en los sitios arrojados por el análisis de clúster (ver tabla 4), aunque los niveles son superiores a los que permite la norma. Al calcular el riesgo de sufrir patologías respiratorias secundarias a la exposición de PM_{10} , se definió como grupo expuesto el de los niños en cuyos sitios de permanencia se encontró un nivel de PM_{10} entre el 76% y la norma anual de calidad del aire estipulada por la norma vigente. Como grupo no expuesto se consideró a aquellos niños cuyos sitios de permanencia tuvieran una concentración de PM_{10} igual o inferior al 75% de lo exigido por la norma.

Tabla 4. Agrupación de clúster jerárquico.

Parámetros	Sitios de muestreo			
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
PM_{10}	1, 3 y 6	2, 8, 5 y 4	7	
$PM_{2.5}$	1, 6, 5, 2, 4, 8 y 3	7		
O_3	1, 6 y 4	2 y 8	3, 7 y 5	
Todos	1, 6, 5, 8 y 7	2	4	3

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces - Universidad de Medellín. Elaboración propia.

Una vez clasificados los grupos de expuestos y no expuestos se procedió a calcular el riesgo de enfermar por patologías respiratorias, durante un período de ocho meses en niños preescolares expuestos a los niveles de O_3 , $PM_{2.5}$ y PM_{10} (ver tabla 5). Se aceptó como asociación estadísticamente significativa, aquella en que el intervalo de confianza no pasara por la unidad, aunque el valor de p fuese un poco mayor a 0.05.

Tabla 5. Riesgo de enfermar por patologías respiratorias en niños preescolares expuestos a altos niveles de O₃, PM_{2.5} y PM₁₀. Medellín, 2007. N = 690.

Tiempo	O ₃		PM _{2.5}		PM ₁₀	
	RR (IC95%)	Valor p	RR (IC95%)	Valor p	RR (IC95%)	Valor p
Mes 1	0.99 (0.73 – 1.34)	0.925	2.70 (1.23 – 5.91)	0.006	1.83 (1.35 – 2.47)	0.000
Mes 3	1.14 (0.91 – 1.43)	0.244	1.82 (1.12 – 2.97)	0.008	1.40 (1.15 – 1.79)	0.002
Mes 5	1.15 (0.96 – 1.39)	0.137	1.65 (1.10 – 2.47)	0.006	1.22 (1.00 – 1.47)	0.049
Mes 7	1.13 (0.95 – 1.33)	0.170	1.36 (0.98 – 1.88)	0.046	1.19 (1.00 – 1.41)	0.049
Mes 8	1.16 (1.00 – 1.34)	0.056	1.44 (1.06 – 1.96)	0.008	1.17 (1.01 – 1.36)	0.044

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces – Universidad de Medellín. Elaboración propia.

Para el análisis del hollín y los metales, se agruparon las categorías según la similitud de los niveles de concentración, pues actualmente el país no cuenta con una norma que regule los niveles de estos contaminantes en el aire. Es importante aclarar que el plomo y el cadmio, aunque tienen norma de calidad del aire, estas están dadas para la fracción total y no para la fracción fina (PM_{2.5}). En ese orden de ideas, el grupo de exposición al hollín fueron los niños cuyos sitios de permanencia presentaron una concentración de este contaminante $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La evaluación del riesgo de presentar patologías respiratorias secundarias a la exposición atmosférica al plomo consideró como grupo expuesto aquellos niños cuyos sitios de permanencia tuvieran una concentración $\geq 0.099 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este grupo se contrastó con la población que estuvo expuesta a una concentración de plomo de $0.010 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual se consideró como grupo no expuesto. Asimismo, la valoración del riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias por exposición al cadmio, donde se consideró como grupo expuesto aquellos niños en cuyos sitios de permanencia se encontró una concentración $> 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y como no expuesto los niños cuyos sitios de permanencia registraron una concentración $< 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver tabla 6).

2.4 Análisis ajustado

El análisis anterior se ajustó por las diferentes variables de control. Al ajustar por sexo, se en-

contraron diferencias significativas en el riesgo de enfermar al considerar la exposición a las partículas PM_{2.5} y PM₁₀, hallándose un mayor riesgo de enfermar en las mujeres (ver tabla 7)

Tabla 6. Riesgo de enfermar por patologías respiratorias en niños preescolares expuestos a niveles de hollín, plomo y cadmio, durante un período de seguimiento de ocho meses. Medellín, 2007. N = 690.

Tiempo	RR (IC95%)	Valor p
Mes 1	2.70 (1.23 – 5.91)	0.006
Mes 3	1.82 (1.12 – 2.97)	0.008
Mes 5	1.65 (1.10 – 2.47)	0.007
Mes 7	1.36 (0.98 – 1.88)	0.046
Mes 8	1.44 (1.06 – 1.96)	0.008

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces – Universidad de Medellín. Elaboración propia.

