Los impactos en la salud de las emisiones de carbono negro. ¿Sabemos algo?

Taller internacional 2009 sobre carbono negro en América Latina
19 de octubre, 2009

Leonora Rojas Bracho, ScD
Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional

Instituto Nacional de Ecología

Contenido

- Modelo conceptual: de emisiones contaminantes a efectos en salud
  - Exposición
  - Efectos en salud
- Factores de riesgo y efectos en salud
  - Evidencia internacional
  - Evidencia en México
- Un poco sobre estrategias de control

Impacto de las emisiones contaminantes en la salud

Procesos de combustión

↓

Emisiones
CO, SO_2, NOx, HC, PM, etc.

↓

Contaminantes
Primarios: SO_2, NOx, HC, PM
Secundarios: O_3, PM (SO_4, NO_3, carbono orgánico, carbono elemental / carbono negro, otros aerosoles, metales)

↓

Exposición de la población

↓

Efectos adversos en salud

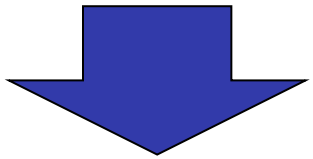
¿Cómo se ha evaluado la asociación entre contaminantes atmosféricos y salud en zonas urbanas?

Contaminantes criterio y otros - CO, SO_2, NOx, O_3, PM y BS

- Estaciones / redes fijas de monitoreo
- Modelos de dispersión / estocásticos

Emisiones vehiculares

- Información de tránsito / aforos vehiculares
- Intensidad de tráfico
- Cercanía a vías con tráfico

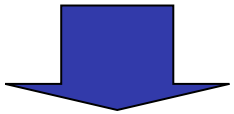


Estimación de la exposición

Efectos / impactos en la salud

Estudios observacionales (epidemiológicos) en poblaciones abiertas en todo el mundo, incluyendo México

Contaminación del aire



Efectos en la salud

Morbilidad y mortalidad

Admisiones hospitalarias, ausentismo laboral / escolar, exacerbación síntomas asmáticos, enfermedades pulmonares (cardiovasculares y respiratorias), mortalidad prematura, disminución de función pulmonar…

Contaminación atmosférica y efectos en salud

Evidencia internacional:

- **Episodios de contaminación atmosférica**
  - Donora, Londres, Poza Rica, Valle del Mosa
- **Estudios de series de tiempo en más de 500 ciudades con rango amplio de concentraciones, incluso por debajo de estándares de calidad del aire**
- **Estudios de cohorte en EUA y Europa**
- **Poblaciones sensibles: infantes / niños, adultos mayores y enfermos con cardiopatías o enfermedades pulmonares**

Evidencia generada en México:

- **Estudios de series de tiempo con resultados congruentes**
- **Estudio de cohorte en niños**

