

RELACIÓN ENTRE ENFERMEDAD  
RESPIRATORIA AGUDA EN NIÑOS  
MENORES A CINCO AÑOS Y CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA EN BOGOTÁ

---

ÁNGELA ARCINIEGAS,  
CAROLINA RODRÍGUEZ  
JORGE PACHÓN  
HUGO SARMIENTO

*Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental  
y Sanitaria, Bogotá*

LUIS JORGE HERNÁNDEZ FLÓREZ  
*Médico Epidemiólogo Magíster en Salud Pública  
Estudiante del doctorado de Salud Pública  
Universidad Nacional de Colombia*

*Correo electrónico: [angearci@yahoo.com](mailto:angearci@yahoo.com), [jpachón@lasalle.edu.co](mailto:jpachón@lasalle.edu.co)*



## RESUMEN

---

Diversos estudios realizados alrededor del mundo han evidenciado la asociación positiva entre la Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA) y la contaminación atmosférica, especialmente por material particulado menor a 10 micrómetros (PM10). Para Bogotá, en 1997 Aristizábal (1) concluye que una alta concentración de PM10 en la zona industrial de Puente Aranda es un vehículo facilitador para que se presenten problemas respiratorios. En 1999 Solarte (2) detecta que un aumento de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de PM10, produce un aumento de por lo menos, el 8% en el número de consultas por ERA en los niños menores de catorce (14) años. Dado que la concentración de este material PM10 ha ido en aumento en los últimos años en la ciudad, especialmente en la zona industrial, se buscó con el presente estudio determinar la relación entre la morbilidad por ERA y la concentración de PM10 en la Localidad de Puente Aranda para el año 2005.

A tal efecto se llevó a cabo el análisis de 2.240 registros de consultas por ERA en niños menores de cinco años que eran atendidos en el Hospital del Sur, de la Localidad de Puente Aranda (zona de alta influencia industrial y denso flujo vehicular), durante los meses de enero a junio de dicho año. La información de calidad del aire con la cual se correlacionaron los datos de salud fue suministrada por la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá, operada por el DAMA. Para esta correlación se utilizó un modelo lineal generalizado (regresión de Poisson).

Se evidenció asociación positiva entre las concentraciones de PM10 y el número de consultas por ERA que suceden luego de seis días del fenómeno de contaminación. Un aumento de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de PM10 ocasionaría un incremento del 4% en las consultas por ERA para los niños menores a cinco años que habitan en la Localidad de Puente Aranda.

Palabras clave: Enfermedad Respiratoria Aguda ERA, contaminación atmosférica, material particulado, Puente Aranda.

## ABSTRACT

---

Many studies around the world, have demonstrated the relation between air pollution and acute respiratory illness. Bogota is a megacity where high levels of particulate matter are presented every day in the atmosphere.

From the analysis of 2240 reports for acute respiratory illnesses in children less than 5 years of age, obtained in the South Hospital of Bogota city during the months of January through June 2005 it was managed to obtain a positive correlation with the concentrations of particulate matter less than 10 micrometers of aerodynamic diameter (PM10) provided by the Air Quality Network in Puente Aranda Locality, a zone of high industrial influence and dense vehicular flow.

Positive associations between the PM10 levels and the number of cases affected by respiratory illnesses were obtained for a period of six days after the episode, even though the reached particle levels did not exceed the local environmental standards. A generalized linear model was used for this correlation (Poisson Regression).

### KEY WORDS

Acute Respiratory Illnesses, PM10, epidemiology, air pollution, Bogotá city.