Ajustando por edad, se encontraron diferencias significativas en el riesgo de enfermar al considerar la exposición a las partículas PM₁₀ (ver tabla 8).

Al ajustar por los antecedentes personales de asma de la población de estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los preescolares cuyas madres refirieron antecedentes de asma y aquellos en que no se refirieron dichos antecedentes. De igual forma, al ajustar por el tiempo de lactancia que recibieron los niños, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre aquellos que fueron amamantados

Tabla 7. Riesgo de enfermar por patologías respiratorias, ajustado por sexo, durante un período de ocho meses en niños preescolares expuestos a altos niveles de PM 2.5 y PM10, Medellín, 2007. N = 690.

Tiempo	Mujeres (Niñas) N = 311				Hombres (Niños) N = 379			
	PM2.5		PM10		PM2.5		PM10	
	RR (IC95%)	Valor p	RR (IC95%)	Valor p	RR (IC95%)	Valor p	RR (IC95%)	Valor p
Mes 1	2.04 (0.79 – 5.32)	0.116	2.17 (1.40 – 3.37)	0.001	4.01 (1.02 – 15.7)	0.020	1.60 (1.06 – 2.42)	0.026
Mes 3	2.02 (1.02 – 4.04)	0.023	1.59 (1.18 – 2.15)	0.003	1.66 (0.83 -3.60)	0.123	1.33 (0.96 – 1.82)	0.086
Mes 5	1.72 (0.99 – 2.99)	0.029	1.36 (1.04 – 1.76)	0.027	1.61 (0.89 – 2.90)	0.084	1.12 (0.85 – 1.48)	0.426
Mes 7	1.36 (0.88 – 2.11)	0.128	1.30 (1.03 – 1.64)	0.034	1.38 (0.85 – 2.24)	0.164	1.06 (0.83 – 1.36)	0.660
Mes 8	1.54 (1.00 – 2.37)	0.024	1.29 (1.05 – 1.59)	0.021	1.37 (0.89 – 2.11)	0.117	1.03 (0.83 – 1.28)	0.822

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces – Universidad de Medellín. Elaboración propia

Tabla 8. Riesgo de enfermar por patologías respiratorias, ajustado por edad, durante un período de ocho meses en niños preescolares expuestos a niveles de PM10, Medellín, 2007. N = 690.

Tiempo	5 y 6 años (N = 405)		1 a 4 años (N = 285)	
	RR (IC95%)	Valor p	RR (IC95%)	Valor p
Mes 1	2.71 (1.69 – 4.34)	0.000	1.17 (0.80 – 1.73)	0.416
Mes 3	1.79 (1.27 – 2.53)	0.001	1.05 (0.79 – 1.38)	0.749
Mes 5	1.47 (1.10 – 1.97)	0.012	0.92 (0.72 – 1.17)	0.479
Mes 7	1.46 (1.13 – 1.90)	0.006	0.84 (0.68 – 1.05)	0.115
Mes 8	1.41 (1.13 – 1.76)	0.004	0.84 (0.69 – 1.03)	0.086

Fuente: Equipo técnico Universidad Ces – Universidad de Medellín. Elaboración propia

cuatro meses o más, y los que recibieron lactancia materna por un período menor. En ese mismo orden de ideas, ajustando por los antecedentes familiares de asma, tampoco se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niños que los tenían y aquellos que no reportaron antecedentes de familiares con asma.

3. DISCUSIÓN

Se observa una participación importante de las partículas finas en los diferentes sitios de muestreo, representada en un porcentaje promedio de 67% del total de partículas respirables. Esta situación es preocupante debido que estas partículas representan un mayor riesgo sobre la salud, especialmente en las poblaciones más vulnerables (niños y ancianos).

Los niños con edad igual o menor a seis años, residentes en zonas de Medellín con altos niveles de PM2.5, PM10, hollín y plomo en el aire, aumentan su riesgo de sufrir infecciones respiratorias o crisis asmáticas en un 49.3% (IC 95%: 18.9% - 87.3%), al compararlos con aquellos niños expuestos a concentraciones más bajas de estos contaminantes.

Estos hallazgos se relacionan con el estudio de Lewis *et al.* [12], en el que hicieron dos modelos de regresión logística, con uno y dos contaminantes, y sus hallazgos sugirieron que las altas concentraciones en la atmósfera de las partículas PM2.5 y O₃ estaban asociadas fuertemente con efectos adversos sobre la función pulmonar, especialmente en los niños con asma severa y moderada. En los niños que reportaron infecciones respiratorias, los modelos con un solo contaminante mostraron efectos

de las partículas en las mediciones de la función pulmonar, y hubo un pequeño efecto del O₃, particularmente cuando se examinó la variación en la concentración octohoraria.

