

Environmental pollution and allergy

Contaminación ambiental y alergia

Sandra Nora González-Díaz,¹ Cindy Elizabeth de Lira-Quezada,¹ Rosalaura Virginia Villarreal-González,¹ José Ignacio Canseco-Villarreal¹

Abstract

Air pollution, climate change, and the decrease of biological diversity are major threats to human health. In the past decades, an increase in allergic diseases, including asthma and rhinoconjunctivitis, has been observed. Up to 40 % of the world population may have an allergic disease, which represents a significant impact on the quality of life of those who suffer from it, and environmental pollution is one of the causes of its presentation. Air pollution causes significant morbidity and mortality in patients with inflammatory airway diseases such as allergic rhinitis, chronic rhinosinusitis, asthma, and chronic obstructive pulmonary disease. Oxidative stress in patients with respiratory diseases can induce eosinophilic inflammation in the airways, increase atopic allergic sensitization, and rise susceptibility to infections. Climate change has influenced exposure to extramural allergens and it is associated with exacerbations of respiratory diseases in the upper and lower airway. The interaction of indoor and outdoor environmental exposure and host factors can affect the development and progression of lifelong allergic diseases. The decrease of exposure to air pollutants has been associated with a favorable response in respiratory health, which is why it is necessary to implement measures that contribute to an improvement in air quality.

Key words: Allergy; Climate change; Pollution; Pollens

Resumen

La contaminación del aire, el cambio climático y la reducción de la diversidad biológica son amenazas importantes para la salud humana. En las últimas décadas se ha observado un aumento en las enfermedades alérgicas, incluyendo asma y rinoconjuntivitis. Hasta 40 % de la población mundial puede presentar alguna enfermedad alérgica, lo que representa un impacto significativo en la calidad de vida de quienes la padecen, siendo la contaminación ambiental una de las causas de su presentación. La contaminación del aire causa morbilidad y mortalidad significativas en pacientes con enfermedades inflamatorias de las vías respiratorias, como rinitis alérgica, rinosinusitis crónica, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. El estrés oxidativo en pacientes con enfermedades respiratorias puede inducir inflamación eosinofílica en las vías respiratorias, aumentar la sensibilización alérgica atópica y aumentar la susceptibilidad a infecciones. El cambio climático ha influido en la exposición a alérgenos extramuros y se asocia con exacerbaciones de enfermedades de la vía respiratoria superior e inferior. La interacción de las exposiciones ambientales en interiores y exteriores y los factores del huésped pueden afectar el desarrollo y la progresión de enfermedades alérgicas de por vida. La reducción de la exposición a los contaminantes del aire se ha asociado a una respuesta favorable en la salud respiratoria, por lo cual es necesario implementar medidas que contribuyan a la mejoría en la calidad del aire.

Palabras clave: Alergia; Cambio climático; Contaminación; Pólenes

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González, Monterrey, Nuevo León, México

Correspondencia: Sandra Nora González-Díaz.
sgonzalezdiaz@yahoo.com

Recibido: 2021-11-04
Aceptado: 2021-11-07
DOI: 10.29262/ram.v69iSupl1.1010

Introducción

La contaminación del aire, el cambio climático y la reducción de la diversidad biológica son amenazas importantes para la salud humana con efectos perjudiciales sobre una variedad de enfermedades crónicas no transmisibles, en particular las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

El alcance de la contaminación del aire, tanto en el interior como en el exterior, y el cambio climático, incluido el calentamiento global, están aumentando a proporciones alarmantes, especialmente en países en desarrollo con mayor industrialización.^{1,2}

En las últimas décadas se ha observado un aumento en las enfermedades alérgicas incluyendo asma y rinoconjuntivitis. Hasta 40 % de la población mundial pueden presentar alguna enfermedad alérgica, representando un impacto significativo en la calidad de vida de quienes la padecen, siendo la contaminación ambiental una de las causas de su presentación.³