## INTRODUCCIÓN

---

La contaminación del aire se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la salud pública en muchas ciudades de América del Sur y el Caribe, donde las concentraciones de partículas y de otros contaminantes exceden las normas nacionales de calidad. La exposición a los tipos y concentraciones de contaminantes que frecuentemente se encuentran en las zonas urbanas se ha relacionado con un aumento de riesgo de mortalidad y morbilidad debido a una variedad de condiciones, incluidas las Enfermedades Respiratorias Agudas. (3)

En un reporte reciente sobre contaminación y salud en Suramérica y el Caribe (3) se demuestra la asociación entre morbilidad y mortalidad con el deterioro de la calidad del aire en los principales centros urbanos. Para Río de Janeiro (Brasil) se ha observado que un aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de  $\text{PM}_{10}$ , conlleva un incremento de 1,84% en la admisión hospitalaria por causas respiratorias. Para Bogotá se ha encontrado que un incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de  $\text{PM}_{10}$  produce un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria, en los niños menores de catorce años (2).

Dado que en los últimos años la concentración de material particulado  $\text{PM}_{10}$  ha aumentado en Bogotá se buscó relacionar los niveles de este contaminante con la presencia de ERA en el primer semestre de 2005, en una población sensible como son niños menores a cinco años, en la Localidad de Puente Aranda, un área con un alto flujo vehicular y desarrollo industrial, con el fin de aportar datos a las autoridades ambientales y sanitarias en los análisis de costo-beneficio por contaminación del aire.

## MÉTODOS

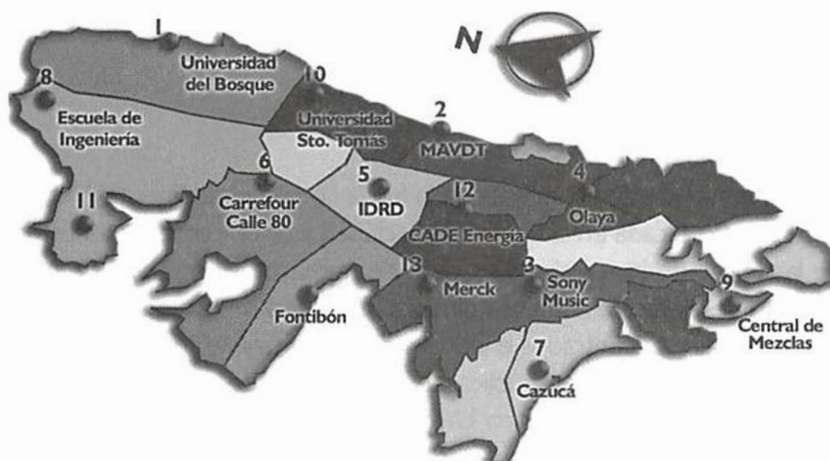
---

La zona de estudio seleccionada fue la Localidad de Puente Aranda, la cual está ubicada en el centro de la ciudad y es un corredor industrial de la capital; en la actualidad es sede de numerosas empresas de producción de plásticos, textiles, químicos, así como metalmecánica, bebidas gaseosas, concentrados e industrias alimenticias, entre otras. (4)

Cuenta entre la red pública de prestadores de servicios de salud del Hospital del Sur con cinco Unidades de Atención Primaria (UPA) y un Centro de Atención Médica Inmediata (CAMI) que prestan servicios integrales de promoción y asistencia en el campo de la salud a todos los usuarios. De allí fueron tomados los casos atendidos por ERA, en niños menores de cinco años en el período comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2005, para los servicios de hospitalización, consulta externa, urgencias y salas ERA. Los casos se identificaron con base a la Clasificación Estadística Internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud, décima revisión (CIE-10).

La contaminación atmosférica en la Localidad de Puente Aranda, se origina tanto por fuentes fijas como móviles y puede atribuirse en gran medida a la baja calidad de combustibles que se consumen en el país, especialmente en cuanto a diesel se trata. Con el propósito de medir los niveles de contaminación atmosférica de Bogotá, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, dispone de una Red de Calidad del Aire, que realiza monitoreos en distintos puntos de la ciudad. En la Localidad de Puente Aranda se ubica la estación de monitoreo denominada Puente Aranda (antes Merck) (Figura 1), de donde se recolectaron los registros de concentración de PM10 y la información diaria de factores meteorológicos (temperatura, precipitación, dirección y velocidad del viento). Con esta información y la de salud se conformó una base de datos que permitió evaluar la asociación entre los niveles de contaminantes y el número de casos atendidos por ERA.

