

ESTUDIO DE LA MORBILIDAD EN NIÑOS MENORES A CINCO AÑOS POR ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA Y SU RELACIÓN CON LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS EN UNA ZONA INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Arciniegas, Angela¹; Rodríguez, Carolina¹; Pachón, Jorge¹; Sarmiento, Hugo¹; Hernández, Luis Jorge²;

¹ Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Bogotá

² Secretaría Distrital de Salud de Bogotá

Dirección de correspondencia: angearci@yahoo.com, jpachon@lasalle.edu.co

Resumen

A partir del análisis de 2240 registros de consultas por enfermedad respiratoria aguda (ERA) de niños menores de 5 años obtenidos en el Hospital del Sur de Bogotá durante los meses de enero a junio de 2005 se logró obtener una correlación positiva con los datos de concentración de material particulado menor a 10 μm (PM10) suministrados por la Red de Calidad de Aire de Bogotá RDCB en la Localidad de Puente Aranda, una zona de alta influencia industrial y denso flujo vehicular en la ciudad. Se evidenció asociaciones positivas entre las concentraciones de PM10 y el número de consultas por enfermedad respiratoria para un periodo de latencia de seis días aun cuando los niveles alcanzados de partículas no excedían las normas ambientales locales. Para esta correlación se utilizó un modelo lineal generalizado (Regresión de Poisson), adicional a lo cual se analizó la relación entre factores meteorológicos (temperatura, precipitación y velocidad del viento) y material particulado por medio de una regresión lineal múltiple.

Palabras clave: *Enfermedad Respiratoria Aguda ERA; PM10; epidemiología; contaminación atmosférica; Bogotá*

Abstract

From the analysis of 2240 emergency visits for acute respiratory illnesses in children less than 5 years of age, obtained in the South Hospital of Bogotá city during the months of January through June 2005 it was managed to obtain a positive correlation with the 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 concentrations and the number of consultations by respiratory illnesses were obtained for a period of latency of six days even though the reached particle levels did not exceed the local environmental standards. A generalized linear model was used for this correlation (Poisson Regression). Additionally, the relation between meteorological factors (temperature, precipitation and wind speed) and the particulate matter was also analyzed by means of a multiple linear 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 Latina y el Caribe, donde las concentraciones de partículas y de otros contaminantes exceden las normas nacionales de calidad del aire. 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 y cardiovasculares. Para América Latina y el Caribe 35.000 muertes se atribuyen a la contaminación del aire cada año, pero la cifra real es posible que sea más alta. (CEPIS, 2005).

Las variaciones temporales de la concentración de PM₁₀ en el ambiente se han asociado con un aumento de la mortalidad diaria. Estudios como los realizados en la ciudad Habana (Cuba) en el año de 1998 (Romero, 1988), el de Cartagena (España) en el periodo de 1992 – 1996 (Guillen, 1996), el de Bogotá (Colombia) en 1997 (Aristizabal, 1997) y el realizado en la ciudad de Taipei (Taiwán) en el periodo de 1994-1998 (Yang, 1998), establecen que la exposición a corto plazo a partículas suspendidas totales y al dióxido de azufre (SO₂) se han asociado con el aumento de la morbilidad por problemas respiratorios.

En un reporte reciente sobre contaminación del aire y salud en América Latina y el Caribe (CEPIS, 2005) se demuestra la asociación entre morbilidad y mortalidad con el deterioro de la calidad del aire en los principales centros urbanos. Para Rio de Janeiro (Brasil) se ha observado que un aumento de 10 µg/m³ en la concentración de PM₁₀ conlleva un incremento de 1.84% en la admisión hospitalaria por causas respiratorias. En ciudad de México el mismo incremento en el material particulado correspondió a un cambio de 1.83% en la mortalidad diaria por todas las causas y todas las edades. Para Santiago (Chile) este cambio es del 0.75% y para Sao Paulo (Brasil) del 0.09%. Para la ciudad de Bogotá se ha encontrado que un incremento de 10 µg/m³ en la concentración de PM₁₀ produce un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años (Solarte, 1999).

