

Artículos originales

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología

Evaluación epidemiológica del impacto de los contaminantes del aire. Propuesta metodológica

[Dr. Enrique Molina Esquivel¹](#) e [Ing. Elieza Meneses Ruiz²](#)

Resumen

La medición del impacto de los contaminantes atmosféricos sobre la salud se realiza a través de funciones exposición-respuestas (FERs), las que permiten estimar la proporción de sujetos afectados en la población. El presente trabajo tiene como objetivos definir criterios metodológicos para la determinación de FERs, resumir el análisis de la aptitud de los estudios epidemiológicos nacionales con este propósito y proponer una serie de FERs basadas en evidencias nacionales y extranjeras para su empleo en evaluaciones de impacto. Se exponen los criterios metodológicos con vista a la formulación de FERs para contaminantes del aire a partir de estudios epidemiológicos mediante la determinación de la pendiente concentración-respuesta, y se asume que las FERs constituyen funciones lineales, sin umbral; se expone la metodología adoptada para evaluar la aptitud de estudios para el establecimiento de FERs. Los resultados muestran que numerosos estudios epidemiológicos nacionales han reportado asociaciones entre contaminantes del aire y morbilidad respiratoria aguda y crónica, aunque solo en tres de ellos han sido expuestas las FERs. Los principales problemas y limitaciones identificados incluyen: predominio de estudios descriptivos, inadecuada evaluación de la exposición por dificultades en el monitoreo de contaminantes o estimadas mediante modelos de dispersión de precisión incierta y evaluación estadística con débil componente epidemiológico (análisis principalmente bivariado, sin control de posibles factores de confusión). Se propone una selección de FERs para mortalidad y morbilidad, dirigida a su empleo preliminar en evaluaciones de impacto en salud, previa fundamentación de su aptitud.

PALABRAS CLAVES: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SALUD; EPIDEMIOLOGÍA; METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS; FUNCIONES DE RIESGOS; FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA; EVALUACIÓN DE IMPACTO EN SALUD.

Los contaminantes atmosféricos son capaces de ejercer una amplia gama de efectos adversos sobre la salud humana, agudos o mayormente crónicos, los que de ningún modo son excluyentes entre sí.¹⁻⁴ Cuanto más severos son los efectos adversos de la contaminación atmosférica, menor es la proporción de la población que resulta afectada, con un insuficiente reporte y subregistro de dichos efectos, principalmente de los menos severos por parte de los sistemas de vigilancia epidemiológica.^{5,6}

Bajo las condiciones de exposición cotidiana en la población general, la contaminación atmosférica se comporta como un factor de riesgo de baja intensidad, caracterizado por asociaciones débiles, con bajos riesgos relativos para sus múltiples efectos adversos,

razón por la cual pueden pasar inadvertidos, a pesar de que por la elevada frecuencia de estos, pueden dar lugar a riesgos atribuibles de importante magnitud, que constituyen grandes cargas sociales en términos de pérdida de calidad de vida, morbilidad aguda y crónica, invalidez y mortalidad precoces.^{3,4,6,7} Por eso es necesario implementar evaluaciones de impacto en salud y su costo económico, como vía para la prevención y control.³

La medición de este impacto se realiza mediante funciones exposición-respuestas (FERs), las que relacionan el incremento de los niveles de concentración de los contaminantes durante un período de tiempo (exposición) con el incremento de la probabilidad de daño (riesgo), y miden la proporción de sujetos afectados en la población (respuesta). Numerosos factores hacen que diversos estudios muestren diferentes FERs, por lo que estas no deben ser propuestas a partir de un estudio único.^{8,9}

En la actualidad se le confiere a la investigación epidemiológica una importancia creciente en el ámbito internacional dentro del proceso de evaluación y manejo de riesgos ambientales. La evaluación de riesgos requiere una cuidadosa valoración de toda la evidencia disponible, incluido el análisis de los estudios locales y foráneos que evalúen la relación cuantitativa entre la exposición y el efecto, parámetro esencial para la determinación del número de casos atribuibles.^{10,11}

El presente estudio tuvo como objetivos definir los criterios metodológicos para la determinación de FERs relativas a contaminantes atmosféricos a partir de estudios epidemiológicos, describir la aptitud de los estudios epidemiológicos nacionales disponibles para la determinación de FERs y proponer una serie preliminar de FERs basadas en evidencias nacionales y extranjeras adecuadas para su empleo en evaluaciones de impacto ambiental en salud y que contribuyan a medir el costo económico.