**FIGURA 1**  
ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ



Así mismo, se realizó una comparación de las concentraciones horarias de PM10 con la norma instituida por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, la cual establece una concentración promedio horaria en 24 horas de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin distinción se siguió el mismo procedimiento para la norma DAMA (Resolución 1208 de 2003) de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y de igual manera, se eligió un intervalo entre

55 y 154  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  intervalo que ha sido definido de concentración de partículas moderado, pero que para personas extremadamente sensibles debe considerar la posibilidad de reducir la actividad física fuerte o prolongada. (5)

Para el análisis estadístico inicialmente se realizó una descripción de todas las variables con el propósito de conocer su comportamiento individualmente. Dicho análisis se realizó con los paquetes SPSS V.12 y SAS V.8.

Después de un análisis exploratorio de las variables de interés, se estudió la asociación existente entre concentración de PM10 y los casos reportados por ERA utilizando un modelo de regresión Poisson, debido a que el mismo se aplica a una variable dependiente de conteo que toma valores enteros positivos y pequeños en relación con el tamaño de la población, ya que generalmente sólo una parte de la población acude, en un día determinado, a cualquier tipo de consulta.

Debido a que la variable dependiente mostró un comportamiento tipo Poisson, con un parámetro de sobredispersión significativamente diferente de 1.0, se usó un método denominado Cuasi-verosimilitud, el cual tiene en cuenta la sobredispersión de los datos. Con el fin de poder correr el modelo, se utilizó como función de enlace logaritmo.

Con el propósito de encontrar la relación existente entre ERA y concentración de PM10 se evaluaron los posibles períodos de latencia, es decir, los días sucedidos entre la presencia del fenómeno de contaminación y la aparición de la ERA, estudiando la relación entre el número de consultas diarias y los niveles de PM10 para el primer día y los siete días previos a la consulta (efecto rezago 1 al 7). Con base en lo anterior y según la correlación y nivel de significancia, se corrieron ocho modelos con los cuales se halló asociación entre ERA y la concentración de partículas. Durante el modelo se calculó el riesgo relativo (RR) y se observó si correspondía a un factor de protección ( $< 1$ ) o de riesgo ( $> 1$ ). Para la validación de los resultados obtenidos se utilizó el intervalo de confianza, con un 95% de confiabilidad.

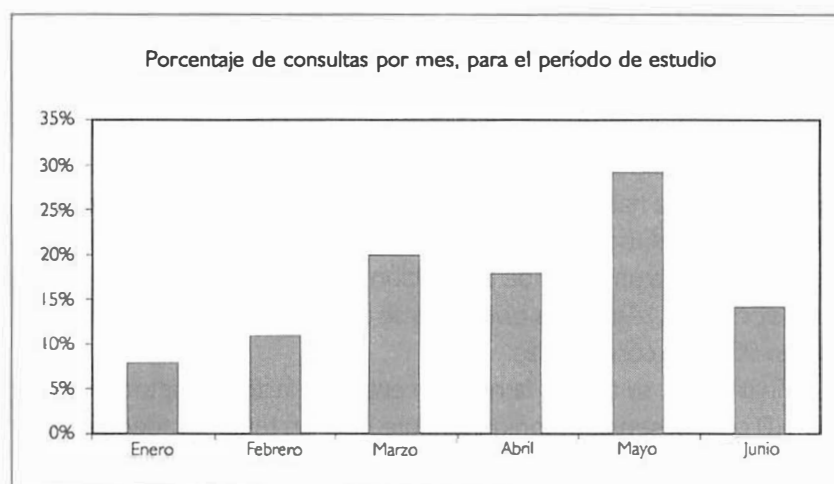
Finalmente, se analizó la relación entre los factores meteorológicos y PM10 para observar si conjuntamente podrían tener incidencia sobre la ERA, por medio de una regresión lineal múltiple, la cual se compone de un método de eliminación e introducción de variables (*backward*) con el fin de definir cuáles variables tienen un efecto significativo sobre

la variable respuesta. Este método parte de un modelo sobresaturado (incluye todas las variables) y posteriormente, evalúa la significancia de cada una de ellas hasta obtener un modelo donde las que estén incluidas en él sean representativas con un nivel del 5%.

