

Estimación de los beneficios económicos en salud asociados a la reducción de PM₁₀ en Bogotá

Estimating air quality change-associated health benefits by reducing PM₁₀ in Bogotá

Edison Y. Ortiz-Durán y Néstor Y. Rojas-Roa

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. eyortizd@unal.edu.co; nyrojasr@unal.edu.co

Recibido 15 Agosto 2012/Enviado para Modificación 20 Septiembre 2012/Aceptado 21 Octubre 2012

RESUMEN

Objetivo Estimar los beneficios en salud asociados a la reducción de la concentración promedio anual de material particulado PM₁₀, entre el 2010 y el 2020 a 50 µg/m³, por Unidades de Planeamiento Zonal en Bogotá.

Materiales y Métodos Se determinaron los casos de morbilidad y mortalidad atribuibles a la contaminación por PM₁₀ y se estimó su valoración económica año por año usando BenMap®, consolidando los resultados por localidad y por Unidades de Planeamiento Zonal. Se utilizó funciones de concentración-respuesta para determinar los casos atribuibles en mortalidad y hospitalizaciones por causas respiratorias y cardiovasculares, mientras que para los demás servicios hospitalarios analizados, se usaron proporciones del servicio con respecto a la tasa de hospitalización.

Resultados Podrían evitarse 21 000 muertes para mayores de 30 años y 900 muertes en menores de un año por exposición a largo plazo. Para menores de 5 años, podrían evitarse 1 200 hospitalizaciones por causas respiratorias, 3800 atenciones en salas de urgencias, 34 000 visitas a salas ERA y 2 500 visitas a las unidades de cuidados intensivos. Para mayores de 5 años, se evitarían alrededor de 44 000 hospitalizaciones por causas respiratorias, 350 hospitalizaciones por causas cardiovasculares (en mayores de 65 años), y 155 000 atenciones en las salas de urgencias en todo el período.

Conclusiones Se obtendrían beneficios económicos alrededor de 180 mil millones de pesos en los costos de enfermedad y un beneficio económico de más de 21 billones de pesos en mortalidad, entre el 2010 y 2020 para Bogotá.

Palabras Clave: Material particulado, salud pública, aire, costo de enfermedad (fuente: DeCS, BIREME).

ABSTRACT

Objective The health and economic benefits associated with the reduction of the annual average concentration of particulate matter PM_{10} to $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ between 2010 and 2020 were estimated and disaggregated in Zonal Planning Units in Bogotá.

Materials and Methods BenMap® was used for determining attributable cases and their economic valuation year per year, and the results were represented spatially for every borough and zonal planning unit of the city. The study used concentration-response functions to determine the mortality cases attributable to PM_{10} pollution and hospitalizations related with respiratory and cardiovascular diseases.

Results 21,000 deaths associated with long-term exposure could be prevented for people over 30 years old and 900 deaths associated with long-term exposure for children under one year old. For children under five years old, more than 12,000 preventable hospitalizations for respiratory diseases, about 3,800 emergency room visits, over 34,000 Acute Respiratory Diseases (ARD) cases and nearly 2,500 intensive care unit visits. For people over 5 years old, about 44000 hospitalizations for respiratory diseases, 350 hospitalizations for cardiovascular diseases (people over 65 years old), and nearly 155,000 emergency room visits would be prevented.

Conclusion Economic benefits for 180 billion Colombian Pesos (95 million U.S. dollars) would be obtained and a benefit higher than 21 trillion Colombian pesos (11 billion U.S. dollars) in ten years, preventing attributable deaths.

Key Words: Particulate matter, public health, air, cost of illness (*source: MeSH, NLM*).

La contaminación del aire representa un riesgo significativo a la salud pública; de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de dos millones de muertes prematuras pueden ser atribuidas a los efectos de la contaminación atmosférica en exteriores e interiores cada año y más de la mitad de estas muertes prematuras ocurren en los países en desarrollo (1). Adicionalmente, la contaminación atmosférica se ha relacionado con efectos adversos sobre la salud de la población, los cuales se ven reflejados en atención hospitalaria, pérdida de productividad, días laborales perdidos, entre otros (2).