Contaminación ambiental y su impacto en el mundo

La contaminación es la principal causa ambiental de enfermedad y muerte prematura en el mundo de hoy. Las enfermedades causadas por la contaminación han sido responsables de aproximadamente nueve millones de muertes en los últimos cinco años, 16 % del total de muertes en todo el mundo.⁴

En los últimos 50 años, 50 % de los bosques del planeta han sido destruidos y cada año 13 millones de hectáreas de bosque son deforestadas. A partir del 2020, dos tercios de la población mundial vivirá en áreas urbanas.⁵

En Latinoamérica y el Caribe, más de 100 millones de personas están expuestas a mayores niveles de contaminación que las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).^{6,7}

Tipos de contaminantes y fuentes

Los componentes más abundantes de la contaminación del aire en las zonas urbanas son el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono (O₃) y el material particulado (PM). El dióxido de azufre (SO₂) es abundante en las áreas industriales^{8,9} (Cuadro 1).

El material particulado (Figura 1), contaminante del aire, incluye una mezcla de pequeñas partículas de sólidos, líquidos o mezcla de sólidos y líquidos, orgánicos e inorgánicos, naturales y antropogénicos, de composición variable, suspendidos en el aire.¹⁰

Impacto del cambio climático en la salud

Las exposiciones durante largo y corto plazo a la contaminación por partículas finas (PM_{2.5}), pueden causar la muerte prematura y efectos nocivos en el sistema de servicio de urgencias por infartos, eventos cerebrovasculares y exacerbación de enfermedades respiratorias crónicas.¹¹ El mayor número de muertes en ciudades de América Latina que se

Cuadro 1. Criterios de calidad del aire basados en los contaminantes²

Contaminante	Valores establecidos por la OMS*
PM _{2.5}	5 µg/m ³ media anual 15 µg/m ³ media de 24 horas
PM ₁₀	15 µg/m ³ de media anual 45 µg/m ³ promedio de 24 horas
Ozon	100 µg/m ³ , máximo diario de 8 horas** 60 µg/m ³ media de 8 horas, temporada alta ***
Dióxido de nitrógeno	10 µg/m ³ de media anual 25 µg/m ³ media de 24 horas
Dióxido de azufre	40 µg/m ³ media de 24 horas

*OMS = Organización Mundial de la Salud

**Percentil 99, (tres a cuatro días de excedencia por año)

***La temporada alta se define como un promedio de la concentración media de O₃ máxima diaria de ocho horas en los seis meses consecutivos con la concentración de O₃ promedio móvil más alta de los seis meses.

atribuyen a la contaminación ocurren en Argentina, Brasil y México, donde se han calculado más de 10 000 muertes al año. De acuerdo con la OMS, en México las ciudades con mayores niveles de PM₁₀ son Monterrey, Ciudad de México, Guadalajara, Puebla, Juárez y León; y las primeras dos tienen cifras inadecuadas de PM_{2.5}.¹² Se han demostrado efectos adversos no solo con exposiciones altas de contaminantes, sino también bajas, afectando a personas con enfermedades preexistentes.

Los episodios de polvo de arena están asociados con un mayor riesgo de mortalidad cardiovascular y morbilidad respiratoria. La contaminación del aire es la segunda causa principal de enfermedades no transmisibles (ENT). Debido a que las estimaciones de la carga aún no incluyen todos los resultados importantes (alergias, bajo peso al nacer, efectos cognitivos), el impacto general puede estar subestimado.^{7,13,14}

Impacto del cambio climático en la alergia

El aumento repentino de los niveles de contaminantes ambientales debido al desarrollo industrial y el tráfico de vehículos de motor urbano ha afectado la calidad del aire y, en consecuencia, la gravedad y la mortalidad por enfermedades alérgicas.¹² Los contaminantes ambientales actúan sobre el sistema inmunológico y respiratorio en desarrollo, lo que aumenta la posibilidad de efectos negativos sobre la maduración estructural y funcional del aparato respiratorio en los niños.¹⁵

