

## Beneficios a la salud debidos a la reducción de la contaminación ambiental

Marisol Arroyo-Hernández, Sergio Monraz-Pérez, Rogelio Pérez-Padilla ✉

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México.

Trabajo recibido: 02-V-2016; aceptado: 09-V-2016

Desde hace décadas se ha ido conociendo la complejidad de los mecanismos que generan la mezcla de contaminantes acumulados en las grandes ciudades y que incluye contaminantes primarios de vehículos e industrias; en general, productos de la combustión incompleta y de manera adicional polvos de diverso origen, en el Valle de México tradicionalmente las tolvaneras y contaminantes secundarios generados en la atmósfera por acción de los rayos ultravioleta como el ozono.

Por añadidura, las condiciones geográficas contribuyen a la acumulación de tóxicos como son las ciudades en alturas moderadas o altas, con más exposición a la luz ultravioleta, o bien lugares rodeados de montañas que dificultan la dispersión de los contaminantes, sobre todo en épocas soleadas, secas y sin vientos. Además, en la altura el incremento en la ventilación minuto de los habitantes deriva en una mayor exposición.

De manera similar se han ido conociendo poco a poco los diversos daños a la salud que generan (tabla 1), y que van desde modificaciones moleculares tempranas reversibles que experimentan una alta proporción de los expuestos pero de cuestionable trascendencia, hasta la muerte en un número limitado de los expuestos, asociada ya sea a episodios con niveles altos de contaminantes como p. ej. la famosa niebla de Londres de 1952.<sup>1</sup> En este año, la ciudad de Londres vivió el episodio de contaminación ambiental más conocido de la historia en términos de impacto a la salud pública y las regulaciones gubernamentales. De manera menos dramática, las oscilaciones rutinarias en los contaminantes en las ciudades se ven acompañadas de cambios en el número de defunciones, demostradas con amplitud y que afectan sobre todo a los pacientes con enfermedades crónicas y en un estado precario de salud; aunque, esto pudiera presentarse también en

poblaciones libres de enfermedades crónicas. Entre los extremos en el impacto descritos están los incrementos de síntomas, de exacerbaciones de enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas, de hospitalizaciones y mayor uso en general, de los servicios de salud y medicamentos.

Los efectos adversos de los contaminantes atmosféricos se suman a los de otras exposiciones comunes presentes en la población, como el tabaquismo activo o pasivo, la exposición a contaminantes intradomiciliarios y a agentes ocupacionales; siendo con mucho, la exposición directa al tabaco la que más dosis y efectos adversos ocasiona.

El conocimiento de los efectos a la salud por contaminantes atmosféricos, ha permitido establecer la importancia de desarrollar programas para la reducción de los mismos, así como sistemas de vigilancia y normas de niveles permisibles de contaminantes basados en efectos a la salud. Estos programas han sido exitosos en muchas ciudades, lo cual se ve reflejado en el nivel de contaminantes con respecto a 20 años previos en las grandes ciudades incluyendo a la Ciudad de México.

Más interesante ha sido la descripción de mejoras a la salud que los descensos de contaminantes ya sea por programas de las ciudades, o por experimentos que se han generado en diversas regiones (tabla 2).

En resumen, la reducción de los contaminantes atmosféricos impacta positivamente en la salud de la población, mejorando su calidad de vida, sobrevida y control de enfermedades crónicas, por lo que las organizaciones médicas, científicas y gubernamentales deben respaldar medidas estrictas para su vigilancia. Los estándares de contaminantes deben irse reduciendo paso a paso ya que para varios de ellos, como el material particulado, no se ha demostrado que exista un umbral arriba del cual inicie el daño a la salud. Asimismo,