Episodio de Londres
Diciembre 6-8, 1952

Emisiones de contaminantes por uso de carbón: BS y SO_2

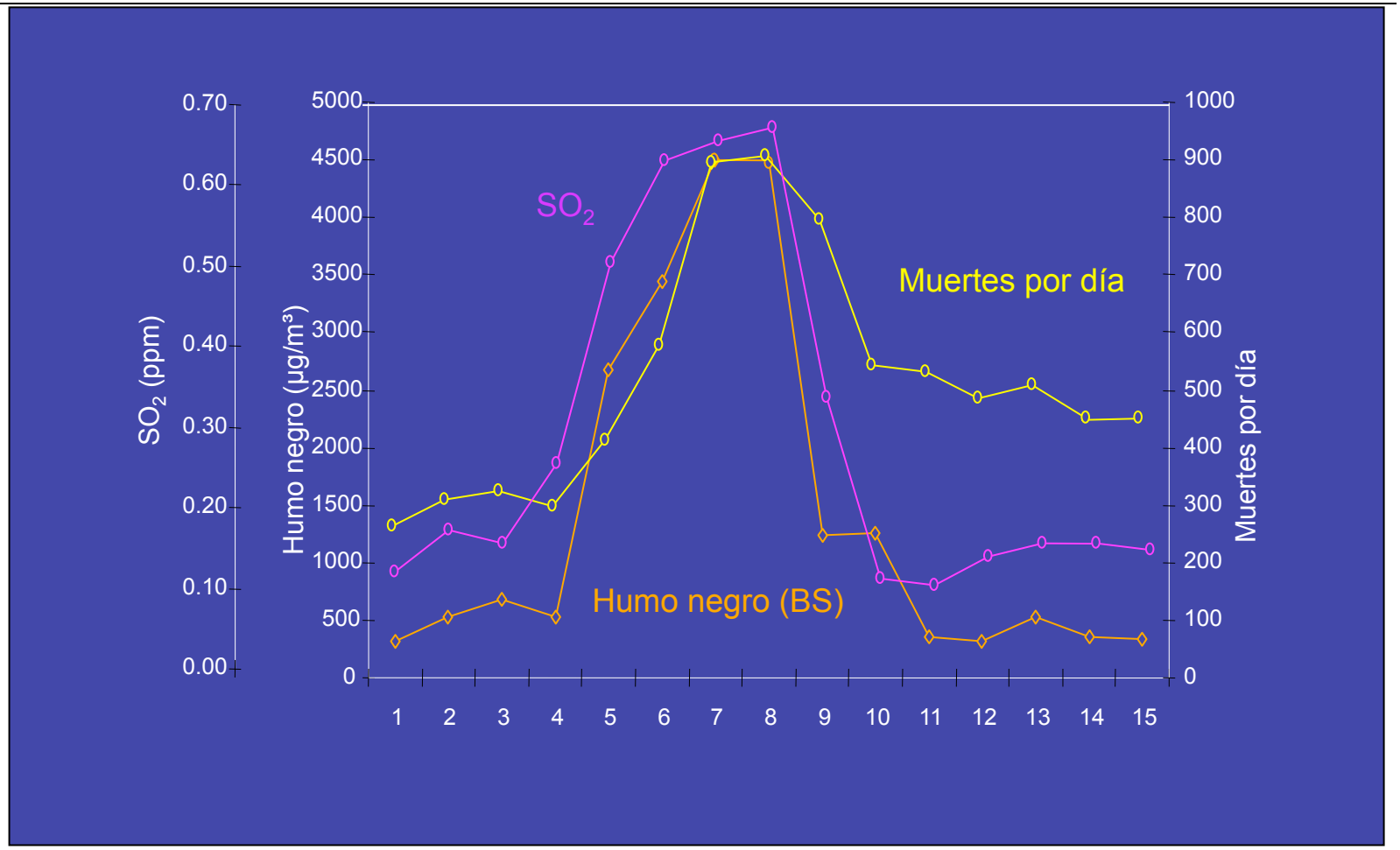
+

inversión térmica

Parteaguas en los estudios de los impactos a la salud

- *Mortalidad:* 4,000 muertes en 4 días y 12,000 muertes durante los 3 meses posteriores al evento
- *Hospitalizaciones por enfermedades respiratorias:* aumento en +160% en la semana siguiente
- *Neumonías:* incremento en la incidencia en casi 300%

Contaminación atmosférica y efectos en salud (2)
Episodio de Londres, diciembre 6-8, 1952



4,000 muertes en cuatro días

12,000 muertes durante los tres meses posteriores al evento

Contaminación atmosférica y efectos en salud
Estudios de cohorte

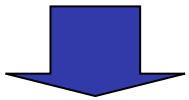
Europa

- *Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer (NLCS)*
- *French PAARC*
- *Norwegian Men*
- *German Women*

Estados Unidos

- *Harvard Six Cities*
- *American Cancer Society*

Coincidencias y diferencias

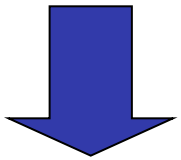


Exposición, contaminantes, efectos, resultados

Contaminación atmosférica y efectos en salud (4)

Estudios de cohorte - Europa

- French PAARC
- Norwegian Men
- German Women
- *Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer (NLCS)*



Exposición

Estación / redes de monitoreo de cada ciudad o interpolación de varias estaciones de monitoreo

- Mediciones de humo negro (BS)

Modelos de dispersión o estocásticos con variables

- uso del suelo
- cercanía a vías con tráfico
- intensidad de tráfico
- estaciones de monitoreo

Contaminación atmosférica y efectos en salud (4)

Estudios de cohorte – Estados Unidos

Harvard Six Cities (1974-1989 & 1990-1998)

American Cancer Society (1982 -1998)

Exposición

Estación / redes de monitoreo de cada ciudad o interpolación de varias estaciones de monitoreo

- Monitoreo y atención a PM y O_3

Contaminación atmosférica y efectos en salud (4)
Estudios de cohorte - Europa

Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer (NLCS)