Los factores ambientales como la contaminación ambiental pueden influir en el epigenoma, ocasionando cambios en los cromosomas que afectan la actividad y expresión de los genes, modificando el riesgo de enfermedades alérgicas.⁶

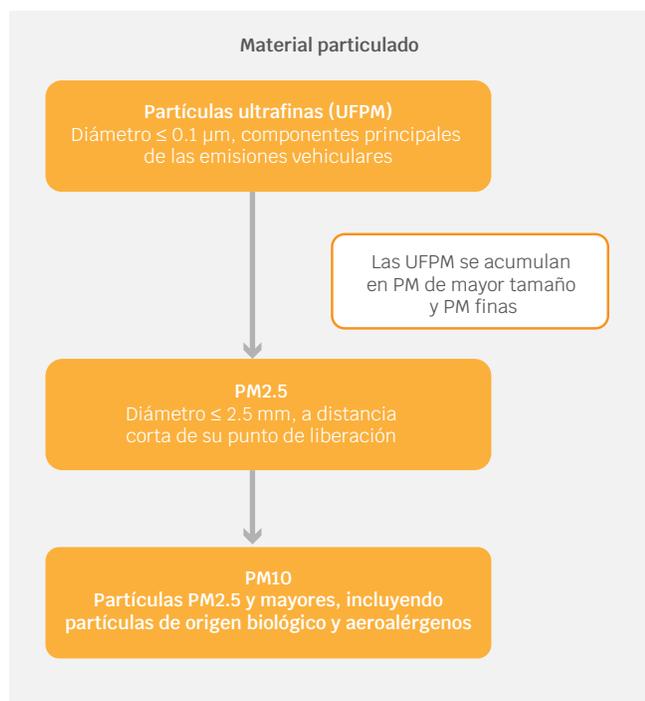


Figura 1. Origen y características del material particulado. Adaptado de referencia 9.

La contaminación del aire causa morbilidad y mortalidad significativas en pacientes con enfermedades inflamatorias de las vías respiratorias, como rinitis alérgica, rinosinusitis crónica, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. El estrés oxidativo en pacientes con enfermedades respiratorias puede inducir inflamación eosinofílica en las vías respiratorias, aumentar la sensibilización alérgica atópica y aumentar la susceptibilidad a infecciones.¹⁶ Además, ocurre generación de estrés oxidativo por los contaminantes, jugando un papel en la inflamación alérgica de las vías respiratorias.¹⁷

La interacción de las exposiciones ambientales en interiores y exteriores y los factores del huésped pueden afectar el desarrollo y la progresión de enfermedades alérgicas de por vida.¹⁸

Las exacerbaciones de asma relacionadas con la contaminación del aire se deben a factores climáticos que favorecen la acumulación de contaminantes del aire a nivel del suelo, como el caso de los vehículos de motor.⁹

Algunos factores que contribuyen al aumento de síntomas pulmonares incluyen:

- Una función ciliar alterada de las células epiteliales.
- Aumento de la permeabilidad del epitelio de las vías respiratorias.
- Cambios inflamatorios en las células respiratorias.

- Modulación de la muerte y del ciclo de las células del sistema respiratorio.^{5,19}

Los contaminantes del aire relacionados con el tráfico (TRAP) producidos por los vehículos de motor se componen de una mezcla compleja de PM, PM10 o PM2.5 y emisiones gaseosas que incluyen óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), ozono y otros contaminantes del aire. La evidencia sugiere que los TRAP se asocian con crecimiento pulmonar reducido, función pulmonar más baja y desarrollo y exacerbación del asma.¹⁸

Se ha descrito que vivir dentro de los 300 m de una carretera interestatal se asocia con un aumento de tres veces en las probabilidades de asma. Las personas que viven dentro de los 800 m de un sitio industrial tienen 47 % más de probabilidades de tener asma.²⁰

