

¿El aire que respiramos es tóxico?

La contaminación atmosférica y sus implicaciones en la salud

Alejandro Déciga Alcaraz, Omar Amador Muñoz y Yolanda Irasema Chirino López



Introducción

Durante el 2019, las enfermedades respiratorias se ubicaron como la cuarta causa principal de muerte a nivel mundial de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS). La exposición a la contaminación atmosférica es una de las causas que pueden complicar estas enfermedades. La OMS define a la contaminación atmosférica como la presencia de agentes químicos, físicos o biológicos que alteran las características naturales de la atmósfera (WHO, 2023).

¿Qué es la contaminación atmosférica?

La contaminación atmosférica es una mezcla compleja de contaminantes que pueden tener origen de manera natural o por actividades antropogénicas. Las actividades que el ser humano realiza, como las derivadas de emisiones de los vehículos, la actividad industrial, la quema de biomasa y las actividades domésticas como, la cocción de alimentos o el uso de productos de limpieza, por mencionar algunas, pueden elevar los contaminantes por encima de lo normal, lo cual es perjudicial para la salud. En 2016, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) clasificó a la contaminación atmosférica en el grupo 1 como carcinógeno para seres humanos, lo que resalta la urgencia de abordar este problema a nivel mundial.

Contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos se clasifican de acuerdo con su origen en primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son

aquellos que se emiten a la atmósfera directamente como el dióxido de azufre (SO_2), monóxido de nitrógeno (NO), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb). Los contaminantes secundarios son formados por procesos fisicoquímicos de los contaminantes primarios y estos procesos generan ozono (O_3), sulfatos (SO_4) y nitratos (NO_3) por mencionar algunos. Además, la interacción de estos compuestos puede formar material particulado (PM, por sus siglas en inglés) el cual se encuentra suspendido en el aire. Otra vía por la cual se puede formar el PM es por las actividades antropogénicas como la combustión de carbón, petróleo o biomasa, y se entiende por biomasa la quema de árboles o pastizales. También por las actividades industriales y agrícolas, la erosión del pavimento y la fricción de los frenos y neumáticos de autos. Además, el PM también puede formarse de manera natural por la actividad volcánica, tormentas de polvo, incendios forestales y rocío marino (Kim *et al.*, 2015; Figura 1).

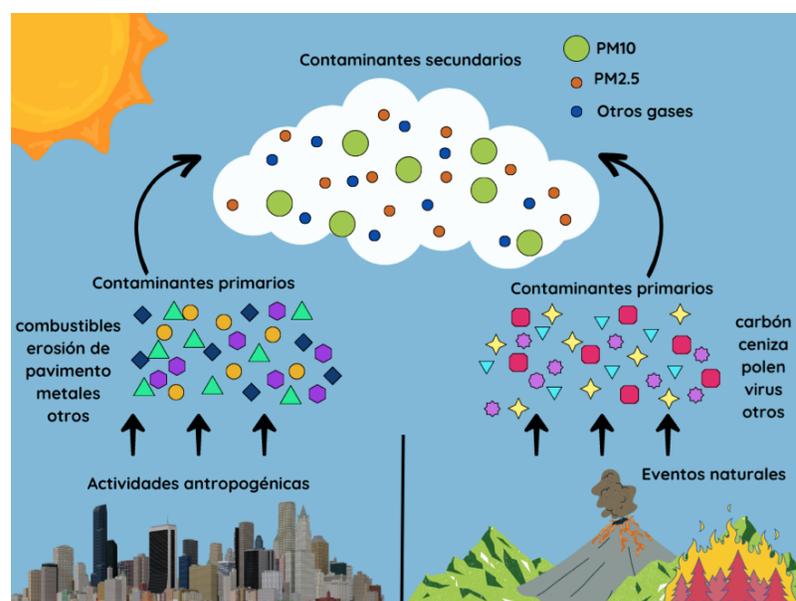


Figura 1. Fuentes de emisión y formación de PM

Clasificación del material particulado (PM) e impacto en la salud

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) ha clasificado al PM en dos categorías: PM_{10} y $PM_{2.5}$. El PM_{10} son partículas inhalables que tienen un diámetro de 10 micrómetros (μm o menos) y el $PM_{2.5}$ son partículas finas que tienen diámetros menores a 2.5 micrómetros (EPA, 2022). Para dimensionar el tamaño del PM lo podemos comparar con el grosor de un cabello el cual es de entre 50 y 70 micrómetros (Monirul *et al.*, 2017; Figura 2).