Métodos

Se asumió que las FERs constituyen funciones lineales o muy próximas a la linealidad, sin umbral, tal como actualmente propugnan numerosos autores, de acuerdo con los resultados de diferentes estudios recientes de relevancia,^{8,12-16} y se consideraron las concentraciones de los contaminantes como variables independientes, con la misma pendiente a lo largo del rango de exposiciones observadas.¹⁷

Se adoptaron los criterios metodológicos propuestos por *Ostro*⁸ y *Ralb*¹¹ para la determinación de FERs en estudios epidemiológicos, los cuales se corresponden con los comúnmente adoptados con este propósito, de modo que pueden ser utilizados en cualquier otro estudio que permita la determinación de los parámetros necesarios y posibiliten realizar evaluaciones de impacto en salud, mediante la aplicación de las FERs propuestas en este trabajo u obtenidas en otros estudios, con la inclusión de información demográfica, la incidencia de efectos y los niveles de exposición de la población objeto de evaluación.¹⁸

La determinación de las FERs mediante esta metodología se realiza a partir de la pendiente concentración-respuesta (Scr); esto significa el número de casos anuales en la población por persona expuesta, atribuible a la variación por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la concentración media anual del contaminante las relaciones entre la variación de ocurrencia del efecto en

función de las concentraciones del agente, bien a partir de la pendiente del riesgo relativo (RR) por unidad de incremento anual del contaminante Υ o aplicando directamente la Scr , a partir de la ecuación $Scr = \Upsilon F_{pop} I_{ref}$, donde Υ representa la relación entre el RR y el incremento unitario de la concentración del contaminante. Tiene como unidades el porcentaje de incremento del RR por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y se obtiene de los estudios epidemiológicos; F_{pop} significa la fracción de la población afectada, mientras I_{ref} representa la tasa de incidencia base y tiene como unidades los casos por persona al año. Por lo tanto, con el uso del valor de pendiente obtenido en la ecuación mostrada, los casos anuales atribuibles se pueden calcular mediante la siguiente ecuación: $I = SFER (POP_j, \Delta C_j)$, donde I representa el número de casos anuales, POP_j el número de receptores en la localización j y ΔC_j el cambio anual (variabilidad) de las concentraciones del contaminante en el área j .

Evaluación de estudios nacionales para el establecimiento de FERs

La estrategia para la búsqueda, selección, análisis y el resultado detallado de la evaluación de los estudios epidemiológicos nacionales ya han sido objeto de una comunicación previa,¹⁹ por lo que a continuación solo se expondrá un resumen de esta tarea:

Se efectuó una búsqueda bibliográfica de los estudios relativos a la contaminación del aire y la salud realizados en Cuba desde 1980, con especial interés en los referidos a partículas en suspensión y dióxido de azufre (SO_2), por ser estos los contaminantes más estudiados a nivel mundial y constituir los de más amplia distribución, especialmente en Cuba y en los países subdesarrollados en general.^{3,6,7} Posteriormente se procedió al análisis de los estudios inicialmente seleccionados, por su posible contribución al establecimiento de FERs, con vista a evaluar el cumplimiento de los principales requerimientos básicos para este propósito^{8-11,16} incluidos los siguientes:

- Evaluación de la exposición: Características y representatividad del monitoreo ambiental y agentes evaluados, rangos de exposición y correspondencia con hallazgos internacionales.
- Determinación de la incidencia o prevalencia de base y estimación del riesgo relativo.
- Si las mediciones de los efectos sobre la salud son generalizables o no a otras poblaciones, por la concurrencia de otros posibles factores de riesgo o la presencia de grupos de elevada susceptibilidad locales que pudieran actuar como confusores o modificadores.

Al conferir gran importancia a la evidencia aportada por cada estudio, se tuvieron en consideración los siguientes aspectos:²⁰

- Racionalidad del estudio: ¿Constituye un paso lógico en la solución del problema? Hipótesis y objetivos: ¿Claros y precisos? ¿Se corresponden con los resultados a obtener?
- Metodología: Diseño, características de la muestra y base poblacional, medición de la exposición y los efectos, datos faltantes, análisis estadístico, control de posibles sesgos y confusores, así como las limitaciones.
- Resultados, discusión y conclusiones: Principales hallazgos (negativos o positivos), coherencia, consistencia con otros estudios, validez interna y externa. ¿Las conclusiones dan salida a los objetivos?