En un estudio realizado en Perú por Bose *et al.*, se encontró que la tasa de rinitis fue significativamente mayor en los adolescentes periurbanos de Lima en comparación con sus contrapartes rurales (23 % versus 12 %, respectivamente [$p < 0.001$]). La exposición a la contaminación ambiental a PM2.5 en el aire, específicamente al componente de carbón negro, aumentó significativamente las probabilidades de una peor calidad de vida relacionada con la rinoconjuntivitis entre los niños y adolescentes periurbanos atópicos y no atópicos con asma.²¹

Posterior a estos resultados, Perú ha implementado regulaciones en el tránsito del tráfico vehicular, las cuales ocasionaron disminución de niveles de PM2.5 de 62 %, de dióxido de nitrógeno de 65 % y de dióxido de azufre de 82 %, mejorando significativamente la calidad del aire.²²

Los escapes de automóviles, camiones y plantas de energía son las fuentes más importantes de dióxido de nitrógeno al aire libre, el cual es un precursor del esmog fotoquímico que se encuentra en las regiones urbanas e industriales. La exposición al dióxido de nitrógeno se asocia con un aumento de las visitas a la sala de emergencias, las sibilancias y el uso de medicamentos entre los niños con asma.⁹ El dióxido de nitrógeno induce la nitración de alérgenos y favorece las respuestas de T helper 2 (Th2), lo que conduce a una mayor alergenicidad del polen en áreas contaminadas y un mayor riesgo para la salud humana.²³

El ozono se genera en el suelo por reacciones fotoquímicas que involucran dióxido de nitrógeno, hidrocarburos y radiación UV, e induce daño epitelial y respuestas inflamatorias en las vías respiratorias superiores e inferiores con aumento de la hiperreactividad de las vías respiratorias.⁹

El ozono disminuye la función pulmonar, incrementa los síntomas de asma, ocasiona mayor número de hospitalizaciones por exacerbaciones y elevación de la mortalidad.⁹ El mayor requerimiento de medicamentos de rescate entre los niños que usan tratamiento de mantenimiento es otra consecuencia de la exposición al ozono. Un aumento de 50 ppb en

el procedimiento normalizado de operación (PNO) en una hora, se ha asociado con una mayor probabilidad de sibilancias (35 %) y opresión torácica (47 %).²⁴

La exposición al dióxido de azufre se ha asociado con mayor número de visitas al departamento de urgencias por asma, encontrándose una correlación positiva entre la concentración media mensual de dióxido de azufre y el uso de broncodilatadores prescritos. El dióxido de azufre influye en la remodelación de las vías respiratorias y el aumento en la prevalencia de síntomas y enfermedades respiratorias.¹³

La influencia del cambio climático en los alérgenos

El cambio climático ha influido en la exposición a alérgenos extramuros y se asocia con exacerbaciones de enfermedades de la vía respiratoria superior e inferior. Los altos niveles atmosféricos de dióxido de carbono (CO₂) han llegado a 400 ppm en comparación con la época preindustrial con 280 ppm.²⁵ Estos cambios en el ambiente y la creciente concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede inducir:

- Aumento y aceleración del crecimiento de las plantas.
- Mayor intensidad de la floración.
- Aumento de la potencia del alérgeno del polen.
- Mayor duración de la floración, con un avance en el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, en el inicio de la temporada de polen.
- Temporada de polen más larga basada en el comienzo de la temporada anterior.
- Mayor sensibilidad y exposición a pastos subtropicales.²⁶

Se pronostica que para 2050, las concentraciones de *Ambrosia* serán cuatro veces más altas que los valores actuales, debido a los valores en ascenso de dióxido de carbono.²⁶

La concentración de polen alérgico influye en el grado de los síntomas; sin embargo, la relación entre la exposición al alérgeno, la inflamación de las vías respiratorias y los síntomas clínicos es compleja y están implicados otros factores, además de los alérgenos.^{26,27} La exposición a granos de polen (lípidos activos) o gránulos 15-40 µm en conjunto con los contaminantes deriva en síntomas de la vía aérea superior, mientras que las partículas derivadas del polen < 15 µm ocasionan síntomas bronquiales asociados al asma.²⁸