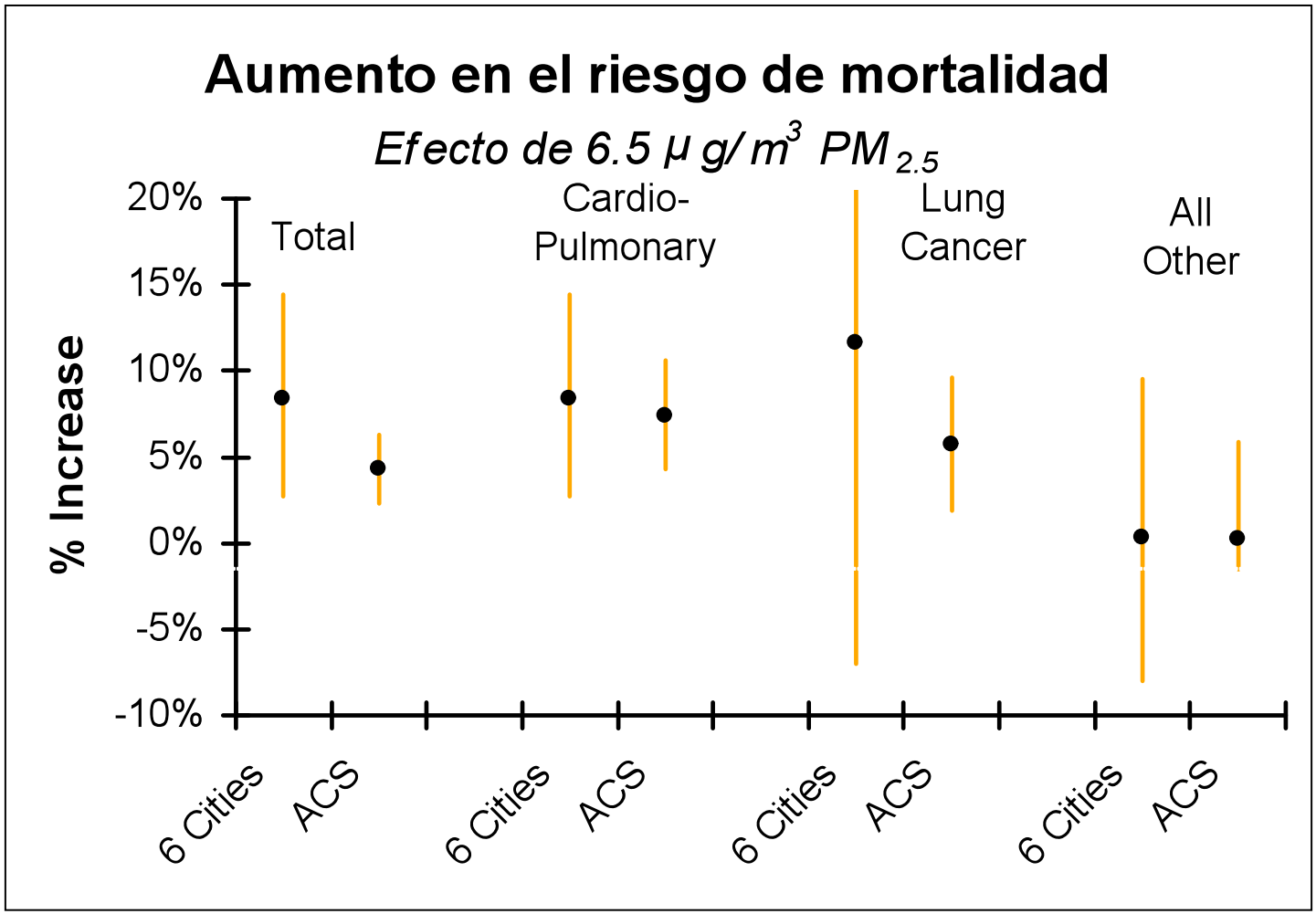
120,852 participantes con segumiento durante 10 años

Exposición: estimaciones y/o mediciones de NO_2, humo negro (BS), PM_{10} ($PM_{2.5}$) y variables relacionadas con tráfico

Causa de mortalidad	Exposición	**RR (95% CI)**
Cardiopulmonar	NO_2 (30 µg/m^3)	1.37 (1.00 – 1.87)
	BS (10 µg/m^3)	1.22 (0.99 - 1.50)
	Intensidad de tráfico vías cercanas (10,000 mvh / 24hr)	1.06 (1.00 – 1.12)