Selección de propuesta preliminar de FERs

Este procedimiento se basó en la revisión y adecuación de funciones obtenidas en diferentes metaanálisis;4,6,8,11 es decir, el análisis cuantitativo de la combinación de los resultados de diferentes estudios sobre un tópico específico, con el objetivo de obtener una interpretación sumaria o el promedio de esos hallazgos individuales.²⁰

Resultados y discusión

De los 63 estudios nacionales recuperados, solo 10 pasaron a la segunda etapa del análisis; los restantes fueron excluidos en la primera etapa en cuanto a su posible aporte para la formulación de FERs, de los cuales 3 mostraron evidencia, al menos limitada, para su establecimiento, en cuyos casos se expone una breve síntesis de la metodología, los hallazgos esenciales y las limitantes.

- Prevalencia de asma bronquial. Asociación con la contaminación atmosférica y otros factores ambientales:²¹

Se realizó un estudio ecológico seguido de otro transversal (analítico) en dos zonas de Ciudad de La Habana, y se efectuó un monitoreo ambiental representativo del año previo. Fue controlado el efecto de factores de confusión y calculadas las tasas de prevalencia de asma, los RR y los elementos atribuibles, así como las FERs relativas al incremento de la prevalencia de asma en función de la exposición media anual de SO₂. Por tratarse de un único estudio transversal, sin medición de la incidencia, del cual no deben extrapolarse relaciones precisas de causalidad, se concluye que solo aporta evidencia limitada (tabla 1).

Tabla 1. *Concentraciones medias anuales de valores diarios de dióxido de azufre y humo (µg/m³) en las zonas de estudio. Abril 1987-marzo 1988. Prevalencia de asma por edad y coeficientes para estimar el incremento de casos por persona por µg/m³ por de SO₂ medio anual superior a 50 µg/m³*

Zonas de estudio	Medias anuales de contaminantes (µg/m ³)		Prevalencia de asma por grupos de edad (años)		
	SO ₂	Humo	1-19	20-59	60 y más
Expuestas	111,5	28,5	146,6 E-03	63,2 E-03	52,2 E-03
No expuestas	11,5	7,5	99,6 E-03	41,9 E-03	20,2 E-03
Incremento de casos* persona* año* ug/m ³ de SO ₂			4,797 E-04	3,475 E-04	5,189 E-04

Nota: Las concentraciones máximas admisibles medias SO₂ y humo en Cuba son de 50 µg/m³.

- Crisis de asma y enfermedades respiratorias agudas, contaminantes atmosféricas y variables meteorológicas en Centro Habana²²

A partir de un estudio ecológico realizado en el período octubre 1996-septiembre 1997, se calcularon regresiones lineales múltiples entre medias diarias de variables meteorológicas, contaminantes del aire determinados en Centro Habana y consultas de urgencia por crisis aguda de asma bronquial (CAA) y por enfermedades respiratorias agudas (ERA), en niños y en adultos en dos hospitales, uno pediátrico y un clinicoquirúrgico del municipio. Las PM₁₀ mostraron correlaciones directas sincrónicas con las CAA y las ERA en niños y en adultos, controlado el efecto de la temperatura. Se estimó el número de consultas atribuidas al exceso la media anual de PM₁₀ (61,2 µg/3) con respecto a 50 mg/m³ (tabla 2). Por no incluir posibles casos atendidos en otros centros o que no solicitaron ayuda médica, estos coeficientes pudieran estar subestimados, por lo que solo aporta evidencia limitada para el establecimiento de FERs.