El tamaño del PM es muy importante ya que está relacionado con los efectos tóxicos que pueda causar a la salud humana al inhalarlos de forma constante. Se ha demostrado que el PM,

al momento de ser inhalado, puede depositarse en diferentes regiones del tracto respiratorio. Por ejemplo, el PM con un tamaño de 5-10 μm puede depositarse y/o acumularse en las vías respiratorias superiores como las fosas nasales, la faringe y la tráquea. Sin embargo, el PM con un tamaño de 1-5 μm puede llegar a las vías respiratorias inferiores como los bronquios, bronquiolos y sacos alveolares (Figura 2).

La acumulación de PM en las vías respiratorias genera efectos a nivel celular que pueden promover o generar enfermedades respiratorias como asma e inflamación del tracto respiratorio incluso desarrollar cáncer de pulmón. Sin embargo, los efectos toxicológicos que causa el PM no se limitan solo a enfermedades respiratorias, sino que puede generar enfermedades cardiovasculares, cerebrales y reproductivas (Thangavel *et al.*, 2022).

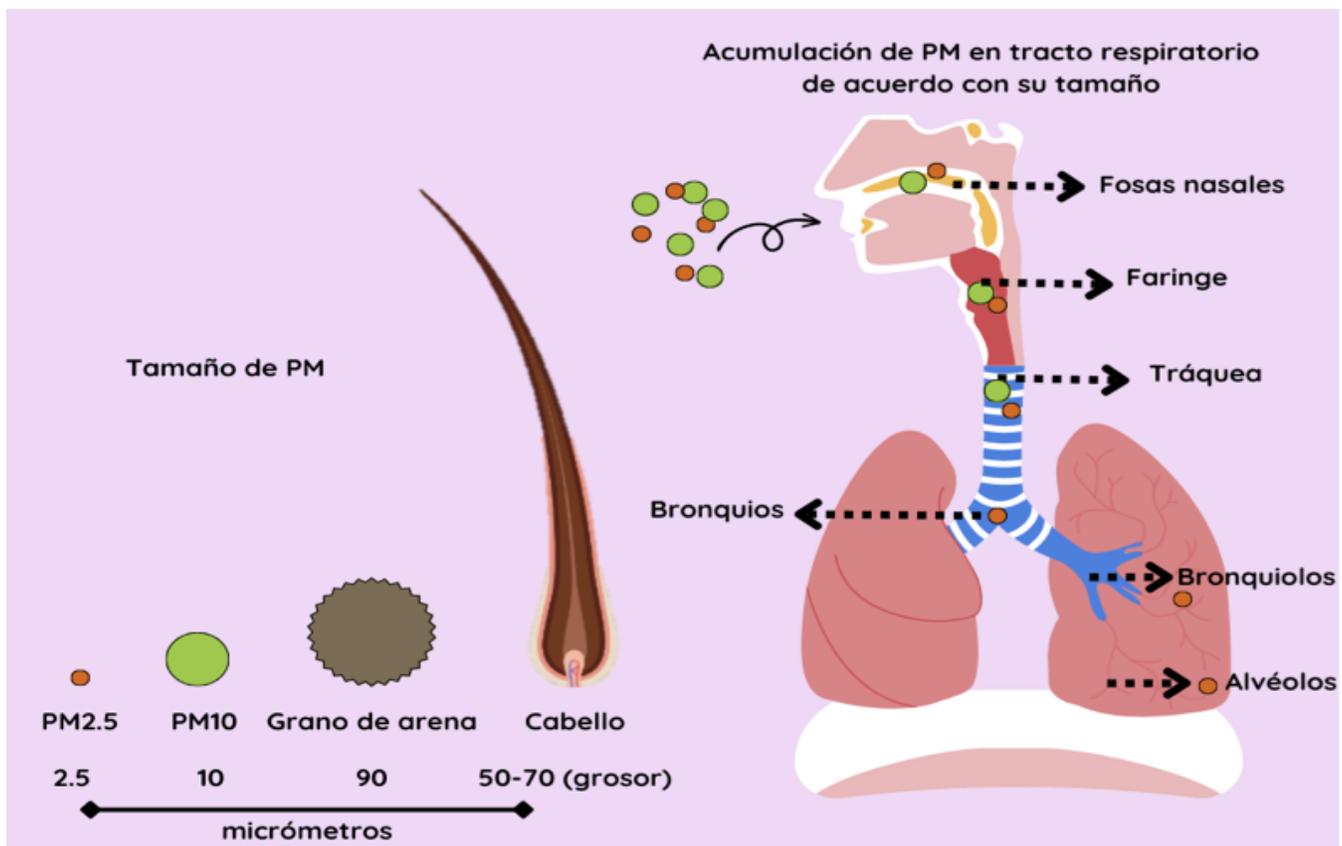


Figura 2. Tamaño y acumulación de PM en el sistema respiratorio.

Por otro lado, se ha demostrado que el PM puede funcionar como un transportador de virus y bacterias ya que se ha detectado RNA viral en el contenido de este por lo que la reciente enfermedad por coronavirus (COVID-19) se ha relacionado con la exposición a PM (Zhu *et al.*, 2021). Sin embargo, el PM no solo funciona como transporte para virus y bacterias, sino que su inhalación constante, también puede generar una mayor susceptibilidad a infecciones virales como la influenza (Ma *et al.*, 2023) y el virus sincitial respiratorio (Loaiza-Ceballos *et al.*, 2022) o exacerbar alergias o asma (Sompornrattana-phan *et al.*, 2020).

El impacto en la salud asociado a la exposición de PM se debe principalmente a dos características, la primera a su tamaño como se mencionó anteriormente, el cual les permite ingresar a las vías respiratorias profundas; la segunda a su composición, debido a que el PM es una mezcla variable que contiene compuestos orgánicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos inorgánicos como metales, entre los que se encuentran cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe) y vanadio (Va). Además, se ha demostrado que el aire de la Ciudad de México contiene platino (Pt) que proviene de los catalizadores de los vehículos (Morton-Bermea *et al.