Bogotá es la sexta ciudad más contaminada de Latinoamérica, en cuanto a material particulado PM_{10} se refiere(3); las concentraciones de material particulado PM_{10} no han tenido una tendencia de aumento o reducción a través de los años (4), sin embargo, existen lugares en Bogotá donde se exceden con frecuencia los límites permisibles establecidos por la legislación colombiana (5) y en la mayor parte de la ciudad se exceden los límites recomendados por la OMS (1).

Estudios epidemiológicos realizados por Krewski (6) y Woodruff (7) han demostrado el impacto de cambios en las concentraciones de PM_{10} en la salud humana. La magnitud de los beneficios estimados en la reducción de PM_{10} , proporciona información útil para dimensionar los beneficios que traería mejorar la calidad del aire sobre la salud de la población.

Estimaciones de beneficios recientes para Bogotá concluyen que al llevar la concentración promedio de Bogotá para PM_{10} al cumplimiento de la Norma Colombiana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual) entre 2010 y 2020, se podrían reducir más de 13000 casos de mortalidad atribuible, alrededor de 28000 hospitalizaciones por causas respiratorias en niños menores de 5 años y cerca de 5500 atenciones en unidades de cuidados intensivos, que en términos monetarios representaría beneficios de alrededor de 16 billones de pesos en dicho período (8). Este estudio tuvo el propósito de determinar la valoración económica de los cambios de concentración de PM_{10} , modificando la metodología propuesta por Castillo (8), para determinar dichos beneficios desagregados espacialmente por Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) y por Localidades, para el mismo período 2010-2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

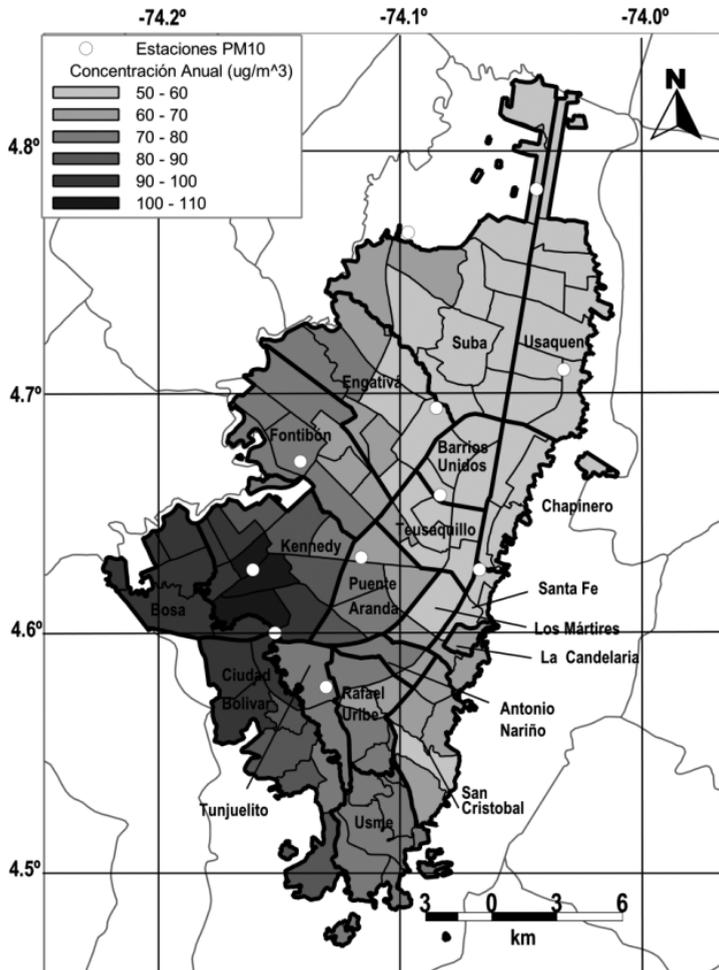
Estimación de la exposición a la contaminación del aire

Se utilizó la localización y las concentraciones registradas hora a hora por 11 estaciones de la red de monitoreo de calidad de aire de Bogotá (RMCAB) en 2010 para determinar los niveles de inmisión de PM_{10} en la ciudad mediante el método de interpolación de datos Voronoi (9). La Figura 1, muestra la distribución de la concentración promedio anual de PM_{10} para 2010, obtenida para cada unidad de planeación zonal (UPZ) de la ciudad; estas concentraciones se utilizaron como línea base. Para determinar la reducción de los niveles de contaminación año por año, se estableció un decrecimiento lineal de concentración de PM_{10} en cada una de las estaciones que exceden el límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual, establecido en la legislación colombiana, desde su nivel actual hasta dicha concentración en 2020. Para las estaciones que ya registran una concentración promedio anual de PM_{10} por debajo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no se estableció ningún cambio en el valor de la concentración a través del tiempo.