Esta investigación, tanto en el análisis bivariado sin ajustar como el ajustado, mostró mayor asociación entre la enfermedad respiratoria y las partículas PM_{2.5} que entre la enfermedad respiratoria y las partículas PM₁₀.

La asociación entre partículas PM_{2.5} y/o partículas PM₁₀, y la mortalidad por patologías cardiovasculares y respiratorias, ha sido evaluada por estudios previos. Samet *et al.* [13] determinaron que tenían evidencia consistente que demostraba que la concentración de PM₁₀ estaba asociada con las tasas de mortalidad general, así como las tasas específicas por causas cardiovasculares y respiratorias. Esta asociación con las partículas PM₁₀ no estuvo afectada por la inclusión de otros contaminantes en el modelo estadístico o por el momento en que se recolectó la información. Hallazgos similares fueron reportados por otros estudios que estuvieron basados en datos de ciudades y usaron una variedad de mediciones de partículas, incluyendo las partículas suspendidas totales (PST), hollín, PM₁₀ y PM_{2.5} [14].

4. CONCLUSIONES

En todos los sitios de muestreo, las partículas PM_{2.5} tienen la tendencia a superar la norma anual de calidad del aire (15 µg/m³). Esta situación es preocupante debido a que las partículas finas representan un mayor riesgo sobre la salud, especialmente en las poblaciones más vulnerables (niños y ancianos).

En los niños con edad igual o menor a seis años, residentes en zonas de Medellín con altos niveles de PM_{2.5}, PM₁₀, hollín y plomo en la atmósfera, aumenta el riesgo de sufrir infecciones respiratorias o crisis asmáticas en un 49.3%, al compararlos con aquellos niños expuestos a menores concentraciones de dichos contaminantes.

El 50% de la población de estudio presentó una infección respiratoria o una crisis asmática durante un período de seguimiento de ocho meses.

Los altos niveles de PM_{2.5}, PM₁₀, hollín y plomo en la atmósfera, de forma conjunta, explican el 30.6% de las infecciones respiratorias presentadas en niños de edad preescolar en Medellín.

Los costos que podrían prevenirse en la atención de las enfermedades respiratorias en niños con edad igual o inferior a cinco años en Medellín, reflejados en 30,796 consultas anuales, es de 7.350 millones de pesos.

6 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Salud del Municipio de Medellín y los centros educativos públicos y privados por el apoyo y colaboración prestada para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

- [1] OMS. «Las directrices sobre la calidad del aire en la protección de la salud pública.» [En línea], acceso 2 de noviembre 2007; Disponible: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>, 2006.
- [2] P. Saldiva, "Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brasil," *Archives of Environmental Health*, vol. 50, no. 2, pp. 159-164, 1995.
- [3] B. Ostro *et al.*, "Air pollution and health effects: A study of medical visits among children in Santiago, Chile," *Environmental Health Perspectives*, vol. 107, no. 1, pp. 69-73, 1999.
- [4] V. H. Borja-Aburto *et al.*, "Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City," *American Journal of Epidemiology*, vol. 145, no. 3, pp. 258-268, 1997.
- [5] C. A. Pope, "Health effects of particulate air pollution: Time for reassessment?," *Environmental Health Perspectives*, vol. 103, no. 5, pp. 472-480, 1995.
- [6] B. Larsen, *Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment*,

- Reporte, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2004.
- [7] DNP, "Documento CONPES 3344. Lineamientos para la Formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del aire," 2005.
- [8] L. Combas, y A. Palacio, "Monóxido de carbono ambiental y carboxihemoglobina en agentes de tránsito municipal, Medellín 1996-1997," tesis de Especialista, Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, 1997.
- [9] REDAIRE, *Efectos sobre la salud de la contaminación por ruido y monóxido de carbono y prevalencia de síntomas respiratorios en el centro de Medellín*, Reporte, Medellín, 2005.
- [10] J. Bedoya Velásquez *et al.*, "Calidad del aire en el Valle de Aburrá enero-mayo de 2005," *Boletín Redaire: Red vigilancia de la calidad del aire*, no. 17, pp. 5-15, 2005.
- [11] UdeM, y UdeA, *Consultoría para la evaluación de la calidad del aire, intensidad de ruido y sus efectos en la salud en 25 sitios de alto tráfico vehicular de la ciudad de Medellín*, Reporte, Secretaría del Medio Ambiente de Medellín, Medellín, 2006.
- [12] T. C. Lewis *et al.*, "Air pollution-associated changes in lung function among asthmatic children in Detroit," *Environmental Health Perspectives*, vol. 113, no. 8, pp. 1068-1075, 2005.
- [13] J. M. Samet *et al.*, "Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994," *The New England Journal of Medicine*, vol. 343, no. 24, pp. 1742-1749, 2000.
- [14] J. M. Samet *et al.*, *The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study Part II: Morbidity and Mortality from Air Pollution in the United States*, Reporte, Health Effects Institute, Cambridge, 2000.