



# Contaminación del aire en zonas urbanas y salud

Horacio Riojas Rodríguez, Magali Hurtado Díaz, José Luis Texcalac Sangrador, Astrid Schilmann Halbinger, Marlene Cortez Lugo, Stephen J. Rothenberg, Julio Cesar Cruz, Eunice Félix Arellano, Karla Fabiola Rangel Moreno, Luz A. de la Sierra, Laura A. Luna Escobar, Jaqueline Martínez Avilés y Marisol Barrera Flores

## INTRODUCCIÓN

**La contaminación del aire es el 9° factor de riesgo de muerte y discapacidad en México**

En el 2015 en México, se hubieran evitado alrededor de 14 666 muertes y 150 771 años de vida ajustados por discapacidad en México si se hubieran reducido las concentraciones de  $PM_{2.5}$  al valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La mala calidad del aire constituye uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la sociedad moderna. Tal es la magnitud de este problema que en 2015 la OMS reconoce a la contaminación atmosférica como el riesgo ambiental más grave para la salud humana a escala mundial, destacando, entre los principales eventos asociados a la exposición,

las infecciones respiratorias agudas, la neumonía, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), el cáncer de pulmón, las cardiopatías isquémicas y las enfermedades y accidentes cerebrovasculares.

Entre los contaminantes que se han identificado como perjudiciales para la salud se encuentra el material particulado, que es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire y que por su tamaño se pueden clasificar en aquellas  $<10$  micras ( $PM_{10}$ ), que es la fracción inhalable y son aquellas partículas que penetran y se depositan a lo largo del tracto respiratorio; aquellas  $<2.5$  micras ( $PM_{2.5}$ ), que es la fracción respirable

### La contaminación del aire

es el principal factor de riesgo ambiental para la salud en México

### La exposición a contaminantes del aire

se ha asociado con la mortalidad prematura

Algunos grupos poblacionales presentan **mayor riesgo** de padecer un efecto adverso a la salud

que entra en la región alveolar del pulmón; y aquellas <0.1 micras que pasan del alveolo pulmonar a la sangre. También el ozono (O<sub>3</sub>) que se forma en la atmósfera cuando los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) interactúan con la radiación solar, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Las PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> son conocidas como contaminantes criterio y están regulados por una norma que define los niveles de concentración en aire tolerables para la protección

de la salud humana y lo ecosistemas (cuadro I). La NOM-025-SSA1 evalúa la calidad del aire ambiente de las PM<sub>10</sub> y las PM<sub>2.5</sub>, la NOM-020-SSA1 con respecto a O<sub>3</sub>, la NOM-023-SSA1 de NO<sub>2</sub> y la NOM-022-SSA1 de SO<sub>2</sub>. Con base en la evidencia epidemiológica más reciente, se ha propuesto la modificación de dichas normas, siendo un proyecto de norma para todas ellas, con excepción de la norma de SO<sub>2</sub>.

Igualmente, la OMS establece unos valores guía

que tienen como propósito orientar sobre las concentraciones límite a las que debería de estar expuesta la población de los contaminantes del aire ambiente mencionados previamente (cuadro I). No obstante, la OMS enfatiza que dichos valores no protegen plenamente la salud humana, porque la evidencia científica no ha identificado umbrales por debajo de los cuales no se observan efectos adversos.

**Cuadro I. Valores límite establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para evaluar la calidad del aire ambiente en México y valores guía de calidad del aire de la OMS.**

Contaminante	Métrica de exposición	Valor OMS	Valor NOM	Año 1 <sup>c</sup>	Año 3 <sup>c</sup>	Año 5 <sup>c</sup>
PM <sub>10</sub> <sup>a</sup>	Promedio de 24-hr.	45	75	70	60	50
	Anual	15	40	36	28	20
PM <sub>2.5</sub> <sup>a</sup>	Promedio de 24-hr.	15	45	41	33	25
	Anual	5	12	10	10	10
O <sub>3</sub> <sup>b</sup>	Máximo 1-hr.	---	0.095	0.090	0.090	0.090
	Promedio móvil 8-hr.	0.051	0.070	0.065	0.060	0.051
NO <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Máximo 1-hr.	0.106	0.21	0.106	---	---
	Promedio de 24-hr.	0.013	---	---	---	---
	Anual	0.005	---	0.021	---	---
SO <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Máximo 1-hr.	---	0.075	---	---	---
	24 h.	0.015	0.040	---	---	---

OMS: Organización Mundial de la Salud; NOM: Normas Oficiales Mexicanas; <sup>a</sup> valores reportados en µg/m<sup>3</sup>; <sup>b</sup> valores reportados en ppm; <sup>c</sup> Cumplimiento gradual de valores límite que se encuentran en proyecto de norma.