Población y proyecciones demográficas

Se empleó la distribución de población de la ciudad por UPZ y por género de 2005 a 2015 disponible en la base de datos de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) (10). Adicionalmente, se tomaron los valores demográficos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (11) para calcular las fracciones por grupos de edad para la población en el año 2015 y se supuso que dicha proporción no variaría en el tiempo.

Figura 1. Ubicaciones de Estaciones de Monitoreo de Calidad de aire y distribución de las concentraciones anuales de PM_{10} por UPZ para el 2010



Al cruzar los datos poblacionales con las fracciones de edad, se obtuvo la distribución poblacional para Bogotá por UPZ, año, género y grupo de edad. Esta distribución fue proyectada del 2015 al 2020 por medio de una interpolación lineal para cada UPZ y para cada género.

Casos evitables por la reducción de la contaminación

Para determinar la relación entre un cambio en la concentración de PM_{10} y la respuesta de dicho cambio en una población específica, se emplearon Funciones de Concentración – Respuesta (FCR), las cuales son derivadas de estudios epidemiológicos, a partir de los datos de Riesgo Relativo (RR) asociados a un cambio en la concentración de algún contaminante. La US-EPA (2), muestra cómo se puede transformar el riesgo relativo en una FCR, siguiendo una forma log-lineal o una forma lógica:

$$\text{Forma Log-Lineal: } C = (1 - e^{-A \cdot \beta \cdot \Delta}) * I * P \text{ [Ec. 1]}$$

$$\text{Forma Lógica: } C = \left(1 - \frac{1}{(1 - I) * e^{A \cdot \beta \cdot \Delta} + I} \right) * I * P \text{ [Ec. 2]}$$

Donde, C: Casos Atribuibles; A: Relación $PM_{2,5}/PM_{10}$ (Se usó $A=0,5$ que corresponde a la relación $PM_{2,5}$ y PM_{10} en las funciones de PM_{10} , ya que las FCR a utilizar fueron desarrolladas para cambios en la concentración de $PM_{2,5}$); β : Coeficiente de ajuste (único por autor); Δ : Cambio en la concentración del contaminante, (depende de la métrica que el autor de la función analizó); I: Incidencia del efecto; P: Población afectada (depende del rango de edad analizado por el autor de la función). Los parámetros de las FCR para cada efecto, se encuentran en la Tabla 1.

Se seleccionaron los efectos adversos a la salud específicos, teniendo en cuenta la disponibilidad de datos necesarios para el análisis (Incidencia del efecto), y su importancia para la salud pública. Los efectos a analizar fueron: Mortalidad a largo plazo en mayores a 30 años (MLP), Mortalidad Infantil en menores de un año (MI), Admisiones a Hospitales por causas Respiratorias (AHR), Admisiones a Hospitales por causas Cardiovasculares (AHC), Visitas a Salas de Urgencias por causas Respiratorias (VSUR), Visitas a salas de Enfermedades Respiratorias Agudas (VERA) y Visitas a las Unidades de Cuidados Intensivos (VUCI); según Castillo (8), las tasas de incidencia para los efectos analizados entre el 2003 y el 2006, por cada mil habitantes, corresponden a: 82,7 para AHR en menores de 5 años, 23,5 para AHR en mayores a 5 años y 2,2 para AHC en cualquier edad.