## RESULTADOS

Durante el período de estudio se registraron un total de 2.240 consultas por ERA en niños menores de cinco años, en el Hospital del Sur. En la Figura 2 se presenta la distribución porcentual de consultas atendidas mensualmente por ERA en los diferentes servicios; el mes de 2005 que reporta el mayor número de casos atendidos por ERA es mayo, con un total de 657 consultas; seguido de marzo, con 446; en tercer lugar se encuentra abril, con 399; cuarto, junio con 312; y finalmente, los meses de febrero y enero, con 241 y 185, respectivamente.

**FIGURA 2**  
DISTRIBUCIÓN POR PORCENTAJES DEL NÚMERO DE CONSULTAS POR MES





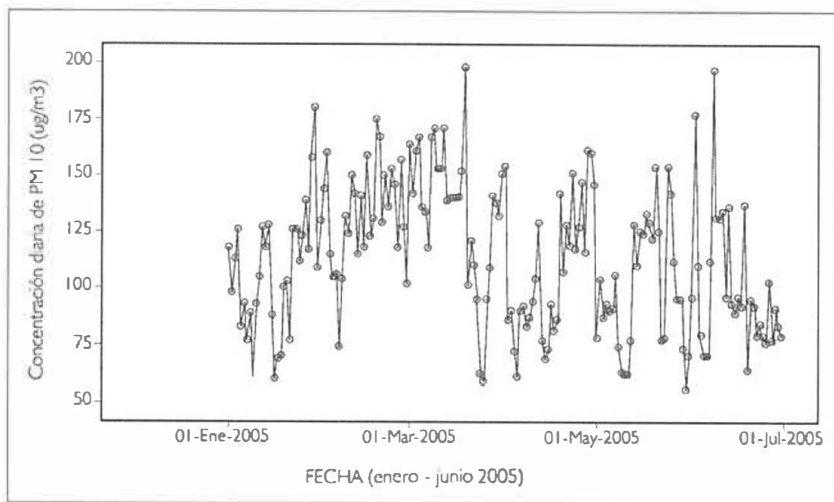
Las estadísticas descriptivas diarias de las consultas por ERA se muestran en la Tabla I, donde el máximo número de consultas fue de 46, el 10 de mayo.

**TABLA I**  
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA NÚMERO DE CONSULTAS DIARIAS POR ERA  
EN MENORES DE CINCO AÑOS. HOSPITAL DE SUR (ENERO–JUNIO DE 2005)

N	Válidos	177
	Perdidos	4
Media		13
Mediana		10
Moda		4
Desv. Típ.		8,921
Varianza		79,591
Mínimo		1
Máximo		46
Percentiles	25	6,00
	50	10,00
	75	19,00

Al revisar la concentración de partículas en el período de estudio, los mayores valores de PM<sub>10</sub> se dieron en los meses de enero a marzo; posteriormente, en abril y mayo, las concentraciones oscilan alrededor de valores de 151  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en junio la concentración descende (Figura 3). La concentración promedio diaria máxima en 24 horas fue de 198  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabla 2), por encima del valor normativo local. La norma internacional (EPA) es sobrepasada en 29 ocasiones, en tanto que la local (DAMA) sólo en tres (Tabla 3).