*, 2014) y preocupantes concentraciones de mercurio (Hg) industrial (Morton-Bermea *et al.*, 2018). El PM también contiene compuestos biológicos como polen esporas y bacterias (Kim *et al.*, 2015). Sin embargo, la composición puede variar por diversos factores como eventos climatológicos y las actividades antropogénicas.

Las actividades que realizamos a diario demandan salir de casa, como ir a la oficina, la escuela, hacer el super, pasear al perro, entre muchas otras actividades. Debido a esto es inevitable no estar expuestos a los contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire. Se

tiene registros que los horarios con una mayor concentración de PM suspendido en el aire son de entre las 7:00 y 10:00 horas y las 18:00 y 21:00 horas los cuales son horarios con una mayor actividad antropogénica.

Actualmente, se han implementado políticas estrictas para reducir las elevadas concentraciones de PM en el aire como el programa vehicular "Hoy no circula". Dichas políticas han tenido beneficiosos resultados disminuyendo en los últimos 10 años las elevadas concentraciones de PM en la ciudad de México. Sin embargo, lo siguiente por atender son las emisiones que componen el PM como el material orgánico e inorgánico que se ha descrito anteriormente. Debido a esto es importante realizar investigación sobre el monitoreo de la calidad del aire para posteriormente encontrar las posibles fuentes de emisión y así tener una regulación de compuestos que elevan la toxicidad del PM.

¿Cómo nos podemos proteger de la exposición a PM?

Reducir el tiempo de exposición a PM es una de las principales medidas de prevención, esto incluye reducir el tiempo de actividades al aire libre. Por ejemplo, disminuir el tiempo en realizar actividades físicas de alta intensidad al aire libre, así como evitar hacerlas cerca de vías de tránsito intenso. Programar horarios de ejercicio al aire libre en horarios que no haya una elevada concentración de PM en el aire. El uso del cubrebocas también es una medida de prevención para disminuir la inhalación de los contaminantes. Otra forma de protegernos es evitando la actividad física al aire libre cuando se nos indique por las autoridades que hay alertas por contaminación elevada.

¿Cómo podemos contribuir a tener una mejor calidad del aire?