Consecuencias meteorológicas del cambio climático

El aumento del efecto del calor urbano puede elevar los niveles de algunos contaminantes secundarios (ozono), e indirectamente conduce al incremento de las fuentes naturales de emisiones de contaminantes atmosféricos (descomposición de la vegetación, erosión del suelo e incendios forestales).²⁹

La reparación de los daños causados por una tormenta ocasiona exposición al moho y los productos químicos tóxicos que se encuentran en las casas inundadas. Estos riesgos son particularmente peligrosos para las personas con asma y otras enfermedades respiratorias.²⁴ Durante las tormentas de lluvia ocurre la dispersión de partículas alérgicas más respirables, la cual se origina a partir de polen y esporas por ruptura osmótica.⁹

Los alérgenos que transportan partículas en el aire mucho más pequeñas que los granos de polen (partículas paucimicrónicas) pueden explicar los síntomas bronquiales que afectan a los sujetos durante la temporada de polen o una tormenta eléctrica.²⁶ Las orbículas, los gránulos pequeños (1-5 µm) o las gotitas cargadas con alérgenos pueden desempeñar un papel en el asma alérgica, contribuyendo a formar un aerosol respirable durante la temporada de polen y las tormentas eléctricas.²⁶

El 21 de noviembre de 2016, en Melbourne, Australia, los factores ambientales desencadenaron una epidemia de asma debido a una tormenta eléctrica de magnitud, ritmo, rango geográfico y gravedad sin precedentes. El origen étnico asiático y el asma diagnosticado por un médico fueron factores predictores para exacerbaciones mortales. Las concentraciones de gramíneas eran extremadamente altas (> 100 granos/m³); además de que un frente de viento cruzó Melbourne, disminuyendo la temperatura 10°C, elevando la humedad por encima de 70 % y concentrando las partículas. En 30 horas, hubo 3365 casos relacionadas con el sistema respiratorio en los servicios de urgencias y 476 ingresos hospitalarios relacionados con el asma.³⁰

Medidas y políticas gubernamentales para el control de la contaminación atmosférica. Estado actual

Entre los países del continente americano existen grandes diferencias respecto a la implementación de las directrices de calidad de aire indicadas por la OMS. PM10, PM2.5, dióxido de nitrógeno, ozono y dióxido de azufre son los principales contaminantes atmosféricos regulados; sin embargo, esto ocurre solamente en 21 países. Los niveles más bajos de PM10 han sido adoptados por Estados Unidos, Guatemala, Perú y Bolivia; mientras que solamente los primeros dos países, además de Canadá, lo hicieron para PM2.5.³¹

El control y la aplicación de las regulaciones que ya existen se consideran limitadas, ya que solo 19 de los 35 países de América informan sobre las mediciones de la calidad del aire.³¹ Además, 84 % de las ciudades con sitios de monitoreo de la calidad del aire se encuentran en países de altos ingresos.

El metano es un potente gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento 25 veces superior al del dióxido de carbono. México, junto con Canadá y Estados Unidos, ha establecido el compromiso de reducir sus emisiones de metano entre 40 y 45 % para el año 2030.³²

Desde hace años, en México se implementó el programa urbano *Hoy no circula* de restricción a la circulación vehicular, su fin consiste en reducir y controlar los niveles de contaminación ambiental. Su aplicación se extiende a todas las delegaciones de la Ciudad de México y a 18 municipios del Estado de México. La circulación de los vehículos depende del holograma portado (1, 2, 0 o 00) y es asignado con base en sus niveles de emisión de partículas, los cuales se determinan a partir de la verificación vehicular. Este proceso se realiza periódicamente para conocer el impacto del automóvil en el medio ambiente.³³

Desde el 2005, se han presentado solicitudes a las Cámaras Superior e Inferior del Senado para que el asma y otras enfermedades respiratorias crónicas se consideren una prioridad nacional de salud, y para que se establezcan programas de prevención. En febrero del 2005 se instauró la primera iniciativa para el Senado de la República publicada en el Diario Oficial de la Federación, y posteriormente en marzo 2006 fue la segunda iniciativa.