**FIGURA 3**  
**VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DIARIA DE PM10**  
**(VALORES ABSOLUTOS) PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO**



**TABLA 2**  
**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA CONCENTRACIÓN DE PM10**

Estadísticos Descriptivos					
Estadísticas Descriptivas		Concentración diaria de PM10 (µg/m³)	Valores >150	Valores >180	Valores intervalo 55-154 µg/m³
N	Válidos	181	181	181	181
	Perdidos	0	0	0	0
Media		113,8	4,19	2,40	18,31
Mediana		113	3	2	19
Moda		77	0	0	21
Desv. Típ.		31,78	3,85	2,74	3,69
Varianza		1009,64	14,85	7,52	13,61
Coeficiente de variabilidad		27,92	91,88	114,16	20,1
Mínimo		56	0	0	5
Máximo		198	16	15	24
Percentiles	25	89	1	0	16
	50	113	3	2	19
	75	138,5	7	4	21

**TABLA 3**  
NÚMERO DE EXCEDENCIAS DE LA NORMA DIARIA 24 HORAS

N° de excedencias para valores absolutos		
Mes	EPA ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DAMA ( $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Enero	2	1
Febrero	8	0
Marzo	11	1
Abril	4	0
Mayo	2	0
Junio	2	1
TOTAL	29	3

Al establecer la correlación lineal teniendo en cuenta un nivel de significancia del 95% entre los niveles de  $\text{PM}_{10}$  y el número de consultas, se observa correlación en un período de latencia de seis días para la concentración diaria de  $\text{PM}_{10}$  medido en valores absolutos y medias móviles. Así mismo, cuando son excedidas las normas DAMA y EPA y cuando las concentraciones se encuentran en un intervalo de 55 a  $154\mu\text{g}/\text{m}^3$  se nota el mismo fenómeno. También se encontró correlación a un nivel de 5% para un período de latencia de cinco días, cuando se excede la norma EPA, medida en medias móviles. No se obtuvo correlación para los demás períodos de latencia considerados (primero a cuarto días, ni séptimo) (Tabla 4).

**TABLA 4**  
CORRELACIÓN LINEAL PARA REZAGOS 5 Y 6

Correlación lineal			Concentración diaria de PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		ó		Excedencias norma DAMA		Valores en intervalo 55 – 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
			Absolutos	Medias móviles 24H	Absolutos	Medias móviles 24H	Absolutos	Medias móviles 24H	Absolutos	Medias móviles 24H
Número de consultas al día por ERA	R 5	r	0.0829	0.1147	0.0701	0.1592*	0.0898	0.026	-0.104	-0.17
		p-valor	0.2728	0.1307	0.3539	0.0354	0.2344	0.733	0.1671	0.0241
	R 6	r	0.2095*	0.179*	0.2051*	0.1786*	0.2033*	-0.0403	-0.137*	-0.2039*
		p-valor	0.0051	0.0178	0.0062	0.018	0.0066	0.5963	0.0683	0.0066

\*La correlación es significativa al nivel 0.05

Al aplicar la técnica de regresión Poisson se evidenció una asociación positiva significativa entre los niveles de PM10 y el número de consultas por ERA para el período de latencia de seis días. *Se observó que un aumento de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los niveles de PM10 ocasionaría un incremento del 4% (RR 1.04) en las consultas por ERA, con un retraso de seis días.* Al ser excedida la norma local de PM10 en seis horas al día medida en valores absolutos, se produce un aumento del 29% (RR 1.288) en el número de consultas. Si se excede la norma internacional (EPA) para concentración diaria de PM10 medida en valores absolutos, para esas seis horas habría un incremento del 22% (RR 1.216) en el número de consultas y un 10% (RR 1.102) si la concentración es medida en medias móviles de 24 horas.

Al realizar el análisis de regresión lineal múltiple, se encontró que la velocidad del viento es el factor más influyente sobre la concentración de PM10. Por cada metro por segundo de aumento en la velocidad promedio diaria de los vientos, se tiene una disminución de  $27\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración diaria de PM10.

## DISCUSIÓN

---

Los resultados del presente estudio difieren de anteriores, puesto que la metodología empleada es de tipo retrospectivo y la utilizada por Solarte fue una cohorte prospectiva. Para el mismo año en ciudad Juárez, Chihuahua, de México, se realizó un estudio en el cual se evidenció que por un aumento  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el promedio de 24 horas, en la exposición a  $\text{PM}_{10}$ , se relaciona con un incremento de 4,97% en el número de consultas por asma; y para el servicio de urgencias un aumento de 2.95% con un retraso de cinco días (6), lo cual indica que al analizarse la información detalladamente por servicio y tipo de diagnóstico se hace más exacta la relación entre el  $\text{PM}_{10}$  y las ERA.