Los datos de mortalidad fueron obtenidos de manera desagregada por localidad, género y grupo de edad, a partir de la base de datos de la SDP entre el 2005 y 2010 (14). La evaluación de las muertes atribuibles a la contaminación fue determinada teniendo en cuenta las muertes violentas, debido a que Woodruff (6) y Krewski (14) realizaron sus estudios epidemiológicos teniendo en cuenta estas muertes. Los casos atribuibles determinados por proporciones, se determinaron teniendo en cuenta la proporción existente entre un efecto analizado con una FCR, y un efecto para el cual no existe FCR. Los casos atribuibles determinados de esta forma fueron: los casos de urgencias respiratorias, cuya proporción depende de las hospitalizaciones respiratorias; las unidades de cuidados intensivos por causas respiratorias, que dependen de las urgencias respiratorias, y por ende, de las hospitalizaciones respiratorias; las visitas a las Salas ERA, que también dependen de las hospitalizaciones por causas respiratorias; los valores de proporciones, según Castillo (8), fueron: 0,3 VSUR/AHR para menores de 5 años, 3,5 VSUR/AHR para mayores de 5 años, 2,7 VERA/AHR para menores de 5 años y 0,2 VUCI/AHR para menores de 5 años. Los casos atribuibles fueron determinados año a año por UPZ, los cuales fueron agregados posteriormente en localidades.

Tabla 1. Parámetros de FCR empleadas

| Efecto | Edad | $\beta \times 10^6$ | Autor | Forma de ecuación |
|---|----------|---------------------|---------------|--|
| Mortalidad a largo plazo (MLP) | >30 años | 5827 | Krewski (6) | Log- Lineal, con métrica anual |
| Mortalidad Infantil (MI) | <1 año | 6766 | Woodruff (6) | Lógica con Métrica anual |
| Hospitalizaciones Causas respiratorias (AHR) | <5 años | 1470 | Burnett (12) | Log-Lineal, con métrica promedio diario. |
| Hospitalizaciones Causas respiratorias (AHR) | >5 años | 1470 | Burnett(12) | Log-Lineal, con métrica promedio diario. |
| Hospitalizaciones Causas Cardiovasculares (AHC) | >65 años | 737 | Schwartz (13) | Log-Lineal, con métrica promedio diario |

Valoración Económica de los Casos Atribuibles

Para este estudio, se realizó el análisis por Costos de Enfermedad (COI por sus siglas en inglés), ya que permite visualizar el costo más bajo de cada uno de los casos atribuibles. Según Castillo, para el 2009 los COI para los efectos analizados son los siguientes: AHR 1 400 000 pesos, AHC 1 500 000 pesos, VSUR 340 000 pesos, VSERA 60 000 pesos, VUCI 6 340 000 pesos. Para la valoración de las muertes que se podrían evitar, se ha empleado un Valor Estadístico de Vida (VSL por sus siglas en inglés) de 1 008 millones de pesos (8).

Se realizó la valoración económica a través del tiempo, indexando el VSL a la inflación de Colombia proyectada entre el 2010 y el 2020(16) y los COI se relacionar al IPC para el sector salud en Bogotá proyectados entre el 2010 y el 2020 (17). Por otro lado, para que los valores fuesen aditivos, se llevaron dichos indicadores al valor presente neto del 2011 (VPN 2011), utilizado una tasa de descuento (τ) del 3%, recomendada por la US-EPA (9) para este tipo de análisis. Los indicadores económicos fueron normalizados con respecto al año al cual están los valores unitarios (2009). Por último, estos indicadores normalizados se transformaron a VPN 2011 mediante la aplicación de la tasa de descuento:

$$IndicadorVPN2011_{año i} = \frac{IndicadorNormalizado_{Año i}}{(1+\tau)^{2011-Año i}} \quad [Ec. 3]$$

La valoración económica de los casos atribuibles para cada año mediante la ecuación 4:

$$V = C * U * In \quad [Ec. 4]$$

Donde, V : Valoración de los Beneficios por los casos atribuibles; C : Casos atribuibles; U : Valor Unitario; In : Indicador VPN 2011. Por último, la valoración de los beneficios durante todo el periodo se determinó como la suma de cada una de las valoraciones anuales determinadas con la ecuación anterior, por cada UPZ. La valoración de los beneficios fue estimada año a año por UPZ y por localidad.