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre la morbilidad en los niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda (ERA) y la concentración de material particulado PM₁₀ en la localidad Puente Aranda en Bogotá, 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.

Descripción de la zona de estudio.

La localidad de Puente Aranda (Figura 1) 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 (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004).

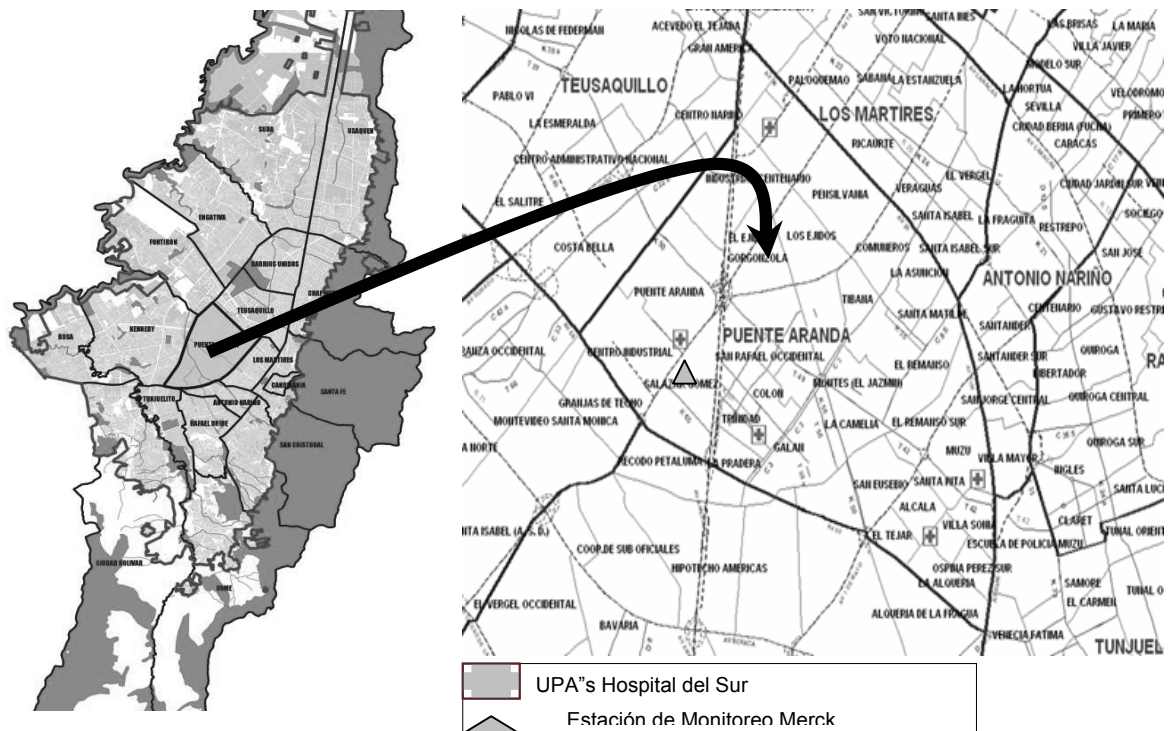


Figura 1. Ubicación de la Localidad de Puente Aranda.

La localidad de Puente Aranda cuenta entre la red pública de prestadores de servicios de salud de cinco unidades de atención primaria (UPA) y un Centro de Atención Médica Inmediata (CAMI) los cuales prestan servicios integrales de promoción y asistencia en el campo de la salud a todos los usuarios. Allí se reportan los casos atendidos por los diferentes padecimientos de ERA con los distintos tipos de consultas.

La principal causa de morbilidad por consulta externa en la localidad son las infecciones respiratorias agudas, causantes del 12,1% de las consultas externas

La contaminación atmosférica en la localidad de Puente Aranda se origina tanto por fuentes fijas como móviles. Con el propósito de medir los niveles de contaminación atmosférica de Bogotá, el Departamento Técnico 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 ubican dos estaciones de monitoreo, Puente Aranda y CADE (Figura 2).