Tabla 2. *Coefficientes de incremento diario de consultas por CAAB y ERA por µg/m³ de PM₁₀. Total anual y porcentaje atribuible al exceso de la media anual de PM₁₀ = 61,2 mg/m³ con respecto a 50 mg/m³. Hospitales pediátrico y clinicoquirúrgico. Centro Habana. Octubre 1996-septiembre 1997.*

Variables dependientes. Indicadores de morbilidad asociada (motivo de consulta)	Coefficientes de incremento diario por µg/m ³ de PM ₁₀	Consultas en exceso anuales	Porcentaje del total de consultas por estas causas
Crisis agudas de asma bronquial en niños	0,096	421	2,11
Crisis agudas de asma bronquial en adultos	0,054	220	1,19
Crisis agudas de asma bronquial (total)	0,171	699	1,82
Enfermedades respiratorias agudas (niños)	0,259	1 009	2,48
Enfermedades respiratorias agudas (adultos)	0,054	220	3,09

Enfermedades respiratorias agudas (total)	0,310	1 265	2,44
Total de consultas y % anual atribuidos a exceso de PM10		1 964	2,17

Leyenda: Las concentraciones de SO₂ y de NO₂ resultaron auto excluidas de los modelos de todas las variables dependientes en el proceso de regresión lineal múltiple por pasos.

- Contaminación atmosférica, crisis aguda de asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en cubanos menores de edad²³

Un estudio ecológico de series temporales (octubre 1996-marzo 1998) evaluó la asociación entre la ocurrencia de consultas diarias por CAA, ERA e infecciones respiratorias agudas en menores de 15 años, así como la exposición diaria a PM₁₀, humo y SO₂ en dos hospitales pediátricos de Ciudad de La Habana y controló el efecto de la temperatura. Se construyeron modelos de regresión binomial negativa, mientras se calcularon los incrementos de consultas por CAA e IRA asociados al aumento diario de humo y SO₂. Los valores sincrónicos no mostraron relación con ningún contaminante; el período de latencia para humo y SO₂ varió entre 4 y 7 días, aún cuando los valores de ambos resultaron muy inferiores a los valores guía OMS y a la norma sanitaria cubana. No se encontraron asociaciones con PM₁₀ a pesar de mostrar éstas concentraciones riesgosas, por lo que estos hallazgos son controversiales. Al igual que el estudio anterior, los coeficientes pudieran estar subestimados, por lo que solo aporta evidencia limitada para el establecimiento de FERs.

Principales problemas identificados en los estudios nacionales para el establecimiento de FERs

- Predominio de estudios exclusivamente descriptivos.
- Ausencia o insuficiencia de mediciones cuantitativas de exposición ambiental a contaminantes o empleo de indicadores indirectos. Insuficiente caracterización de fuentes y emisiones principales.
- Empleo de indicadores pasivos, los cuales no permiten la evaluación cuantitativa de la exposición, con período de resolución excesivamente largo (mensual) para evaluar impacto sobre efectos agudos.
- Exposiciones estimadas exclusivamente mediante modelos de dispersión cuya precisión es incierta.
- Métodos de evaluación estadística con un débil componente epidemiológico; predominio del análisis bivariado, sin el control de posibles factores de confusión.
- Metodología insuficientemente explícita para evaluar la validez interna y externa de los resultados.
- Inconsistencia entre algunos estudios afines e interpretación divergente de los resultados.
- Concentraciones ambientales muy inferiores a las reconocidas como capaces de ocasionar efectos adversos a corto plazo, aunque se establecen relaciones con el incremento de los riesgos.

A pesar de los problemas señalados, diferentes estudios epidemiológicos nacionales han mostrado asociaciones entre contaminantes atmosféricos e indicadores de morbilidad respiratoria aguda y crónica (principalmente para partículas en suspensión y dióxido de azufre) bajo las condiciones de exposición, clima y variables meteorológicas predominantes, así como los demás factores ecológicos y socioeconómicos propios de zonas urbanas del país, y han aportado FERs para algunos efectos agudos y crónicos, las cuales se encuentran en el orden de las obtenidas en diferentes estudios extranjeros de relevancia. Sin embargo, como consecuencia de las limitaciones anteriormente mencionadas, se considera que estas funciones por sí solas resultan insuficientes para la realización de evaluaciones de impacto en salud a escala nacional.

Propuesta preliminar de funciones exposición-respuesta

Con vista a la evaluación del impacto de los principales contaminantes del aire en zonas urbanas se propone, hasta tanto se disponga de FERs propias, la aplicación preliminar de un grupo de funciones a una serie de efectos para los cuales los estudios nacionales han mostrado asociaciones significativas. Estas fueron seleccionadas a partir de metaanálisis desarrollados a partir de una amplia serie de estudios recientes y relevantes, realizados principalmente en Estados Unidos y Europa.