**Tabla 1.** Principales contaminantes atmosféricos y su efecto.

Contaminante	Características	Daños a la salud y mecanismo
Material particulado respirable (PM10), fino (PM2.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las partículas finas con depósito más profundo y transferencia a la sangre y por lo mismo daño sistémico</li> <li>Las partículas carbonáceas tienen toxicidad propia y, además, transportan contaminantes orgánicos (ej. metales, carcinógenos, hidrocarburo aromáticos policíclicos). Sin umbral de daño demostrable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritación y estrés oxidativo (agregado a otros compuestos) produciendo inflamación pulmonar y de la vía aérea, hiperreactividad bronquial; y en exposición por largo tiempo ocasiona remodelamiento de la vía aérea y enfisema</li> <li>Reducción del aclaramiento mucociliar y respuesta macrofágica</li> <li>Carcinogénico</li> <li>Incrementa síntomas respiratorios, visitas a urgencia, hospitalizaciones, exacerbaciones de enfermedades crónicas y muertes prematuras</li> <li>Alteración del control autonómico cardiovascular y de la función capilar que favorecen daños cardiovasculares</li> <li>Toxicidad primordial por partículas finas, pero también por las que están entre 2.5 y 10 <math>\mu\text{m}</math></li> </ul>
Gaseoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monóxido de carbono</li> <li>Dióxido de nitrógeno (<math>\text{NO}_2</math>)</li> <li>Plomo</li> <li>Dióxido de azufre (<math>\text{SO}_2</math>) principalmente combustión de carbón mineral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se une a la hemoglobina interfiriendo con el transporte de oxígeno y afecta la salud sobre todo cuando la concentración de carboxihemoglobina es de 5% o más</li> <li>En los niveles atribuibles a la contaminación habitual se esperan efectos en susceptibles: disminución de la capacidad de ejercicio y menor umbral de angina de pecho y disnea</li> <li>Bajo peso al nacer, incremento de muerte perinatal</li> <li>Irritante para mucosas de ojos, nariz, garganta y vía respiratoria</li> <li>Incrementa la reactividad bronquial. La exposición por largo tiempo incrementa la susceptibilidad a infecciones, hospitalizaciones y muertes</li> <li>Absorción por vía respiratoria y gastrointestinal se acumula en hueso, dientes y sistema hematopoyético en donde altera acciones enzimáticas como en el grupo heme para la producción de Hb y citocromo e interfiere en la actividad de la bomba Na-K-ATPasa. Nefrotóxico y neurotóxico</li> <li>Se asocia con disminución de la función pulmonar. Irritante que afecta la mucosa de ojos, nariz, garganta y vía respiratoria</li> <li>Incrementa la reactividad bronquial y genera broncoespasmo. Incremento en la mortalidad, exacerbación de enfermedades cardíacas y pulmonares y aumento en la incidencia de enfermedades respiratorias agudas</li> </ul>
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gases tóxicos o vapores emitidos a una temperatura ambiente que incluyen cientos de hidrocarburos, aldehídos y cetonas, (HAPs) de bajo peso molecular (anillo 2-4). No se miden con regularidad en la mayoría de las ciudades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritación ocular y de mucosas</li> <li>Algunos son clasificados como carcinógenos 1,3 butadieno, benceno, estireno</li> <li>El formaldehído ha sido clasificado como probable carcinógeno humano por la EPA</li> </ul>

## Ozono

- Contaminante secundario por efecto de la luz ultravioleta. Cuestionable prevención con antioxidantes, y la existencia de umbral de daños
- Genera estrés oxidativo e inflamación aguda y crónica en vías respiratorias y mucosas, impacto en vasos sanguíneos con estrés oxidativo, inflamación y alteración del control autonómico cardiovascular y de funciones cognitivas. La irritación de mucosas genera tos, sibilancias, ardor nasal y conjuntival
- La exposición aguda está asociada con exacerbación de enfermedades crónicas, muertes prematuras, reducción en la función pulmonar
- La exposición crónica con reducción en el crecimiento en función pulmonar en niños, mortalidad respiratoria, mayor gravedad de asma