Figura 2. Estaciones de monitoreo de calidad del aire en la localidad

La situación de Ponte Aranda en cuanto a concentración de PM₁₀ durante el año 2004, muestra que este contaminante presenta altas concentraciones, el máximo promedio de concentración 24 horas registrado por la RMCA para el año 2004 se presentó en la estación denominada “Merck” ubicada en la localidad en la avenida 68, con un valor de 203 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, asimismo en esta estación se registró la media más alta de los promedios 24 horas con un valor de 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, además se superó la norma local (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio 24 horas) en 39 ocasiones y el 46% de los datos superan el 50% de la norma.

Adicionalmente en esta estación, todos los valores de concentración media anual de PM₁₀ del año 2004, estuvieron por encima de la norma anual (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y se presentó una de las concentraciones máximas anuales registradas por la Red con un valor de 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Metodología.

Se seleccionaron las seis UPAs en la localidad de Ponte Aranda que reportan el mayor número de consultas por ERA teniendo en cuenta los distintos tipos de consultas, en niños menores a 5 años en el periodo comprendido entre el 1 de enero y 30 de junio de 2005. Los casos se identificaron con base a la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y problemas relacionados con la salud, Décima Revisión (CIE-10).

La información diaria de factores meteorológicos (temperatura, precipitación, dirección y velocidad del viento) y concentración de partículas (PM₁₀) fueron proporcionados por la estación de la RMCA en Ponte Aranda. Con esta información y la de salud se conformó una base de datos que permitió evaluar la asociación entre los niveles de contaminantes y las consultas en urgencias por los diferentes padecimientos.

Así mismo se realizó una comparación de las concentraciones horarias de PM10 con la norma establecida por la EPA (NAAQS), 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 de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y para el intervalo de concentración comprendido entre 55 y $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dados los efectos en salud señalados en este rango.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de todas las variables con el propósito de conocer su comportamiento individualmente. El análisis estadístico de la información se realizó con los paquetes SPSS V.12 y SAS V.8.

Después de realizar un análisis exploratorio de las variables de interés, se analizó la asociación existente entre concentración de PM10 y los casos reportados por ERA utilizando un modelo de regresión Poisson, debido a que este modelo 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 utilizó un método denominado Cuasi-verosimilitud el cual tiene en cuenta la sobre dispersión de los datos. Y con el fin de linealizar todas las variables y poder correr el modelo se utilizó como función de enlace logaritmo

Con el fin de encontrar la relación existente entre ERA y concentración de PM10 se evaluaron los posibles periodos de latencia, se estudió la relación entre el número de consultas diarias y los niveles de PM10 para el primer y los siete días previos a la consulta (Efecto Rezago 1 al 7). Con base a lo anterior y según la correlación y nivel significancia se corrieron 8 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 con el fin de 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 las variables hasta obtener un modelo donde las variables que estén incluidas en él sean todas representativas con un nivel del 5%.

Resultados y discusión.

Durante el periodo de estudio se registraron un total de 2240 niños menores a cinco años, por los diferentes padecimientos de ERA en el Hospital del Sur. Las estadísticas descriptivas diarias de las consultas por ERA se muestran en la Tabla 1, donde el máximo número de consultas fue 46 para el día 10 de mayo.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para número de consultas diarias de ERA en menores de 5 años en el Hospital de Sur (Enero – Junio 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

Como se muestra en la figura 1, en la cual se hace referencia la ubicación geográfica de las 6 unidades de atención básica hospitalaria, así como las estación de monitoreo de Calidad de aire la localidad.

En la Figura 4 se presentan la distribución de consultas atendidas mensualmente por ERA en el hospital del Sur para el periodo de estudio en menores a cinco años. El mes que reporta el mayor número de casos atendidos por ERA es Mayo con un total de 657 consultas, seguido de Marzo con 446 consultas, en tercer lugar se encuentra Abril con 399, en cuarto lugar esta Junio con 312 consultas y Finalmente, los meses de Febrero y Enero con 241 y 185 consultas respectivamente.