En el 2004 Bjorn Larsen (7) comparó la distribución de los efectos en la salud de Bogotá con ciudades como Bucaramanga, Cali y Medellín, hallando que más de un tercio de los efectos en la salud están en Bogotá, lo cual es significativamente alto en relación con su población y surge de los niveles superiores de  $\text{PM}_{10}$  en esta ciudad.

Con respecto a valores internacionales reportados en el último año por Cepis (3), se observa que el dato encontrado para Puente Aranda es bastante alto, frente a incrementos en morbilidad de 1,84% en Brasil cuando la concentración de  $\text{PM}_{10}$  aumenta en  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lo anterior muestra el grave riesgo que podrían experimentar los habitantes de esta zona de la ciudad.

Puesto que el problema de la contaminación del aire en los últimos años ha aumentado significativamente, y por consiguiente su incidencia en la salud, es importante monitorear los eventos en salud por medio de una vigilancia centinela, teniendo en cuenta la población atendida y sentida de la zona de estudio en los distintos grupos etéreos (niños menores de cinco años y adulto mayor) y realizar mediciones de calidad de aire simultáneamente, que permitan obtener con mayor precisión los efectos de la contaminación en la salud.

Algunas limitaciones del presente estudio resultan del hecho de que los registros de salud se obtuvieron de manera retrospectiva y no a partir de la recolección diaria de los diagnósticos por los diferentes ser-

vicios, por lo que los resultados no pueden ser extrapolables a toda la población de la localidad.

## CONCLUSIONES

---

A partir del presente estudio se logró determinar que para la Localidad de Puente Aranda en Bogotá un aumento de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de material particulado menor a 10 micrómetros PM<sub>10</sub>, ocasionaría un incremento del 4% en las consultas por ERA con un período de latencia de seis días en niños menores de cinco años. Además, al sobrepasar la norma distrital ( $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en seis horas diarias el incremento en las consultas por ERA es del 29%, lo que indica un aumento en el riesgo para los niños expuestos a dichas concentraciones.

Esta correlación demuestra el impacto en la salud humana que tiene la contaminación del aire en la ciudad y proporciona valiosa información en los estudios de costo-beneficio, a efecto de la implementación de medidas de prevención y control de la contaminación del aire.

## AGRADECIMIENTOS

---

Los autores agradecen al Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) y al Hospital del Sur de Bogotá, por el acceso a la información de calidad del aire y de registros de salud. Por igual, al Departamento de Investigaciones de la Universidad de la Salle por la financiación del proyecto, y al grupo de la Secretaría Distrital de Salud, que apoyó durante todo el proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- (1) ARISTIZÁBAL, G., "Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda", Universidad del Bosque, Secretaría de Salud del Distrito, Bogotá, 1997.
- (2) SOLARTE, I., "Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños en Bogotá", Universidad Javeriana, Bogotá, 1999.
- (3) Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Cepis, "Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de América del Sur y el Caribe", Washington, D.C, 2005, disponible en: [www.bvsde.ops-oms.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml](http://www.bvsde.ops-oms.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml).
- (4) Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría de Hacienda, Departamento Administrativo de Planeación, "Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá, D.C.", 2004.
- (5) DAMA, "Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá", Informe mensual de calidad del aire de Bogotá, 2005.
- (6) HERNÁNDEZ, L.; TÉLLEZ, M.; SANÍN, L.; LACASAÑA, M.; CAMPOS, A. y ROMIEU, I. et al., "Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, en *Revista de Salud Pública de México*, Vol. 42, No. 4, julio-agosto, 2000.
- (7) LARSEN, B., "Cost of environmental damage: a socio-economic and environmental health risk assessment", Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2004.