RESULTADOS

La localidad más beneficiada con la reducción de PM_{10} planteada entre 2010 y 2020 sería la Localidad 8 (Kennedy), en donde se evitarían 4 700 muertes y se obtendría un beneficio económico de 4,6 billones de pesos (Tabla 2). Por otro lado, las UPZ más beneficiadas serían Bosa Central (1 210 muertes evitables valoradas en 1,2 billones de pesos), Ismael Perdomo (1 130 muertes evitables valoradas en 1,1 billones de pesos) y Bosa Occidental (1 090 muertes evitables valoradas en 1,1 billones de pesos). La Figura 2 muestran la distribución espacial de los beneficios económicos por casos evitados de mortalidad asociados a la reducción de PM_{10} para toda el área metropolitana de Bogotá, por UPZ y por Localidad.

La Localidad más beneficiada en términos de morbilidad sería la de Kennedy, en donde se evitarían cerca de 61 500 servicios hospitalarios, con

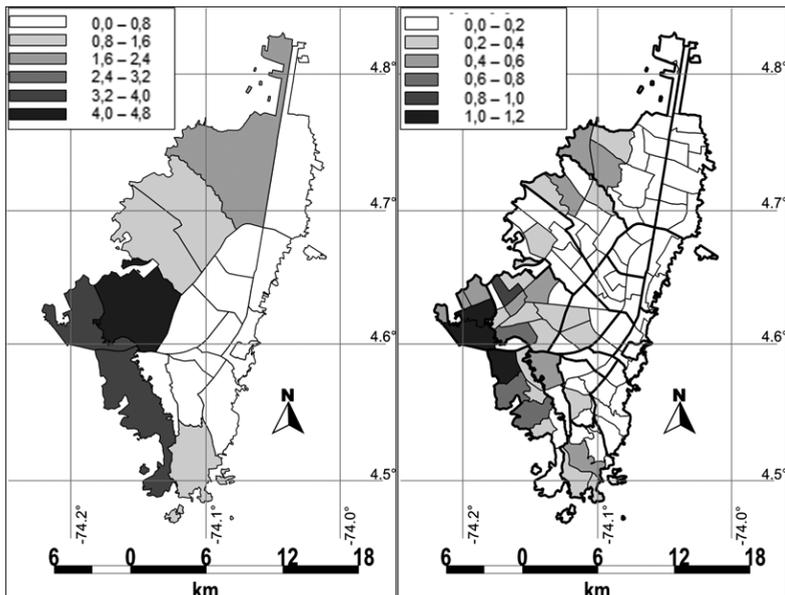
un COI de más de 44 000 millones de pesos (Tabla 3). En adición, las UPZ donde se evitarían más servicios hospitalarios serían Bosa Central (12 900 servicios hospitalarios evitables valorados en 9 300 millones de pesos), Patio Bonito (12 300 servicios hospitalarios evitables valorados en 8800 millones de pesos) y Bosa Occidental (11 600 servicios hospitalarios evitables valorados en 8 400 millones de pesos). La Figura 3 muestra la distribución espacial de los beneficios económicos por evitar casos de morbilidad asociados a la reducción de PM_{10} , para toda el área metropolitana de Bogotá, por UPZ y por Localidades.

Tabla 2. Localidades más beneficiadas en muertes evitables (I.C. 95%)

| Localidad | Muertes evitables | Valoración económica* |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Kennedy | 4 700 (3 420 – 5 970) | 4,6 (3,3 – 5,8) |
| Ciudad Bolívar | 3 500 (2550 – 4440) | 3,4 (2,5 – 4,3) |
| Bosa | 3 420 (2490 – 4310) | 3,3 (2,4 – 4,2) |
| Suba | 1 870 (1870 – 2380) | 1,8 (1,3 – 2,3) |
| Engativá | 1 630 (1180 – 2070) | 1,6 (1,1 – 2,0) |

*En billones de pesos, VPN 2011

Figura 2. Beneficios estimados en la reducción de Mortalidad por Localidad (Izquierda) y por UPZ (Derecha), en billones de pesos VPN 2011



Con la reducción de la concentración de PM_{10} hasta alcanzar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual en toda la ciudad de Bogotá, entre 2010 y 2020 podría evitar alrededor de 21 000 muertes por exposición a largo plazo para la