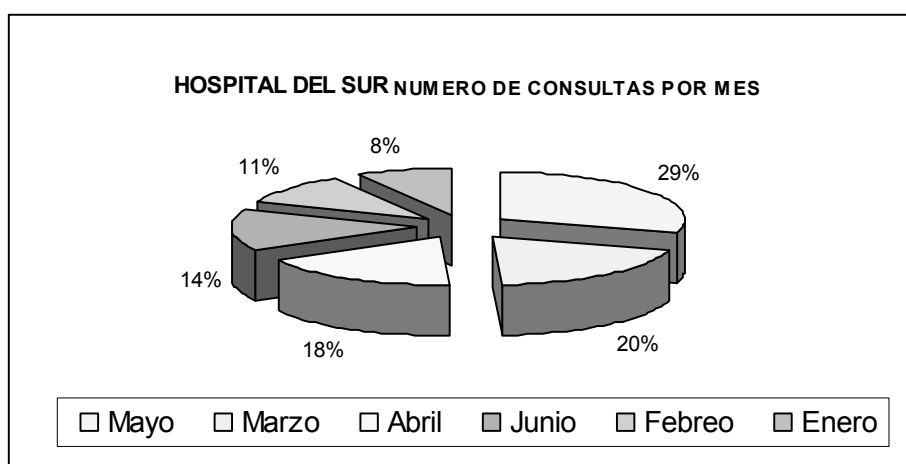


Figura 4. Distribución por porcentajes del número de consultas por mes

Al revisar la concentración de partículas en el período de estudio, los mayores valores de PM₁₀ se dieron en los meses de enero a marzo, posteriormente para los meses de Abril y Mayo intenta estabilizarse alrededor de valores de 151 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y finalmente en Junio la

concentración decrece (Figura 5). La concentración promedio diaria máxima 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 norma local (DAMA) sólo en tres (Tabla 3),

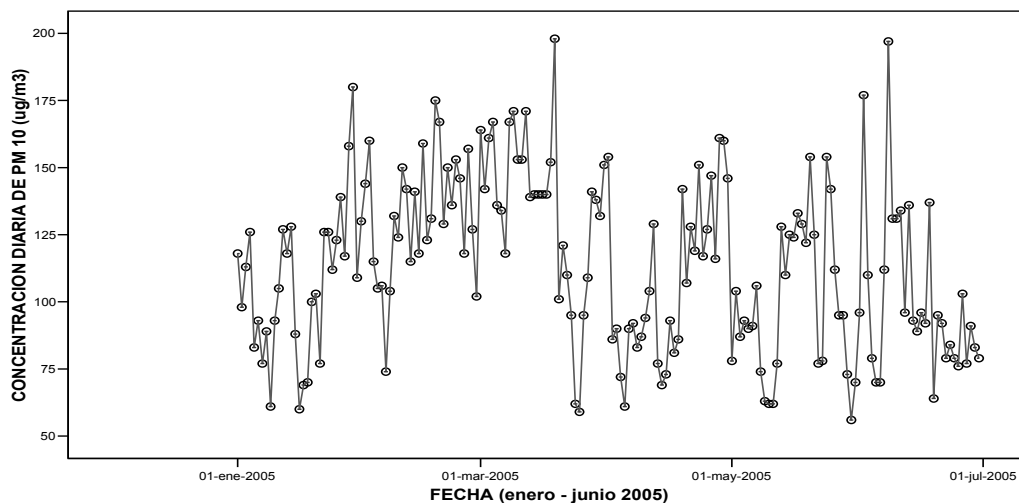


Figura 5. Variación de la concentración diaria de PM10 (valores absolutos) para el periodo de estudio

Tabla 2. Estadísticos descriptivos para concentración de PM10

ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS					
ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS		CONCENTRACION DIARIA DE PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VALORES >150	VALORES >180	VALORES INTERVALO 55-154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
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. tít.		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 (150µg/m ³)	DAMA (180µg/m ³)
Enero	2	1
Febrero	8	0
Marzo	11	1
Abril	4	0
Mayo	2	0
Junio	2	1
TOTAL	29	3

Al realizar la correlación lineal teniendo en cuenta un nivel de significancia del 95% entre los niveles de PM10 y el número de consultas se observa correlación para un periodo de latencia de 6 días, para la concentración diaria de PM10 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 µg/m³ se observa el mismo fenómeno. También se evidenció correlación a un nivel de 5% para un periodo de latencia de 5 días cuando se excede la norma EPA medido en medias móviles. No se observó correlación para los demás periodos de latencia considerados (primero a cuarto días, ni séptimo). (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación lineal para Rezagos 5 y 6