Futuro de las políticas gubernamentales y otras propuestas sobre la contaminación atmosférica en América Latina

Las políticas y las inversiones en transporte público sostenible, como el tránsito de autobuses basado en tecnologías de emisiones más bajas o las vías para caminata y ciclismo, también pueden tener beneficios inmediatos para la salud al promover viajes activos seguros, disminuir los niveles de contaminación atmosférica y ruido, disminuir el tráfico; además de reducir sustancialmente las emisiones de dióxido de carbono.¹²

Ejemplos de políticas que se pueden apoyar para el futuro son: intercambiar el parque vehicular pesado por transportes más limpios y vehículos más eficientes y menos contaminantes, que utilicen combustibles con contenido reducido de azufre; aplicar normas más estrictas en materia de eficiencia y de emisiones de partículas y los precursores de ozono, incluidos los óxidos de nitrógeno. Las soluciones energéticas domésticas limpias (estufas de gas o electricidad) también ofrecen una gama de beneficios, incluyendo

una exposición reducida a la contaminación del aire en el hogar y al aire libre.³⁴

La contaminación ambiental representa un factor que contribuye considerablemente al desarrollo y exacerbación de enfermedades respiratorias crónicas, por lo que es importante que personal de salud y organismos gubernamentales trabajemos en conjunto para generar mayor conciencia y políticas de control ambiental.

¿Qué más se puede hacer?

- Recomendar a los pacientes que habiten en zonas lejanas a tráfico pesado.
- Colaborar y trabajar en conjunto con el gobierno local y nacional para establecer medidas de prevención de enfermedades respiratorias.
- Proponer medidas de control del cambio climático para coadyuvar a disminuir la contaminación del aire.
- Disminuir el uso de combustibles, por medio del control de emisiones vehiculares.
- Usar en menor medida los vehículos particulares, con lo cual también se contribuye a que haya menos tráfico en ciudades.
- Usar más el transporte público, e incrementar la práctica del ciclismo y la caminata.
- Plantar árboles con poco efecto alergénico en las ciudades.
- Minimizar las actividades al aire libre en días con altos niveles de contaminación.³⁵

Conclusiones

El cambio climático y la contaminación del aire tienen un claro impacto en la salud, lo que contribuye al aumento de los síntomas alérgicos, el uso de medicamentos de rescate, las visitas al departamento de emergencias y las hospitalizaciones, lo cual genera una carga social y económica significativa.

La reducción de la exposición a los contaminantes del aire se ha asociado con una respuesta favorable en la salud respiratoria, por ello es necesario implementar medidas que contribuyan a la mejoría en la calidad del aire.

Referencias

1. Pawankar R, Wang JY, Wang JJ, Thien F, Chang YS, Latiff AHA, et al. Asia Pacific Association of Allergy Asthma and Clinical Immunology White Paper on climate change, air pollution and biodiversity in Asia-Pacific and impact on allergic diseases. *Asia Pac Allergy*. 2020;10(1):e11 DOI: 10.5415/apallergy.2020.10.e11.eCollection 2020 Jan.
2. World Health Organization. Health Topics. Air pollution. 2021 [Consultado 22 Oct 2021]. Disponible en: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
3. González-Díaz SN, Arias-Cruz A, Macouzet-Sánchez C, Partida-Ortega AB. Impact of air pollution in respiratory allergic diseases. *Medicina Universitaria*. 2017;18(73):212-15. DOI: 10.1016/j.rmu.2016.10.006
4. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu NN, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*. 2018;391(10119):462-512. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0
5. D'Amato G, Vitale C, De Martino A, Viegi G, Lanza M, Molino A, et al. Effects on asthma and respiratory allergy of Climate change and air pollution. *Multidiscip Respir Med*. 2015;10:39. DOI: 10.1186/s40248-015-0036-x
6. Cecchi L, D'Amato G, Annesi-Maesano I. External exposome and allergic respiratory and skin diseases. *J Allergy Clin Immunol*. 2018;141(3):846-57. DOI: 10.1016/j.jaci.2018.01.016