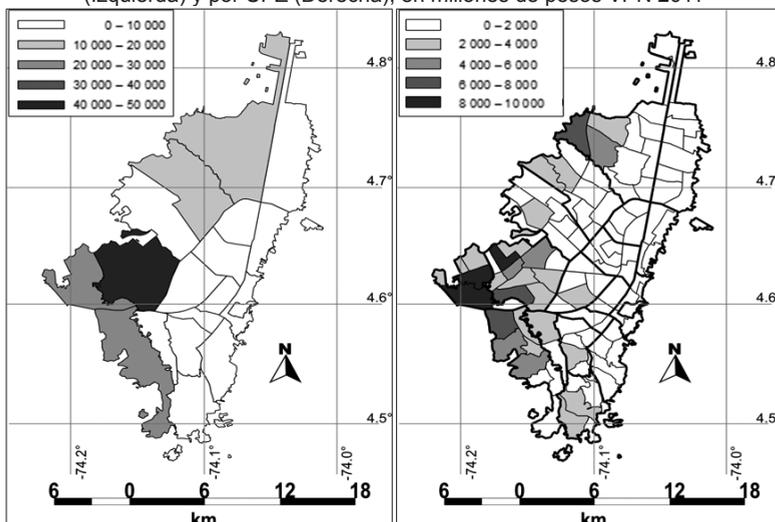
población mayor de 30 años, cuya valoración económica alcanzaría más de 20 billones de pesos. Podrían evitarse 900 muertes por exposición a largo plazo en la población menor de un año, obteniendo un beneficio económico de cerca de 1 billón de pesos. Para menores de 5 años, se evitarían más de 12000 hospitalizaciones por causas respiratorias, cerca de 3800 atenciones en salas de urgencias, más de 34 000 visitas a las salas ERA y cerca de 2500 visitas a las unidades de cuidados intensivos. Para mayores de 5 años, se evitarían alrededor de 44 000 hospitalizaciones por causas respiratorias, 350 hospitalizaciones por causas cardiovasculares (en mayores de 65 años), y cerca de 155 000 atenciones en las salas de urgencias en todo el período. Se obtendrían beneficios económicos en el periodo analizado para Bogotá de alrededor de 180 000 millones de pesos en los costos de enfermedad y 21,4billones de pesos en la disminución de la probabilidad de mortalidad asociada a la contaminación.

Tabla 3. Localidades más beneficiadas en reducción de servicios hospitalarios (I.C. 95%)

| Localidad | Servicios hospitalarios Evitables | Valoración económica por COI* |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Kennedy | 61 500 (49 300–73 700) | 44 100 (35 400–52 900) |
| Bosa | 36 500 (29 300–43 700) | 26 200 (21 000–31 400) |
| Ciudad Bolívar | 33 200 (26 600–39 800) | 23 900 (19 100–28 600) |
| Suba | 26 400 (21 200–31 700) | 18 900 (15 100–22 700) |
| Engativá | 19 700 (15 800–23 700) | 14 100 (11 300–16 900) |

*En millones de pesos, VPN 2011

Figura 3. Beneficios estimados en la reducción de Servicios Hospitalarios por Localidad (Izquierda) y por UPZ (Derecha), en millones de pesos VPN 2011



DISCUSIÓN

La incertidumbre presentada en los resultados está representada en el intervalo de confianza propio de cada FCR, determinado a partir del estudio epidemiológico con el cual se determinó dicha función. Esta incertidumbre, por lo tanto, no describe en su totalidad la propagación de errores durante la estimación de los casos evitados y de los beneficios asociados a dichos casos.

Algunos estudios han encontrado una modificación en la relación PM_{10} /Mortalidad por estrato socio económico, como una evaluación a través del nivel de educación (6); adicionalmente, análisis de sensibilidad reportados por la US-EPA (18) han mostrado la alta sensibilidad de los resultados al escoger las FCR de Mortalidad para PM_{10} .

Las FCR empleadas en este estudio fueron determinadas para ciertas poblaciones de Estados Unidos y Canadá, lo que conlleva a suponer que la población de Bogotá reaccionará ante el efecto analizado por la FCR de igual forma que lo haría la población en las ciudades donde se originaron los estudios. Los estudios analizados (exposición a largo plazo) capturan una proporción importante de la exposición máxima a corto plazo en la mortalidad. Sin embargo, aún no es clara la superposición entre ambos fenómenos (18).