CORRELACIÓN LINEAL			CONCENTRACION DIARIA DE PM ₁₀ µg/m ³		EXCEDENCIAS NORMA EPA		EXCEDENCIAS NORMA DAMA		VALORES EN INTERVALO 55 - 154 µg/m ³	
			ABSOLUTOS	MEDIAS MOVILES 24H	ABSOLUTOS	MEDIAS MOVILES 24H	ABSOLUTOS	MEDIAS MOVILES 24H	ABSOLUTOS	MEDIAS MOVILES 24H
NUMERO DE CONSULTAS AL DIA POR ERA	R	r	0,0829	0,1147	0,0701	0,1592*	0,0898	0,026	-0,104	-0,17
	5	p-valor	0,2728	0,1307	0,3539	0,0354	0,2344	0,733	0,1671	0,0241
	R	r	0,2095*	0,179*	0,2051*	0,1786*	0,2033*	-0,0403	-0,137*	-0,2039*
	6	p-valor	0,0051	0,0178	0,0062	0,018	0,0066	0,5963	0,0683	0,0066

*p<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 periodo de latencia de seis días. Se observó que un aumento de 10µg/m³ 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 6 horas al día medida en valores absolutos, se produce un aumento del 29% (RR1.288) en el número de consultas. Si se excede la norma internacional (EPA) para concentración diaria de PM10 medida en valores absolutos, para las mismas 6 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 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 un m/s 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.

Estos resultados difieren un poco de los encontrados en el trabajo realizado por Solarte (Solarte 1999) en el cual se observa que un incremento 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 enfermedad respiratoria los niños menores de 14 años. Esta diferencia es explicada por los tipos de metodologías distintos de los estudios. La presente metodología es de tipo retrospectivo y la de Solarte fue una cohorte prospectiva.

Con respecto a valores internacionales reportados en el último año por CEPIS (2005) 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 PM10 aumenta en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo anterior muestra la grave situación que significa la contaminación atmosférica para esta zona de la ciudad.

Algunas limitaciones del presente estudio están en el hecho de que los datos de salud se obtuvieron de manera retrospectiva y no a partir de diagnósticos, 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 PM10 ocasionaría un incremento del 4% en las consultas por ERA con un periodo de latencia de seis días y en niños menores a 5 años. 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 por 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. Un especial agradecimiento al Departamento de Investigaciones de la Universidad de La Salle por la financiación del proyecto.

Referencias

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C, 2004 Secretaría de hacienda, Departamento administrativo de planeación. Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá, D.C.

ARISTIZÁBAL, Gustavo, 1997. Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en la población infantil de Puente Aranda. Universidad del Bosque, Secretaría de Salud del Distrito, Bogotá.

CEPIS, 2005. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de América Latina y el Caribe. Washington, D.C.

CHUN - Yang , CHIH-C, HUNG-Yi, SHANG-S, TRONG-Ne, CHI-KUNG H, 2004. Relationship between air pollution and daily mortality in a subtropical city: Taipei, Taiwan. *Magazine Environment International* 30 519– 523. <http://www.sciencedirect.com>

DAMA, Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2005. Informe Mensual de Calidad del Aire de Bogotá.

GUILLÉN J , SUÁREZ L , GARCÍA L, JIMÉNEZ E, BARBER X, MARTÍNEZ M, MORENO S. 1999. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad: resultados del proyecto Emecam en Cartagena. *Revista Salud Pública de España* 73: 215-224 N.º 2 - Marzo-Abril

ROMERO M, BERMEJO P, LA CASAÑA M, TÉLLEZ M, AGUILAR J, ROMIEU I, 2004. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. *Revista salud pública de México* / vol.46, no.3, mayo-junio.

SOLARTE Iván, 1999. Contaminación Atmosférica y Enfermedad Respiratoria en Niños en Bogota. Universidad Javeriana, Bogotá.