En el caso de las partículas en suspensión, las FERs fueron seleccionadas de las propuestas por *Ostro*,⁸ en tanto las FERs relacionadas con SO₂, sulfatos y nitratos, fueron tomadas de las propuestas en la base de datos de FERs por el Proyecto Extern E,¹¹ basadas en rangos de exposición comparables con los reportados en estudios cubanos. En este caso, fueron incluidos indicadores de morbilidad agudos y crónicos.

No se identificaron estudios nacionales que aporten evidencia de mortalidad general o por causas específicas atribuibles a la contaminación atmosférica; sin embargo, por la importancia social y el peso que tienen estas funciones en los resultados finales de una evaluación de impacto ambiental en salud, se decidió tomar los valores de mortalidad aguda y crónica obtenidos en los metaanálisis antes mencionados para partículas en suspensión y SO₂. Esto se fundamentó en que tanto la expectativa de vida como el perfil epidemiológico de mortalidad de Cuba se comportan de forma similar a los de los países desarrollados de los que principalmente provienen estas funciones (Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Salud 2002. La Habana. MINSAP; 2003).

Se considera que las PM₁₀ constituyen el 0,55 de las PTS y que las PM_{2,5} pueden ser convertidas a PM₁₀ multiplicándolas por 0,625.⁸ Para los sulfatos y nitratos, se asumió que la pendiente de la función exposición respuesta (SFER) en el caso de los primeros, es igual a la de las PM_{2,5} mientras que para los segundos es la misma que para las PM₁₀.^{11,24}

Funciones de mortalidad

Para la mortalidad crónica asociada a exposiciones a concentraciones relativamente bajas de PM₁₀ durante largo plazo (años o decenios), se decidió utilizar las FERs propuestas por *Ostro* (OMS, 1996)⁸ para la población total (tabla 3), expresada en porcentaje de incremento de las tasas anuales por 1 µg/m³ y de PM₁₀ o sulfatos, o la conversión equivalente a PM_{2,5}, o nitratos. Para SO₂ se decidió utilizar la FER de mortalidad aguda,

relacionada con exposición a episodios severos de exposición durante cortos períodos (días o semanas) propuesta por Ralb11 para la población total (tabla 4).

Tabla 3. *FERs para mortalidad crónica en la población total. Coeficientes para estimar el efecto sobre la mortalidad del incremento medio anual por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10*

Impacto en la salud	Contaminante	Porcentaje de incremento de la tasa anual por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10
Mortalidad general	PM10, nitratos	0,2700
	PM2,5, sulfatos	432
Mortalidad respiratoria	PM10, nitratos	0,3400
	PM2,5, sulfatos	544
Mortalidad cardiovascular	PM10, nitratos	0,1400
	PM2,5, sulfatos	224

Nota: Se asume que la masa de PM10 = 0,55 de PST y la masa de PM2,5 = 0,625 de PM10.

Tabla 4. *FER para mortalidad aguda en la población total. Coeficiente de incremento del riesgo relativo (RR) de la tasa anual y casos anuales atribuibles a la variación de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medio anual de SO2*

Impacto en salud	Porcentaje de incremento del RR de la tasa anual por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO2	Casos anuales (personas * año * $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Mortalidad aguda	0,046	2,3 E-06

Funciones de morbilidad

Las funciones de morbilidad asociadas a PM10 se seleccionaron del metaanálisis realizado por *Ostro*,⁸ mientras que la escogida para SO2 se seleccionó del compendio realizado por *Ralb11* (tabla 5). Para el caso de los óxidos de azufre (SOX) y de nitrógeno

(NOX) existen pocas FERs que se adecuen a nuestras características, ya que provienen de estudios realizados en países desarrollados donde se emplean combustibles y tecnologías menos emisoras, además de la dificultad inherente al control de factores de confusión, lo que hace difícil identificar relaciones directas con efectos sobre la salud. Todo lo contrario ocurre en los países en desarrollo, donde frecuentemente los valores ambientales superan a los establecidos por las normas sanitarias, pero los estudios epidemiológicos no son tan abundantes.^{3,5,7}

Las SFER, tanto para mortalidad como para morbilidad, son calculadas con la sustitución de los coeficientes mostrados en la primera ecuación, donde la IREF puede ser estimada en estudios locales.^{8,11} De este modo se considera que esta selección preliminar de FERs constituye una ayuda para la realización de futuras evaluaciones de impacto ambiental en salud a realizar en el país, hasta tanto se cuente con funciones propias, ya que estas cubren una gama relativamente amplia de efectos adversos para los dos principales contaminantes prioritarios y la idoneidad de su uso ha sido suficientemente fundamentada.