**Tabla 2.** Algunos estudios e intervenciones en contaminación que documentan resultados benéficos a la salud.

Referencia	Intervención	Resultados
2	Evaluar la reducción de contaminantes, beneficios a la salud y ahorro de tiempo comparando 4 años previos a la aparición del metrobús en la misma área	Se estimó que el programa redujo 32 millones vehículos/km por año, hidrocarburos NO, PM <sub>2.5</sub> , SO <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O. Estima que se evitaron 6,100 días de trabajo perdido, 660 días de actividad restringida, 12 casos nuevos de bronquitis y 3 muertes por año con un beneficio de \$3 millones por año
3	Mejoría en ganancias de por vida en cohorte nacional de EU tras la reducción de monóxido de carbono de 1989 a 2003	Incremento en las ganancias de por vida en \$720 millones de dólares. Se le asigna un valor monetario a enfermedad y muerte prematura
4,5	Ingresos hospitalarios por enfermedad respiratoria en el Valle de Utah en el período entre el cierre y reapertura del molino de acero en una comunidad cercana a éste y otra aislada en el mismo período de tiempo	Las admisiones hospitalarias en la reapertura del molino incrementaron en 89% en comparación a tiempo en que se encontraba cerrado
6	Reducción en tráfico por los Juegos Olímpicos en Atlanta, Georgia, que redujo niveles de ozono en un 27.9% en 3 semanas	Los ingresos hospitalarios por exacerbación de asma cayeron en un 48% durante el período de juegos olímpicos <sup>6</sup>
7	Investigó el número de hospitalizaciones de causa respiratoria en niños de familiares militares que eran transferidos a distintas regiones, y el impacto de la contaminación en estas hospitalizaciones en un período de 1989-1995	Niños de 2-5 años transferidos a zonas con alto nivel de ozono, incrementaron su ingreso hospitalario por enfermedad respiratoria
8	Estimación del impacto de la contaminación por monóxido de carbono y la ausencia escolar en primaria	La reducción de CO en el Paso Texas entre 1986 y 2001 disminuyó el ausentismo en 0.8%
9	Reducción en la mortalidad infantil secundaria a la recepción de 1980	Una reducción en una unidad en el total de partículas suspendidas disminuyó 4-7 muertes por 100,000 vivos
10	Comparación de la mortalidad en niños en la misma área postal de 1989 al 2000 en California <sup>9</sup>	La reducción de monóxido de carbono durante ese tiempo salvó 1,000 vidas y una reducción de costos de 4.8 billones
11	Impacto de baja de contaminantes por uso de pases de peaje, con tránsito más fluido que reduce contaminantes	La introducción de E-ZPass redujo 10.8% los nacimientos prematuros y disminuyó el bajo peso al nacer en 11.8%
12	La limpieza de sitios de desperdicios peligrosos bajo el programa Superfund	La incidencia de anomalías congénitas disminuyó en 2,000 metros a la redonda posterior a limpieza en 20-25%

13	Estimación del Impacto en salud, y estimación del beneficio de reducir la concentración de contaminantes (PM <sub>10</sub> y ozono) en el Área Metropolitana de la Ciudad de México	Reducciones de PM <sub>10</sub> a 20 µg/m <sup>3</sup> , y de ozono (O <sub>3</sub> ) a 0.050 ppm (98 µg/m <sup>3</sup> ) evitarían, respectivamente, cerca de 2,300 y 400 muertes por año. El mayor impacto se observa en el grupo de más de 65 años y en la mortalidad por causas cardiopulmonares y cardiovasculares
14	Estimar la asociación el beneficio de reducir la concentración de ozono en Houston	El beneficio a la salud en valor monetario anual estimado fue de 10 dólares/persona, por cada reducción de 1 µg/m <sup>3</sup> (en un promedio de 24 horas)
15	Seguimiento de 110 niños que se mudaron de comunidades participantes en un estudio prospectivo de salud respiratoria para determinar si los cambios en la calidad del aire se asocian a cambios en la función pulmonar	Los cambios en el promedio de exposición anual a material particulado PM <sub>10</sub> se asocia con diferencias en FEV <sub>1</sub> , flujo espiratorio máximo. El grupo que se mudó a áreas de menor PM <sub>10</sub> mostró mejor función pulmonar
16	Evaluar el efecto del ozono y material particulado PM <sub>10</sub> en admisiones hospitalarias por EPOC y neumonía, e identificar características ambientales que expliquen la heterogeneidad del riesgo en 36 ciudades de Estados Unidos de América	La exposición a ozono y PM <sub>10</sub> está asociada con ingresos hospitalarios por EPOC, hogares sin aire acondicionado tienen mayor exposición a contaminantes externos, y la temporada de calor también se asocia a más ingresos hospitalarios por EPOC y neumonía debido a mayor exposición a ozono y PM <sub>10</sub>