(Beelen et al., 2008)

…Estudios de cohorte – EUA



Contaminación atmosférica y efectos en salud (4)
Estudios de cohorte – EUA

Exposición: estimaciones y/o mediciones de $PM_{2.5}$ (10 µg/m³)

Causa de mortalidad		*ACS* [b,c] **RR (95% CI)**	*Six Cities* [a] **RR (95% CI)**
Total		1.06 (1.02 – 1.11) [b]	1.16 (1.07 – 1.26)
Cardiopulmonar		1.09 (1.03 – 1.16) [b]	
	Cardiovascular	1.12 (1.08 - 1.15) [c,d]	1.28 (1.13 - 1.44)
	Enfermedad isquémica	1.18 (1.14 – 1.23) [c]	
	Respiratoria	n.s.	n.s.
Cancer de pulmón		1.14 (1.04 - 1.23) [b]	1.27 (0.96 - 1.69)

[a] *Laden et al., 2006;* [b] *Pope et al., 2002;* [c] *Pope et al., 2004;* [d] *Incluye diabetes*

Contaminación atmosférica y efectos en salud (5)
Población sensible: efectos en infantes

Estados Unidos

- Mortalidad postneonatal infantil
  - Tres estudios en Estados Unidos y California

Causa de mortalidad	Exposición	**OR (95% CI)**
Postnatal total	$PM_{2.5}$ [b]	1.07 (0.93 - 1.24)
	PM_{10} [c]	n.s.
Respiratoria	$PM_{2.5}$ [b]	2.13 (1.12 – 4.05)
	PM_{10} [c]	1.16 (1.06 – 1.27)

[a] Incrementos de10 µg/m^3 ; [b] Woodruff et al., 2006; [c] Woodruff et al., 2008.

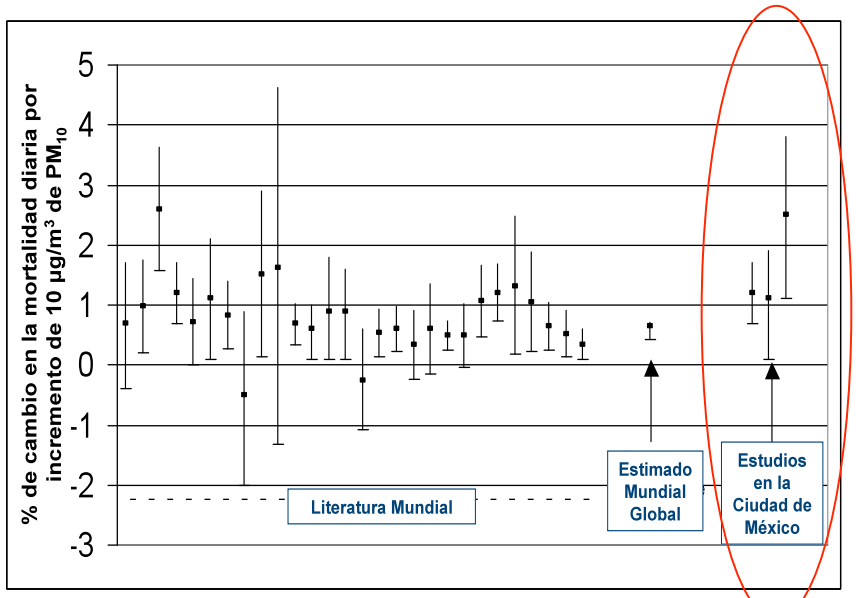
Otros estudios
Efectos del “tráfico” en la salud

- Italia: la proximidad a **calles** con mucho **tráfico** resulta en aumentos del **70% de bronquitis, 80% de neumonía y 10% de síntomas de asma** en niños
  (Ciccone et al., 1998)
- Austria, Francia y Suiza: **3% de las muertes** (20 mil) se asocia con la contaminación del aire proveniente del **tráfico**
  (Kunzli et al., 2000)
- Holanda: el riesgo de **morir** de una enfermedad cardiovascular y pulmonar es **2 veces más alto** para personas viviendo **cerca de calles** principales
  (Hoek et al., 2002)
- Alemania: en pacientes sobrevivientes de infarto cardiaco el riesgo casi se **triplicó** al haber estado en el **tráfico** dos horas previas al infarto
  (Peters et al., 2004)

Contaminación atmosférica y efectos en salud (3)