Tabla 5. FERs seleccionadas para la morbilidad. Coeficientes para estimar el efecto del incremento medio anual de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ de contaminante por persona expuesta del grupo poblacional

Impacto en la salud	Grupo de la población	Contaminante	Casos anuales (personas * año * $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias	Población total	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	1,2 E-05 1,92 E-05
Consultas en servicios de urgencia	Población total	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	23,55 E-04 37,68 E-04
Días de actividad restringida	Mayores de 16 años	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	0,057 0,0912
Bronquitis aguda	Niños < 16 años	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	1,6 E-03 2,56 E-03
Crisis agudas de asma	Asmáticos	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	0,059 0,0944
Síntomas respiratorios	Población total	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	0,180 0,288
Bronquitis crónica	Adultos > 16 años	PM10, nitratos PM2,5, sulfatos	6,12 E-05 9,8 E-05

Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias	Población total	SO ₂	2,84 E-06
---	-----------------	-----------------	-----------

Nota: Se asume que la masa de PM₁₀ = 0,55 PST y la masa de PM_{2,5} = 0,625 PM₁₀

Con el presente trabajo se fundamenta y describe una metodología para la determinación de funciones exposición-respuesta (FERs) para contaminantes prioritarios a partir de estudios epidemiológicos, con vista a ser aplicada en la realización de evaluaciones de impacto en salud y estimaciones de riesgo en el país. Aunque en tres de los estudios nacionales se obtuvieron FERs, éstas por sí solas no deben ser utilizadas para evaluaciones de impacto, bien por no permitir estimaciones precisas al no incluir el total de casos posibles, o por la falta de consistencia avalada por varios estudios.

Se propone el empleo de una selección de FERs obtenidas a partir de estudios epidemiológicos internacionales de relevancia reconocida, previo análisis de su adecuación con respecto a una serie de características demográficas, ambientales y epidemiológicas nacionales.

Summary

The measurement of the impact of air pollutants on health is carried out through exposure-response functions (ERFs), which allow to estimate the proportion of affected subjects in the population. The aim of the present paper is to define the methodological criteria for the determination of ERFs, to summarize the analysis of the aptitude of national epidemiological studies with this purpose and to propose a series of ERFs based on national and international evidences for their use in impact evaluations. The methodological criteria are explained in order to formulate FERs for air pollutants, starting from epidemiological studies by the determination of the concentration-response slope. It is assumed that FERs are lineal functions without threshold. The methodology adopted to evaluate the aptitude of of the studies for the establishment of FERs is exposed. The results show that several national epidemiological studies have reported associations between air pollutants and acute and chronic respiratory morbidity, eventhough only in three of them ERFs have been exposed. The main problems and limitations identified include: predominance of descriptive studies, inadequate evaluation of the exposure due to difficulties in the monitoring of pollutants, or estimates by dispersion models of uncertain accuracy and statistical evaluation with a weak epidemiological component (a mainly bivariate anlysis without control of possible confounding factors). A selection of ERFs is proposed for mortality and morbidity for its preliminary use in health impact evaluations, previous foundation of its aptitude.

Key words: ATMOSPHERIC POLLUTION AND HEALTH; EPIDEMIOLOGY; RISKS EVALUATION METHODOLOGY; EXPOSURE RESPONSE FUNCTIONS; AIR POLLUTION HEALTH IMPACT.

Referencias bibliográficas

1. Abbey D, Petersen F, Mills P, Kittle L (1993). Chronic respiratory disease associated with long term ambient concentrations of sulfates and other air pollutants. JEAE 1993;3:99?116.