7. Green J, Sánchez S. Air quality in Latin America: an overview. Washington, DC: Clean Air Institute; 2012. Disponible en: <https://www.yumpu.com/en/document/read/41258091/air-quality-in-latin-america-an-overview-clean-air-institute>
8. D'Amato G, Chong-Neto HJ, Monge-Ortega OP, Vitale C, Ansoategui I, Rosario N, et al. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy*. 2020;75(9):2219-28. DOI: 10.1111/all.14476
9. D'Amato G, Bergmann KC, Cecchi L, Annesi-Maesano I, Sanduzzi A, Liccardi G, et al. Climate change and air pollution: Effects on pollen allergy and other allergic respiratory diseases. *Allergo J Int*. 2014;23(1):17-23. DOI: 10.1007/s40629-014-0003-7
10. Centro de Monitoreo de Calidad del Aire. Índice de Calidad del Aire CDMX. 2021 [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <http://www.cemcaq.mx/contaminacion/particulas-pm>
11. United States Environmental Protection Agency. Air pollution: current and future challenges. 2021 [Consultado 08 Aug 2021]. Disponible en: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-future-challenges>
12. World Health Organization. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. 2016. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511353>
13. Krishnans S, Panacherry S. Asthma, environment and pollution: where the rubber hits the road. *Indian J Pediatr*. 2018;85(10):893-8. DOI: 10.1007/s12098-018-2691-3
14. Bousquet J, Schunemann HJ, Fonseca J, Samolinski B, Bachert C, Canonica GW, et al. MACVIA-ARIA Sentinel Network for allergic rhinitis (MASK-rhinitis): the new generation guideline implementation. *Allergy*. 2015;70(11):1372-92. DOI: 10.1111/all.12686
15. Arduso LRF, Neffen HE, Fernández-Caldas E, Saranz RJ, Parisi CAS, Tolcachier A, et al. Intervención ambiental en las enfermedades respiratorias [Environmental intervention in respiratory disease]. *Medicina (B Aires)*. 2019;79(2):123-36. Disponible en: <http://www.medicinabuenaosaires.com/PMID/31048278.pdf>
16. Rouadi PW, Idriss SA, Naclerio RM, Peden DB, Ansoategui IJ, Canonica GW, et al. Immunopathological features of air pollution and its impact on inflammatory airway diseases (IAD) *World Allergy Organ J*. 2020;13(10):100467. DOI: 10.1016/j.waojou.2020.100467
17. Naclerio R, Ansoategui IJ, Bousquet J, Canonica GW, D'Amato G, Rosario N, et al. International expert consensus on the management of allergic rhinitis (AR) aggravated by air pollutants. impact of air pollution on patients with AR: current knowledge and future strategies. *World Allergy Organ J*. 2020;13(3):100106. DOI: 10.1016/j.waojou.2020.100106
18. Murrison LB, Brandt EB, Myers JB, Hershey GKK. Environmental exposures and mechanisms in allergy and asthma development. *J Clin Invest*. 2019;129(4):1504-15. DOI: 10.1172/JCI124612
19. Lucas JS, Leigh MW. Primary Ciliary Dyskinesia. En: Akdis CA, Hellings PW, Agache I, editores. *Global Atlas of Allergic Rhinitis and Chronic Rhinosinusitis*. European Academy of Allergy and Clinical Immunology; 2015. p. 243-45. Disponible en: <https://medialibrary.eaaci.org/mediatheque/media.aspx?mediaId=60232&channel=8518>
20. Shultz AA, Schauer JJ, Malecki KM. Allergic disease associations with regional and localized estimates of air pollution. *Environ Res*. 2017;155:77-85. DOI: 10.1016/j.envres.2017.01.039.
21. Bose S, Romero K, Psoter KJ, Curriero FC, Chen C, Johnson CM, et al. Association of traffic air pollution and rhinitis quality of life in Peruvian children with asthma. *PLoS One*. 2018;13(3):e0193910. DOI: 10.1371/journal.pone.0193910