Estudios de series de tiempo en el mundo y México

Cambios en la mortalidad diaria asociados con niveles de PM_{10}



(Levy, JAWMA 2000)

Por cada incremento de 10µg/m3 de PM10 se incrementa la mortalidad:

- NMMAPS/EUA : **0.5%** *(Samet et al., 2000)*

- Meta-análisis de 30 estudios internacionales: **0.7%** *(Levy et al., 2000)*

ZMVM - México
incremento de **1.4%** en la mortalidad
(estimador compuesto)

Contaminación atmosférica y efectos en salud (6)
Resultados en niños de la ZMVM

Cohorte en niños de la ZMVM

- > 3,000 niños en edad escolar (8 años al inicio del estudio)
- Análisis para el período 1996-1999 con seguimiento cada 6 meses
- 39 escuelas de la ZMVM cercanas a estaciones de monitoreo atmosférico
- Exposición: NO2, O3 y PM10

Déficit en el crecimiento de la función pulmonar (medido como FVC y FEV1) por exposición crónica a NO_2, O_3 y PM_{10}

(Rojas-Martínez et al., 2007)

Instituto Nacional de Ecología

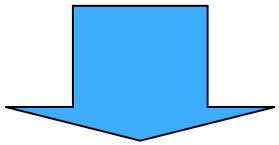
Estudio de salud y contaminación del aire en Latinoamérica

ESCALA
BRAZIL MEXICO CHILE
Multi-City Study of Air Pollution and Health Effects in Latin America

Universidad de Sao Paulo, y Universidad de Rio de Janeiro, Brasil
Universidad Católica, Santiago, Chile
Instituto Nacional de Ecología e Instituto Nacional de Salud Pública, México

México	Chile	Brasil
Ciudad de México Monterrey Toluca	Santiago Temuco Concepción	Sao Paulo Río de Janeiro Porto Alegre

Asociación entre los contaminantes atmosféricos a concentraciones que encontramos típicamente en zonas urbanas y efectos en salud



- Asociaciones robustas con diferentes métodos y diseños de estudios
- Evaluación en múltiples grupos poblacionales, ciudades, países
- Análisis incluyendo el control de otros contaminantes con concentraciones en un rango amplio y/o virtualmente ausentes

Entonces, son un riesgo para la salud…

La exposición a largo plazo a PM finas ($PM_{2.5}$), BS y NOx, así como de indicadores sobre emisiones vehiculares / tráfico para mortalidad

- Total
- Cardiopulmonar

La exposición a largo plazo a PM finas ($PM_{2.5}$) para mortalidad

- Cardiovascular e isquémica del corazón
- Cáncer de pulmón

Al reducirse las concentraciones de PM se reduce el riesgo de mortalidad cardiovascular y respiratoria, más no por cáncer de pulmón

La exposición a $PM_{2.5}$ y PM_{10} para mortalidad postneonatal

- Total
- Causas respiratorias

¿Métricas de exposición y carbono negro?

Exposiciones medidas como:

- Humo negro (BS)
  - No es equivalente a carbono negro
  - Tiene un diametro de ~4 µm

- PM
  - El carbono negro es un componente de $PM_{2.5}$ / PM_{10}
  - Carbono negro/$PM_{2.5}$ varía por fuente de emisión, sitio, estacionalidad…
  - Constituye entre 5-10% de la masa de $PM_{2.5}$ en zonas urbanas

- Indicadores de tráfico vehicular
  - Representan mezclas de contaminantes que emiten los vehículos
  - NOx, PM, humo negro (BS)…

Posible interpretación: los factores de riesgo se refieren a mezclas de contaminantes

Análisis relación BS / PM / carbón elemental

Instituto Nacional de Ecología

Consideraciones (1)

- Millones de habitantes de zonas metropolitanas expuestos a mala calidad del aire, sobre todo en países en desarrollo
  - En las tres principales ZMs de México hay casi **25 millones** de habitantes

- Es indispensable instrumentar estrategias de control:
  - Reducir el azufre en diesel y gasolina a la par que se revisen las normas de emisiones vehiculares para hacerlas más estrictas
  - Mejorar el desempeño ambiental de los vehículos en circulación
  - Emitir una norma de eficiencia de combustible / emisiones CO2

¡Gracias!

Leonora Rojas-Bracho, ScD
Instituto Nacional de Ecología
✉ lrojas@ine.gob.mx

http://www.ine.gob.mx/