

# ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y MORTALIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Instituto Nacional de Salud Pública  
Silvia Ruiz Velasco

## INTRODUCCIÓN

La investigación epidemiológica desarrollada durante los últimos años, ha generado información sobre los efectos en la salud de la contaminación del aire en concentraciones a las que está normalmente sometida la población, y ha brindado un amplio fundamento para la predicción de varios efectos adversos que pueden estar relacionados con la exposición a contaminantes presentes en la atmósfera.

Con base en información detallada relativa a la calidad del aire y tomando en cuenta un amplio rango de efectos potenciales sobre la salud, en el presente estudio se han estimado los efectos de la contaminación ambiental sobre los habitantes de la Ciudad de México.

## Objetivo General

Determinar el efecto a corto plazo de la contaminación del aire sobre la salud de los habitantes de la Ciudad de México, en particular sobre la mortalidad diaria por causas respiratorias y cardio-vasculares, tomando en cuenta la interacción entre contaminantes y variables climáticas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la magnitud de exposición a ozono, PM-10, plomo, bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre de diferentes grupos poblacionales residentes en la Ciudad de México.

1. Determinar el efecto que tendría una reducción en la concentración de los diferentes contaminantes criterio en los siguientes eventos:

\*Infección respiratoria alta aguda (síntomas respiratorios); \*Infección respiratoria baja (hospitalización por enfermedades respiratorias); \*Bronquitis crónica y aguda; \*Asma y su exacerbación; \*Efectos cardiovasculares de la intoxicación crónica por plomo; \*Día de actividad restringida; \*Mortalidad prematura general y por enfermedad respiratoria y cardiovascular atribuible a contaminación ambiental.

## METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EFECTOS EN SALUD

Para calcular los impactos sobre la salud asociados a la contaminación del aire, es necesario estimar tres componentes: la relación dosis-respuesta; la población susceptible impactada y los cambios en la contaminación del aire.

El primer paso consiste en llevar a cabo estimaciones sobre la magnitud de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud. Las funciones dosis-respuesta que relacionan los daños a la salud con la contaminación del aire se tomaron de estudios epidemiológicos ya mencionados.

Siguiendo la metodología propuesta por Ostro utilizamos la derivada parcial o la pendiente de los diferentes modelos de regresión (coeficientes de regresión) de la función dosis-respuesta, y la estimación del cambio en la magnitud de un cierto efecto asociado con un cambio en la calidad del aire.

En un segundo paso se multiplica el valor de la pendiente o de la derivada parcial (efecto por unidad de contaminante) por la población expuesta, que se piensa es susceptible a los efectos del contaminante considerado.

El tercer factor en el cálculo de los impactos de la contaminación ambiental, incluye el cambio en la calidad del aire. Para estimar los valores actuales de los diferentes contaminantes se estudiaron mediciones diarias de los niveles de ozono,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  y las realizadas cada seis días con respecto a las concentraciones de plomo en partículas.

En suma, el impacto sobre la salud es estimado, de la siguiente manera:

$$DS = (Bi)(Pobi)(Dca)$$

en donde:

DS= Cambio en los efectos sobre la salud.

i= Representa la pendiente de la curva dosis-respuesta que representa el impacto en salud por unidad de cambio en la concentración.

Dca= Cambio de referencia. Indica la diferencia entre los niveles actuales y los del nivel de la norma utilizada.

En las estimaciones presentadas se incluyen únicamente aquellos efectos que pueden relacionarse en forma cuantitativa con la contaminación del aire. Por lo tanto, algunos efectos que se supone se relacionan con la contaminación a largo plazo pero que son difíciles de determinar a partir de estudios epidemiológicos no se incluyeron. Con base en la información proporcionada por Ostro, la proporción supuesta de  $PM_{2.5}$  a  $PM_{10}$  es de 0.625. Este efecto se le asigna a la población mayor de 16 años de edad. Se calculó una proporción de  $PM_{10}$  a  $PM_{15}$  de 0.9. Los resultados se aplican a población menor de 16 años.

En los cálculos, la incidencia de 0.26 de ataques de asma notificada por estos autores, fue dividida a la mitad para representar mejor a la población general de asmáticos dado que muchos, con una prevalencia de ataques baja, fueron eliminados de su análisis.