## PANORAMA DEL PROBLEMA

México es un país donde la mayor parte de la población reside en centros urbanos

El crecimiento demográfico en México ha sido urbano, con una megaciudad de más de 10 millones de habitantes, 10 grandes ciudades que tienen entre 1 y 5 millones de habitantes y 22 ciudades intermedias con entre 500 000 y 1 millón de habitantes.

En estas ciudades se ha concentrado la fuerza productiva y su expansión, han incrementado las distancias y ha fomentado el uso de vehículos móviles, generando una mayor emisión de contaminantes a la atmósfera.

De acuerdo con el Informe Nacional de Calidad del Aire publicado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en el año 2019, 76 ciudades y zonas metropolitanas de la república mexicana midieron alguno de los contaminantes criterio referidos anteriormente.

De las 63 ciudades que midieron  $PM_{10}$ , 38 contaron con datos suficientes para evaluar el límite normado y de ellas sólo cinco cumplieron con al menos uno de los límites normados de protección a la salud. En cuanto a  $PM_{2.5}$ , de las 53 ciudades que midieron este contaminante, 25 tuvieron información suficiente para evaluar el cumplimiento de los límites establecidos en la norma y en todas ellas se superó al menos uno de los

límites normados (figura 1). Las concentraciones más elevadas de  $PM_{10}$  se registraron en las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey, mientras que de  $PM_{2.5}$ , en las zonas metropolitanas de Monterrey, del Valle de Toluca y del Valle de México.

Con respecto al  $O_3$ , 53 ciudades midieron este contaminante, en 11 no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma y en 35 no se cumplió al menos un límite normado. Las concentraciones más altas se registraron en la zona

metropolitana de Guadalajara; sin embargo, en la zona metropolitana del Valle de México se rebasó con más frecuencia sus límites normados de protección a la salud.

Estudios desarrollados en el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) con base en la cobertura espacial de las estaciones de monitoreo, estiman que reducir las concentraciones de  $PM_{2.5}$  a lo establecido en la normatividad mexicana ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) hubiera evitado entre 12 722 y 14 666 muertes y entre 102.4 y 199.1 mil años de vida ajustados por discapacidad en el 2015.

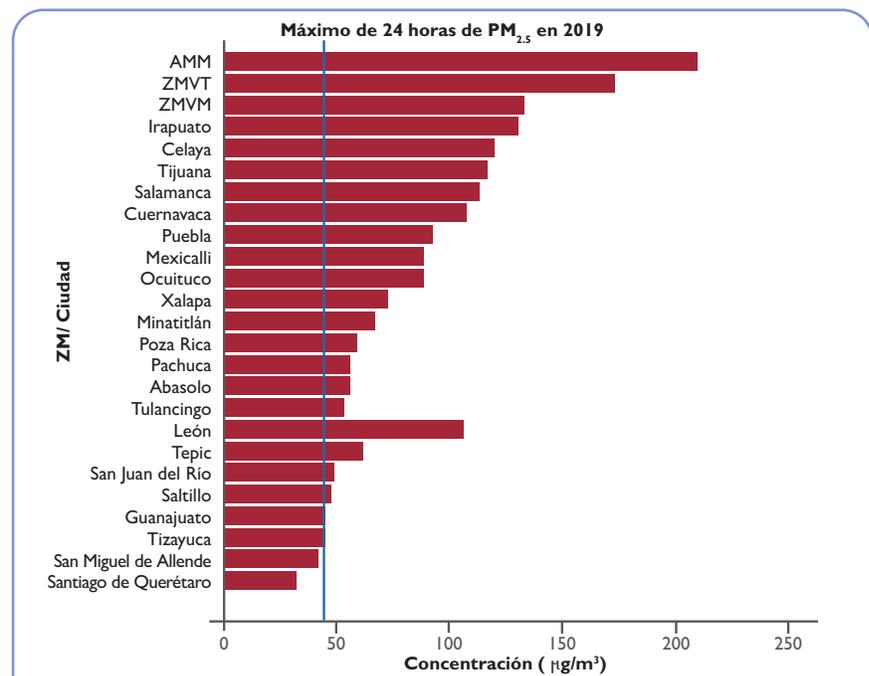


Figura 1. Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana de Salud Ambiental de  $PM_{2.5}$ , en ciudades y zonas metropolitanas de México en el año 2019

## ¿QUÉ HEMOS HECHO?

**Nuestro grupo de investigación ha desarrollado estudios epidemiológicos o de evaluación de impacto en salud**

El INSP tiene más de 30 años haciendo investigación sobre los efectos en la salud de la calidad del aire.

La mala calidad del aire ha sido objeto de un amplio número de estudios epidemiológicos que asocian los contaminantes del aire con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, disfunciones del sistema nervioso central y reproductivo o cáncer, entre otros, provocando mortalidad o enfermedades crónicas especialmente en grupos vulnerables como niños, adultos o mujeres embarazadas.