Si tu principal medio de transporte es tu automóvil el mantener en óptimas condiciones es una medida que ayuda a disminuir las emisiones y disminuir su uso también ayuda a tener un aire más limpio. Otra medida que podemos realizar es caminar en lugar de usar el auto, cuando se pueda y compartir el auto con amigos o familiares que van por las mismas rutas que nosotros.

En conclusión, la contaminación atmosférica es un problema grave que afecta nuestra salud y el medio ambiente. La exposición al material particulado y otros contaminantes puede tener consecuencias serias, desde problemas respiratorios hasta enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, podemos tomar medidas para protegernos y mejorar la calidad del aire que respiramos. Reducir nuestra exposición al aire contaminado, usar cubrebocas y mantener nuestros vehículos en buen estado son solo algunas de las acciones que podemos tomar a nivel individual. Pero también es importante trabajar juntos como comunidad y apoyar políticas y acciones que reduzcan las emisiones y promuevan un ambiente más limpio y saludable para todos. Juntos, podemos marcar la diferencia y crear un futuro donde el aire que respiramos sea seguro y limpio para todos.

Referencias

- Environmental Protection Agency, (2022). Disponible en: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>
- Kim, K. H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment international*, 74, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
- Loaiza-Ceballos, M. C., Marin-Palma, D., Zapata, W., & Hernandez, J. C. (2022). Viral respiratory infections and air pollutants. *Air quality, atmosphere, & health*, 15(1), 105–114. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01088-6>
- Ma, P., Zhou, N., Wang, X., Zhang, Y., Tang, X., Yang, Y., Ma, X., & Wang, S. (2023). Stronger susceptibilities to air pollutants of influenza A than B were identified in subtropical Shenzhen, China. *Environmental research*, 219, 115100. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115100>
- Monirul, I. M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Zulkifli, N. W. M., & Shancita, I. (2017). Influence of polymethyl acrylate additive on the formation of particulate matter and NOX emission of a biodiesel-diesel-fueled engine. *Environmental science and pollution research international*, 24(22), 18479–18493. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9333-6>
- Morton-Bermea, O., Garza-Galindo, R., Hernández-Álvarez, E., Ordoñez-Godínez, S. L., Amador-Muñoz, O., Beramendi-Orosco, L., Miranda, J., & Rosas-Pérez, I. (2018). Atmospheric PM2.5 Mercury in the Metropolitan Area of Mexico City. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 100(4), 588–592. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2288-6>
- Morton-Bermea, O., Amador-Muñoz, O., Martínez-Trejo, L., Hernández-Álvarez, E., Beramendi-Orosco, L., & García-Arreola, M. E. (2014). Platinum in PM2.5 of the metropolitan area of Mexico City. *Environmental geochemistry and health*, 36(5), 987–994. <https://doi.org/10.1007/s10653-014-9613-8>
- Sompornrattanaphan, M., Thongngarm, T., Ratanawatkul, P., Wongsas, C., & Swigris, J. J. (2020). The contribution of particulate matter to respiratory allergy. *Asian Pacific journal of allergy and immunology*, 38(1), 19–28. <https://doi.org/10.12932/AP-100619-0579>
- Thangavel, P., Park, D., & Lee, Y. C. (2022). Recent Insights into Particulate Matter (PM2.5)-Mediated Toxicity in Humans: An Overview. *International journal of environmental research and public health*, 19(12), 7511. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127511>
- World Health Organization (WHO), 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab1>
- Zhu, C., Mañarajan, K., Liu, K., & Zhang, Y. (2021). Role of atmospheric particulate matter exposure in COVID-19 and other health risks in human: A review. *Environmental research*, 198, 111281. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111281>
-
- Dr. Alejandro Déciga Alcaraz.** Investigador posdoctoral del “Programa de Becas Posdoctorales” de DGAPA cuya línea de investigación es sobre la Toxicología Ambiental, adscrito al Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Email: alejandro.deciga01@gmail.com
- Dr. Omar Amador Muñoz.** Investigador Titular B cuya línea de investigación es sobre el estudio de los Aerosoles Orgánicos Atmosféricos, adscrito al Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM. Email: oam@atmosfera.unam.mx
- Dra. Yolanda Irasema Chirino López.** Profesor Titular C Tiempo Completo Definitivo cuya línea de investigación es sobre Toxicología y Carcinogénesis de Nanomateriales Manufacturados, adscrita a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Email: irasemachirino@gmail.com