El valor estadístico de la vida usado en este estudio fue determinado a partir del método de transferencia de beneficios (8). Al realizar esta estimación, no es posible tener un intervalo de confianza para el VSL. La valoración de la mortalidad generalmente domina los beneficios monetarios, razón por la cual el error que se puede cometer es considerable en la valoración económica de la mortalidad; además, el uso de los costos de enfermedad está asociado a los costos directos de la enfermedad, incluida la productividad perdida en los días de enfermedad; en consecuencia, la valoración económica de los efectos en morbilidad puede estar subestimada (8).

Las tasas de hospitalización utilizadas fueron determinadas para ser representativas en todo Bogotá (8). Sin embargo, en algunas localidades este valor puede variar con respecto a los valores utilizados, e incluso pueden variar de una UPZ a otra. Además, estas tasas de hospitalización fueron determinadas en 2006 (8) y se ha supuesto que, desde dicho año hasta 2020, dichas tasas no variarían con el tiempo, lo cual no representa exactamente la realidad. Además, los índices de mortalidad utilizados en este estudio

presentan una desagregación por grupo de edad, sexo y localidad para el período 2005-2010, por lo que se obtiene una buena representación de la mortalidad en Bogotá. Sin embargo, al igual que las tasas de hospitalización, se mantuvieron estos valores constantes a lo largo de los años analizados (2010-2020). En adición, las proyecciones de población pueden no ser adecuadas para futuras migraciones hacia la ciudad producto de su crecimiento económico.

Los efectos agregados en hospitalizaciones respiratorias y cardiovasculares no permiten ver cuáles son las enfermedades más propensas a desarrollarse o evitarse. Además, implicaría una subestimación de los casos determinados y de la valoración de los mismos (8).

Para algunas FCR, se empleó la relación $PM_{2,5}/PM_{10}$ de 0,5, debido a que dichas FCR fueron determinadas para concentraciones de $PM_{2,5}$; con dicha relación, se transformó las concentraciones de PM_{10} a $PM_{2,5}$. Sin embargo, esta relación es variable con respecto a la ubicación espacial en la ciudad (19), y depende de variables meteorológicas como la velocidad del viento y la lluvia. Por otro lado, las proporciones utilizadas representan la relación entre los efectos con los que no se cuenta una FCR y entre los efectos con las que sí se cuenta una FCR; Esta relación no necesariamente representa los casos atribuibles por la contaminación (8).

La incertidumbre más grande radica en que no se sabe con certeza cómo se comportarán las concentraciones de los contaminantes en un futuro, no se sabe cómo será la tendencia de reducción de la concentración de PM_{10} con la implementación del Plan Decenal de Descontaminación para Bogotá. Sin embargo, al realizar dichos análisis, se ha comprobado que la adaptación de BenMap® para Bogotá es funcional, y que esta presta a modificaciones que permitan disminuir esta incertidumbre.

La interpolación Voronoi permite distribuir las concentraciones medidas en cada uno de las estaciones de monitoreo para cada uno de los contaminantes espacialmente. Sin embargo, las concentraciones de los contaminantes en sitios distintos a las estaciones, en especial en áreas cercanas a las fronteras de la ciudad, pueden tener valores distintos a los determinados por la interpolación.

Los efectos analizados en este estudio no representan la totalidad de efectos adversos a la salud generados por la contaminación. Existen otros,

tales como los síntomas respiratorios, días de actividad restringida, días de trabajo perdidos por enfermedad, días perdidos de colegio/universidad, todos estos, considerados como efectos menores (2).

La metodología utilizada en este estudio permitió determinar los beneficios económicos que conlleva la disminución de PM_{10} en el aire de Bogotá de una manera desagregada en el espacio. Se determinaron los beneficios y casos atribuibles a los cambios en la concentración de cada uno de los casos estudiados.

Al reducir gradualmente la concentración de PM_{10} hasta niveles iguales a los establecidos como límite en la legislación colombiana en toda la ciudad, se obtendrían beneficios de cerca de 21,5 billones de pesos entre 2010 y 2020. Kennedy sería la localidad más beneficiada y Bosa Central sería la UPZ más beneficiada. La mortalidad es el componente de mayor participación en la valoración económica.

Entre los servicios hospitalarios, la atención respiratoria en las salas de urgencias para mayores de 5 años son las más representativas en los beneficios.