recordar que el impacto en la salud es consecuencia de la sumatoria de todas las exposiciones adversas y que se debe tener una visión incluyente que permita mejorar el aire que se respira en todos los ambientes.

## REFERENCIAS

- Bell MJ, Davis DL, Fletcher T. *A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution*. Environ Health Perspect 2004;112(1):6-8.
- Vincent B, Delmont E, Hughes C. *Energy and environmental impact of BRT in APEC economies*. Washington DC: Breakthrough Technologies Institute; 2011.
- Currie J, Neidell M, Schneider J. *Air pollution and infant health: lessons from New Jersey*. J Health Econ 2009;28(3):688-703. doi: 10.1016/j.jhealeco.2009.02.001.
- Ransom M, Pope Cl. *Estimating external health costs of a steel mill*. Contemp Econ Policy 1995;13(2):86-97.
- Ransom MR, Pope CA 3rd. *Elementary school absences and PM<sub>10</sub> pollution in Utah Valley*. Environ Res 1992;58(2):204-219.
- Friedman M, Powell K, Hutwagner L, Graham L, Teague W. *Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma*. JAMA 2001;285(7):897-905.
- Lleras-Muney A. *The needs of the Army: using compulsory relocation in the military to estimate the effect of air pollutants on children's health*. J Hum Resour 2010;45(3):549-590.
- Currie J, Hanushek E, Kahn E, Neidell M, Rivkin S. *Does pollution increase school absences?* Rev Econ Stat 2009;91(4):682-694. doi: 10.1162/rest.91.4.682
- Chay K, Greenstone M. *The impact of air pollution on infant mortality: evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession*. Q J Econ 2003;118(3):1121-1167.
- Currie J, Neidell M. *Air pollution and infant health: what can we learn from California's recent experience?* Q J Econ 2005;120(3):1003-1030.
- Currie J, Walker R. *Traffic congestion and infant health: evidence from E-ZPass*. Am Econ J: Appl Econ 2011;3(1):65-90.
- Currie J, Greenstone M, Moretti E. *Superfund cleanups and infant health*. Am Econ Rev 2011;101(3):435-441.
- Riojas-Rodríguez H, Álamo-Hernández U, Texcalac-Sangrador JL, Romieu I. *Health impact assessment of decreases in PM<sub>10</sub> and ozone concentrations in the Mexico City Metropolitan Area. A basis for a new air quality management program*. Salud Publica Mex 2014;56(6):579-591.
- Levy JI, Carrothers TJ, Tuomisto JT, Hammitt JK, Evans JS. *Assessing the public health benefits of reduced ozone concentrations*. Environ Health Perspect 2001;109(12):1215-1226.
- Avol EL, Gauderman WJ, Tan SM, London SJ, Peters JM. *Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels*. Am J Respir Crit Care Med 2001;164(11):2067-2072.
- Medina-Ramón M, Zanobetti A, Schwartz J. *The effect of ozone and PM<sub>10</sub> on hospital admissions for pneumonia and chronic obstructive pulmonary disease: a national multicity study*. Am J Epidemiol 2006;163(6):579-588.

### Correspondencia:

Dr. Rogelio Pérez Padilla  
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias  
Ismael Cosío Villegas.  
Calzada de Tlalpan Núm. 4502,  
Colonia Sección XVI, 14080,  
Ciudad de México.  
Correo electrónico: perezpad@gmail.com

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.