Se calculó que los efectos de las partículas versus y el ozono serían proporcionales a los coeficientes de regresión calculados cuando se incluyeron ambos contaminantes en el modelo. El efecto marginal de COH (Hidrocarburos) se calculó incorporando las probabilidades fijas. El COH se convirtió a TPS (Partículas Suspendidas Totales) con información procedente de los monitores sobre ambos contaminantes, recopilada durante el estudio. La estimación media se obtuvo de la especificación de otros contaminantes (incluyendo ozono) y la temperatura.

En el informe, se empleó un límite inferior a cero, tomando en cuenta la falta de efecto del ozono sobre la mortalidad informada por muchos estudios. Una estimación media resulta del estudio llevado a cabo sobre la Ciudad de Los Angeles, con la estimación alta de un error estándar de más uno a partir de este cálculo de regresión. Para poder obtener funciones a partir del estudio de Los Angeles, se aplicó el efecto notificado de 36 fallecimientos diarios por cambio de unidad por hora en las concentraciones máximas de ozono y se calculó una población de 6.6 millones de habitantes en el Condado de Los Angeles, en 1980. Lo anterior generó un riesgo de  $5.5 \text{ por } 10^{-6}$  por ppm de ozono. Las estimaciones media y alta se encuentran dentro del rango informado para la Ciudad de Nueva York.

Varios análisis detallados de estos estudios sugieren que, después de haber convertido las mediciones alternativas de material particulado empleadas en los estudios originales a  $\text{PM}_{10}$ , los efectos sobre la mortalidad son bastante consistentes 22, 23, 24. Específicamente el efecto medio en la mortalidad de un cambio de  $10 \text{ mmg/m}^3$  en el  $\text{PM}_{10}$ , es aproximadamente del 1.1%. Al utilizar el error estándar menos uno en cada estudio para generar los límites de la estimación, el rango de los efectos para la mortalidad oscila entre 0.74 y 1.45%. Entre los estudios llevados a cabo en América Latina, los resultados de Chile indican que un cambio de  $10 \text{ mmg/m}^3$  en el  $\text{PM}_{10}$  se asocia con un 1.1% en la mortalidad. Los resultados de la ciudad de Sao Paulo indican que un cambio de  $10 \text{ mmh/m}^3$  en el  $\text{PM}_{10}$  se asocia con un cambio del 1.3% en la mortalidad entre los individuos mayores de 65 años. Para este trabajo se aplicó una estimación media de 1.1% con estimaciones baja y alta de 0.74 y 1.45%, respectivamente. Las estimaciones por la mortalidad se linearizan calculando la tasa de mortalidad a base de 0.007.

## RESULTADOS

En la tabla 1, se muestran los lineamientos que en materia de contaminantes aereos se utilizan en diferente paises o instancias, incluyendo México. Observese las diferencias importantes con la normatividad establecida por la OMS.

Tabla 1. Estandares o Lineamientos Alternativos de Contaminantes del Aire

Contaminante	Tiempo Promedio	México	E.U.A.	OMS	California
PM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24 horas promedio	150	150	82.5 - 125.5	50
Ozono (ppm)	1 hora máximo	0.11	0.12	0.075	0.09
Plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio trimestral	1.5	1.5	0.5 - 1.0	1.5 (mensual)
Dióxido de Nitrógeno (ppm)	1 hora máximo	0.21	0.05 (anual)	0.08	0.25
Dióxido de Sulfuro (ppm)	24 horas	0.13	0.13	0.035 - 0.52	0.05

\* Para plomo se considero el valor de 0 - 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que los valores de plomo durante 1993, no sobrepasa el límite de 1.5.

La población estimada que se consideró para el estudio fué de aproximadamente 17 millones de habitantes. De ellos 6.5 millones fueron población infantil y 8.5 millones población adulta.

De acuerdo con esta población y los lineamientos metodológicos, en la tabla 2, se presenta la población estimada con exposición a diferentes niveles de contaminantes por año.

En la siguiente tabla, se muestran las estimaciones de exposición empleadas para el cálculo de los efectos de PM<sub>10</sub> y ozono.