2. Tellez-Rojo M, Romieu I, Polo M, Ruiz S, Meneses F, Hernández M. Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de Ciudad de México. *Salud Pública de México* 1997; 39(6):513-22.
3. Organización Panamericana de la Salud (2000). La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible. Washington D.C.: OPS; 2000 (Publicación científica No. 572).
4. Desqueyroux H, Momas I. Short term effects of urban air pollution on respiratory insufficiency due to chronic obstructive pulmonary disease: Synthesis of studies published from 1962 to January 2000. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2001;49(1):61-76.
5. World Health Organization. WHO Strategy on Air Quality and Health. Geneva: WHO; 2001.
6. Health Effects Institute. Revised Analyses of Time-Series Studies of Air Pollution and Health. HEI, Mayo del 2003. Disponible en URL: <http://www.healtheffects.org/pubs.htm>
7. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estado del medio ambiente mundial 2002. Cap. 7: Atmósfera. PNUMA, 2003. Disponible en URL: <http://www.unep.org/geo/geo3/>
8. Ostro B. A methodology for estimating air pollution health effects. Geneva: WHO; 1996.
9. World Health Organization. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Geneva: WHO; 1999 (Environmental Health Criteria 210).
10. World Health Organization. Evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment. Guideline document. Copenhagen. WHO Regional Office for Europe; 2000.
11. Rabl A. Airpacts exposure response functions. Austria: International Atomic Energy Agency; 2002.
12. Dockery D, Pope CI, Xiping J, Spengler J, Ware M, Ferris B, Speizer F (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England J of Medicine* 1993; 329:1753-59.
13. Pope C, Thun M, Namboodiri M, Dockery D Evans J. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 51:699?74.
14. Zmirou D, Balducci F, Dechenaux J, Piras A, Filippi F, Benoit-Guyod J. Meta-analysis et functions of air pollution respiratory effects. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1997;45(4):293-304.
15. Daniels M, Dominici F, Samet J, Zeger S. Estimating particulate matter mortality dose-response curves and thresholds levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *Am J Epidemiol* 2000;152(5):407-12.
16. Health Effects Institute. Airborne particles and health: HEI epidemiologic evidence. HEI Perspectives, June 2001 Boston: HEI. Disponible en URL: <http://www.healtheffects.org>
17. European Commission, Directorate-General XII, Science Research and Development. ExternE: Externalities of Energy. Vol.2 Methodology. Bruxelles: EC;1995.
18. Wright JM, Murphy PA. (2002) Strengthening links between epidemiology and traditional risk assessment approaches using human data to explore improved exposure assessment methodologies. *Epidemiology* 2002; 13(14 Supl 108):108-17.
19. Molina E, Meneses E. Análisis de estudios epidemiológicos nacionales para la obtención de funciones exposición-respuesta. Contribución a la educación y la protección ambiental 2003 julio; V. 4. Memorias IX Taller Cátedra de Medio Ambiente [CD-ROM]. ICTN. La Habana; 2003.
20. World Health Organization. Environmental epidemiology. Chapter 9: Critical assessment of environmental epidemiology literature. Geneva: WHO; 1999. p. 247-57.
21. Molina E, Cabrera A, Bonito L. Prevalencia de asma bronquial. Asociación con la contaminación atmosférica y otros factores ambientales. En: Contaminación del aire y salud. México (DF): Ed. Ciencias Médicas; 1992 (Serie Salud Ambiental No. 2). p.93?108.

22. Molina E, Brown LA, Prieto V, Bonet M, Cuéllar L. Crisis de asma y enfermedades respiratorias agudas, contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en Centro Habana. Rev Cubana Med Gen Integr 2001;17(1):10-20.
23. Romero M, Más P, Lacasaña M, Téllez-Rojo M, Aguilar A, Romieu I. Contaminación atmosférica, crisis aguda de asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores cubanos. En: Memorias Convención Internacional "Salud Pública 2002" [CD-ROM]: SOFTCAL. La Habana; 2002.
24. Health Effects Institute (2002). Understanding the health effects of components of the particulate matter mix: Progress and next steps. Disponible en URL: <http://www.healtheffects.org>

Recibido: 2 de agosto de 2003. Aprobado: 3 de septiembre de 2003.

Enrique Molina Esquivel. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta 1158, e/ Clavel y Llinás, Municipio Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba. Fax: 662404. e-mail :emolina@inhem.sld.cu

1 Especialista de II Grado en Epidemiología y Máster en Salud Ambiental. Investigador y Profesor Auxiliar.

2 Máster en Ciencias Técnicas.