Con este estudio, se ha obtenido una herramienta que permitirá realizar la valoración económica de los contaminantes analizados, a partir de datos obtenidos por la red de monitoreo, así como aquellos que puedan determinarse mediante la modelación de dispersión de contaminantes y el mejoramiento de los datos de entrada, como las tasas de incidencia y su comportamiento temporal ♣

Agradecimientos: Este estudio fue apoyado por la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Los autores agradecen la disponibilidad de la información por parte de las Secretarías Distritales de Ambiente (SDA), Salud (SDS) y Planeación (SDP), así como del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE).

REFERENCIAS

1. World Health Organization. Air Quality Guidelines for particulate Matter, Ozone, Nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Ginebra CHE:WHO; 2006. Updated 2005.
2. U.S. Environmental Protection Agency. BenMap User's Manual Appendices. Triangle Park NC:US-EPA; 2012. Updated 10/2012
3. Krzyzanowski M, Cohen A. Update of WHO air quality guidelines. Air Quality, Atmosphere & Health 2008; 1(1):7-13.

4. Cancino J. Validación y análisis de la información de la Red de Calidad del Aire de Bogotá Bogotá CO, Observatorio Ambiental de Bogotá; 2006. [Internet]. Disponible en http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=ede910bc1828e38c446e5b3acf8558ab&x=5031. Consultado Enero de 2011.
5. Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Resolución 610 del 24 de Marzo 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
6. Krewski D, Burnett RT, Goldberg MS, Hoover K, Siemiatycki J, Jerrett M, Abrahamowicz M, White WH. Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and. Health Effects Institute 2000. Boston MA; Special Report.
7. Woodruff TJ, Grillo J, Schoendorf KC. The relationship between selected causes of postneonatal infant mortality and particulate air pollution in the United States. *Environmental health perspectives* 1997; 105(6): 608-612.
8. Castillo JJ. Estimación de los beneficios en salud asociados a la reducción de la contaminación atmosférica en Bogotá, Colombia. Bogotá CO, Observatorio Ambiental de Bogotá; 2010 [Internet]. Disponible en: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=775d4f8c612691d77224e43b0e8b94e7&x=5024. Consultado enero de 2011.
9. U.S. Environmental Protection Agency. BenMap User's Manual. Triangle Park NC:US-EPA; 2012. Updated 10/2012
10. Secretaría Distrital de Planeación, Información sociodemográfica de Bogotá. [Internet]. Disponible en: <http://portales.sdp.gov.co/resources/estadistica/03InformacionSociodemografica.xls>. Consultado Marzo de 2011.
11. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), Censo 2005 Ampliado. [Internet]. Disponible en: <http://190.25.231.242/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005AMPLIADO&MAIN=WebServerMain.inl>. Consultado Marzo de 2011.
12. Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Raizenne ME, Brook JR, Dales RE, Leech JA, Cakmak S, Krewski D. Association between ozone and hospitalization for acute respiratory diseases in children less than 2 years of age. *Am J Epidemiol* 2001; 153(5): 444-452.
13. Schwartz J. Air Pollution and hospital admissions for heart Disease in Eight U.S. Counties. *Epidemiology* 1999; 10(1): 17-22.
14. Secretaría Distrital de Planeación, Aspectos Demográficos de Bogotá. [Internet]. Disponible en: http://portales.sdp.gov.co/resources/oka_18_aspectos_demograficos.xls. Consultado Marzo de 2011.
15. Krewski D, Jerret R., Burnett R., Hughes M., Shi Y, Turner C., Thurston E. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. HEI Research Report 2009;140.
16. International Monetary Fund. World Economic Outlook database. [Internet]. Disponible en: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/weodata/index.aspx>. Consultado Marzo de 2011.
17. Secretaría Distrital de Planeación, IPC Bogotá: Histórico 1998–2008. [Internet]. Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/>. Consultado Marzo de 2011.
18. U.S. Environmental Protection Agency. The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020. Triangle Park NC: US-EPA; 2011. Updated 03-2011.
19. Rojas N, Galvis B. Relación entre PM_{2,5} y PM₁₀ en la ciudad de Bogotá. *Acta Nova* 2006; 3(2): 336-353.