22. Tapia V, Carbajal L, Vásquez V, Espinoza R, Vásquez-Velásquez C, Steenland K, et al. Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú [Traffic regulation and environmental pollution by particulate material (2.5 and 10), sulfur dioxide, and nitrogen dioxide in Metropolitan Lima, Peru]. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2018;35(2):190-7. DOI: 10.17843/rpmesp.2018.352.3250
23. Frank U, Ernst D. Effects of NO2 and Ozone on Pollen Allergenicity. *Front Plant Sci*. 2016;7:91. DOI: 10.3389/fpls.2016.00091
24. Each Breath Blog. Asthma and climate change: what you need to know. American Lung Association; 2020 [Consultado el 17 Oct 2021]. Disponible en: <https://www.lung.org/blog/asthma-and-climate-change>
25. Demain, JG. Climate Change and the Impact on Respiratory and Allergic Disease: 2018. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2018;18(4):22. DOI: 10.1007/s11882-018-0777-7
26. D'Amato G, Rottem M, Dahl R. Effects of climate change and global warming on respiratory allergy and asthma induced by pollen allergens. *WAO Committee Manuscript*; 2019.
27. Katelaris CH, Beggs PJ. Climate change: allergens and allergic diseases. *Intern Med J*. 2018;48(2): 129-34. DOI: 10.1111/imj.13699
28. Sedghy F, Varasteh AR, Sankian M, Moghadam M. Interaction Between Air Pollutants and Pollen Grains: The Role on the Rising Trend in Allergy. *Rep Biochem Mol Biol*. 2018;6(2):219-24. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5941124/>
29. D'Amato M, Cecchi L, Annesi-Maesano I, D Amato GD. News on climate change, air pollution, and allergic triggers of asthma. 2018;28(2):91-7. DOI: 10.18176/jiaci.0228
30. Thien F, Beggs PJ, Csutoros D, Darvall J, Hew M, Davies JM, et al. The Melbourne epidemic thunderstorm asthma event 2016: an investigation of environmental triggers, effect on health services and patient risk factors. *Lancet Planet Health* 2018;2(6):e255-63. DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30120-7.
31. Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud. Calidad del aire. Organización Mundial de la Salud; 2016 [Consultado el 7 Oct 2021]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
32. Clean Air Institute. Sesión 4: México, mejores prácticas en reducción de emisiones de metano en el sector gas y petróleo. Washington, DC: Clean Air Institute; 2019 [Consultado el 07 Oct 2021]. Disponible en: https://www.cleanairinstitute.org/post/mexico_reduccion_metano_hidrocarburos
33. Secretaría del Medio Ambiente. Programa Hoy no Circula. Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México. 2021 [Consultado el 08 Oct 2021]. Disponible en: <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/hoy-no-circula>

34. Scovronick N. Reducing global health risks through mitigation of short-lived climate pollutants. Scoping report for policymakers. Switzerland: World Health Organization; 2015. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/189524/9789241565080_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
35. Teng B, Zhang X, Yi C, Zhang Y, Ye S, Wang Y, et al. The association between ambient air pollution and allergic rhinitis: further epidemiological evidence from Changchun, Northeastern China. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(3):226. DOI: 10.3390/ijerph14030226

ORCID

Sandra Nora González-Díaz, 0000-0002-3612-0042; Cindy Elizabeth de Lira Quezada, 0000-0002-6692-8130; Rosalaura Villarreal-González, 0000-0002-6023-6934; José Ignacio Canseco-Villarreal, 0000-0003-3940-5104