Para contribuir a la discusión sobre el factor de riesgo que los contaminantes del aire tienen sobre la salud, el INSP ha venido desarrollando durante más de 30 años investigación encaminada a cubrir vacíos de conocimiento sobre este factor de riesgo en la población mexicana.

Los primeros estudios se desarrollaron a principios de los 90 para determinar la relación entre el ausentismo escolar relacionado con las vías respiratorias y la exposición a  $O_3$  en niños de edad preescolar de la Ciudad de México. Dados los serios problemas de contaminación del aire que presentaba esta ciudad, después se examinó la relación del  $O_3$  y el  $SO_2$  con las visitas a urgencias por asma infantil, así como la exacerbación de los episodios de asma asociada a la exposición a  $O_3$  también en población infantil. Siguiendo esta línea de investigación, del mismo modo se estudió la asociación de asma y enfermedades respiratorias agudas con  $O_3$  y esta vez además con  $PM_{10}$  en niños de Ciudad Juárez, Chihuahua.

A la par, se desarrollaron estudios basados en análisis ecológicos con registros de mortalidad para evaluar la

asociación entre el número de muertes diarias por todas las causas, excluyendo las externas (accidentes y lesiones), por causas específicas y concentración diaria de  $O_3$  y  $PM_{10}$  y después se incorporaron las mediciones de  $PM_{2.5}$ .

Desde entonces, el grupo de investigación de calidad del aire en el INSP ha desarrollado investigación de los efectos de los contaminantes del aire en la función pulmonar, en eventos respiratorios (p. ej., asma, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica), cardiovasculares (p. ej., enfermedad isquémica del corazón, accidente cerebrovascular, hipertensión arterial) metabólicos (p. ej., obesidad, diabetes), en biomarcadores de estrés oxidante e inflamación, etc.; y con otros contaminantes como  $NO_2$  y carbono negro.

Además, ha generado evidencia científica que cuantifica la mortalidad evitable (ME), los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) y los costos económicos derivados de la mala calidad del aire en poblaciones y ciudades mexicanas.

Los resultados de estos estudios han contribuido y seguirán contribuyendo a la discusión sobre el riesgo que los contaminantes del aire tienen sobre diferentes eventos en salud en México, con el fin de apoyar en la formulación de políticas públicas e intervenciones más eficaces.

## RETOS QUE ENFRENTAMOS

1. **Disminuir la carga de enfermedad y mortalidad** relacionada con la contaminación del aire exterior en México.
2. **Desarrollar sistemas de vigilancia** epidemiológica para episodios de alta contaminación del aire en ciudades con problemas de calidad del aire.
3. **Ampliar la cobertura de monitoreo del aire** con respecto a los contaminantes criterio.
4. **Normar la exposición a carbono negro y BTEX** (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) para protección a la salud.
5. **Lograr que se incorpore en los PRONAIRE la evaluación de impacto en salud** de medidas implementadas por otros sectores (p. ej., transporte o energía) para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.
6. **Desarrollar estudios de exposición a mezclas de contaminantes**, de temas de frontera como enfermedades crónicas (p. ej., cáncer), de temas emergentes (p. ej., Covid-19), de interacción gen-ambiente y de interacción de contaminantes con temperatura, rayos ultravioleta u otras variables climáticas.



## RECOMENDACIONES BASADAS EN EVIDENCIA

1.

**Generar evidencia científica que permita identificar valores de protección a la salud**, para actualizar las Normas Mexicanas de Salud Ambiental NOM-020-SSAI, NOM-023-SSAI, NOM-025-SSAI, de concentraciones de ozono ( $O_3$ ), de dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y partículas suspendidas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en el aire ambiente.

2.

**Identificar niveles umbral de concentración de contaminantes atmosféricos** para decretar contingencias ambientales atmosféricas en las zonas metropolitanas del país.

3.

**Informar oportunamente a la población los potenciales daños a la salud por exposición a contaminantes del aire** y las acciones que puede adoptar para reducir dicha exposición, por ejemplo, utilizar tecnologías innovadoras como las aplicaciones de teléfonos móviles.

---

**Referencias**

1. INECC, S. Informe nacional de calidad del aire 2015. 2016. México.
2. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Mexico profile. Seattle, WA: IHME, University of Washington. 2018. Available from <http://www.healthdata.org/Mexico> (Accessed august 2021).
3. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in public health*. 2020;8(14). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
4. ONU-Habitat México. Índice de prosperidad urbana en la República Mexicana. Reporte Nacional de Tendencias de la Prosperidad Urbana en México. México: ONU-Habitat, 2016.
5. Trejo-González AG, Riojas-Rodriguez H, Texcalac-Sangrador JL, Guerrero-López CM, Cervantes-Martínez K, Hurtado-Díaz M, Zuñiga-Bello PE. Quantifying health impacts and economic costs of PM 2.5 exposure in Mexican cities of the National Urban System. *International journal of public health*. 2019;64(4):561-72. <https://doi.org/10.1007/s00038-019-01216-1>