Tabla 3. Coeficientes de Dosis Respuesta Empleados para Estimar los Efectos de PM<sub>10</sub> y Ozono

Consecuencias sobre la salud	Coeficiente
PM <sub>10</sub> Casos de mortalidad por $1\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estimación B: baja; M: mediana; A: alta B: $0.015 \times 10^{-6}$ M: $0.021 \times 10^{-6}$ A: $0.028 \times 10^{-6}$ $6.15 \times 10^{-6}$ (promedio anual)
Ozono Casos de mortalidad por 1 ppm	Estimación B: baja; M: mediana; A: alta B: 0 M: $5.5 \times 10^{-6}$ A: $6.65 \times 10^{-6}$

Tabla 2. Población Expuesta a Diferentes Niveles de Contaminantes

1993												
O <sub>3</sub>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
65	948866	949177	746204	93610	125506	317963	317963	1388743	2343754	1005681	412320	143740
100	704520	517634	1222762	1009129	883606	2543145	2543145	2037748	2162340	1056673	460413	597494
200	-	100208	28823	-	-	-	-	-	54050	-	-	324506

  

1994												
PM <sub>10</sub>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
25	708997	3185096	1097745	3849138	3677526	8684117	9323800	9719380	9853788	7567459	3238112	2292997
70	1074243	1380385	1410482	659117	562294	506651	446920	473823	281794	348869	823608	1091962
100	7762518	5834189	4307498	2445937	4119897	1546149	1519905	1932333	2364497	3445466	5028729	4887422

  

1993												
NO <sub>2</sub>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
23	3005267	6189427	3961894	2352263	891960	5432832	3569897	3428903	4604936	3977646	6474783	4075735
53	1226668	1545701	2504199	-	-	150271	115551	220775	96606	-	1296004	1366844
72	20555	13167	-	-	-	-	-	16280	-	-	165806	1048573

  

1993												
SO <sub>2</sub>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
17	984667	1152267	3606310	3717002	4737482	5389396	3068997	2229218	2058623	3821658	1761770	2867304
32	1892367	875681	470263	145483	5073	174651	127171	116492	104573	-	522734	1704714
47	2785147	2249402	2330252	-	-	236552	-	-	-	-	754411	60201

  

1993												
Plomo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.005	833342	621459	478413	31227	4521593	4930084	5323324	5268884	-	1066064	2106616	1547892
0.1	900466	1261205	937850	1145015	1217827	1298671	1028352	1025393	-	1852680	1569765	1541851
1.1	195317	412790	675988	-	-	-	-	-	8188859	-	290424	360966

Tabla 4. Efectos de la Contaminación por Ozono Evaluados en Diferentes Indicadores de Salud. Reducción Estimada al Cumplir con las Normas Ambientales Mexicanas

Muertes Prematuras			
1	1542	0	1850
2	64	0	77
3	411	0	493
4	521	0	626
5	437	0	524
6	107	0	128
Norma de Calidad del Aire Mexicana			
1	855	0	1026
2	33	0	40
3	235	0	282
4	283	0	340
5	242	0	291
6	59	0	71

Con los procedimientos establecidos se estimó que de acuerdo con las normas ambientales de EUA, se reducirían 2339 defunciones prematuras atribuibles a exposición a PM<sub>10</sub>, si se siguieran sus recomendaciones. Por otro lado serían 161 defunciones prematuras las que se reducirían, siguiendo la norma ambiental mexicana.

Tabla 5. Efectos de la Contaminación por PM<sub>10</sub> Evaluados en Diferentes Indicadores de Salud. Reducción Estimada al Cumplir con las Normas Ambientales de Estado Unidos y las Mexicanas

Normas Ambientales de Estados Unidos					
Total	1	2	3	4	5
Muertes Prematuras					
2339 (1,403 - 5,147)	141 (84 - 311)	474 (284 - 1,044)	843 (506 - 1,856)	702 (421 - 1,545)	106 (176 - 389)
Normas Ambientales Mexicanas					
Total	1	2	3	4	5
Muertes Prematuras					
161 (97 - 356)	10 (6 - 23)	31 (18 - 69)	58 (35 - 129)	49 (29 - 109)	11 (6 - 25)

## CONCLUSIONES

Es importante saber, que el efecto de la contaminación del aire, sobre la mortalidad, incluye varios factores de riesgo, tales como la edad, el sexo, el tabaquismo, la masa corporal y la exposición laboral. Estos últimos estudios indican que las tasas de mortalidad, se relacionan con promedios anuales de materiales contaminantes, sobre todo el material particulado. Todavía hay poca información sobre el mecanismo de acción de las partículas o su composición y la presencia de otros contaminantes.

Por lo tanto, es importante determinar esta relación en la Ciudad de México para poder enfocar las medidas de control adecuadamente para proteger la salud de la población.

Con los estudios transversales se obtuvieron estimaciones de promedios anuales de material particulado en diferentes niveles de exposición, con lo cual, se puede considerar un valor límite superior, a efectos a la salud.