

# ¡Humo! ¡Alerta! La amenaza invisible de las quemas agrícolas

Recibido:  
30/10//2024  
Aceptado:  
07/03/2025  
Publicado:  
08/03/2025

## ¡Smoke! ¡Alert! The invisible threat of agricultural burning

Lizbeth Carrillo-Arizmendi<sup>1</sup>, Marlín Pérez-Suárez<sup>1\*</sup>, René García-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX). El Cerrillo Piedras Blancas, Estado de México 50200, México

<sup>2</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. Km. 30 de la Carretera Federal Monumento – Valle de Bravo, Estado de México.

\*Autora de correspondencia: mperezs@uaemex.mx

### RESUMEN

En el contexto de la interacción entre los sistemas naturales y las actividades humanas, las quemas agrícolas estacionales representan un fenómeno con repercusiones negativamente significativas en la salud pública y el medio ambiente. Además del riesgo inmediato que conllevan los incendios descontrolados, provocando daños a la infraestructura y provocando la pérdida de biodiversidad, existen amenazas menos evidentes, como las consecuencias a largo plazo en la salud humana por la exposición a contaminantes invisibles. Durante estos eventos, el humo generado, que es una mezcla compleja de gases y partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) y gruesas (PM<sub>10</sub>), varía en su composición según el tipo de material quemado y las condiciones de combustión. Las partículas, especialmente las más finas (PM<sub>2.5</sub>), son inhalables y se pueden insertar profundamente en los pulmones, lo que contribuye a una amplia gama de problemas de salud. Entre los efectos reportados se incluyen enfermedades respiratorias agudas y crónicas, así como afecciones cardiovasculares, cerebrovasculares y gastrointestinales, incluso dichos efectos pueden repercutir en mujeres embarazadas afectándolas

a ellas y al feto. Además de que se generan costos económicos significativos. Estos impactos se intensifican en áreas rurales y periurbanas donde las quemas de residuos agrícolas son comunes, lo que resalta la necesidad de sensibilizar a la población sobre los riesgos involucrados, ahondando en prácticas agrícolas sostenibles alternas a las quemas, mismas que eviten el deterioro ambiental y garantice una agricultura más responsable y eficiente. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar los impactos ambientales y de salud pública asociados con las quemas agrícolas, específicamente por la emisión de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, destacando alternativas sostenibles que permitan reducir dichas emisiones, y que contribuyan a mejorar la calidad del aire, proteger la salud humana y fomentar prácticas agrícolas ambientalmente responsables.

#### Palabras clave:

Contaminación atmosférica, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, Enfermedades, Agricultura sostenible.

## ABSTRACT

In the context of the interaction between natural systems and human activities, seasonal agricultural burning represents a phenomenon with significant negative impacts on public health and the environment. In addition to the immediate risk posed by uncontrolled fires, causing damage to infrastructure and leading to biodiversity loss, there are less obvious threats, such as the long-term consequences on human health due to exposure to invisible pollutants. During these events, the smoke generated, which is a complex mixture of gases and fine ( $PM_{2.5}$ ) and coarse ( $PM_{10}$ ) particles, varies in composition depending on the type of material burned and the combustion conditions. Particulate matter, especially the finer particles ( $PM_{2.5}$ ), is inhalable and can become deeply embedded in the lungs, contributing to a wide range of health problems. Reported effects include acute and chronic respiratory diseases, as well as cardiovascular, cerebrovascular, and gastrointestinal conditions, and can even affect pregnant women and their unborn children. In addition, significant economic costs are generated. These impacts are intensified in rural and peri-urban areas where the burning of agricultural residues is common. This highlights the need to raise public awareness of the risks involved, delving into alternative sustainable farming practices to burning, which avoid environmental deterioration and ensure a more responsible and efficient agriculture. Therefore, the objective of this study was to analyze the ecological and public health impacts associated with agricultural burning, specifically the emission of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  particles, highlighting sustainable alternatives to reduce these emissions, which contribute to improving air quality, protecting human health, and promote environmentally responsible agricultural practices.

### Keywords:

Air pollution,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , Diseases, Sustainable agriculture

## INTRODUCCIÓN

El descubrimiento del fuego hace 1.4 millones de años fue uno de los más grandes legados de nuestros ancestros, jugando un papel sumamente importante para la sobrevivencia de los seres humanos (Gowlett 2016). Una vez que surgió la agricultura hace 12,000 años, el fuego fue una herramienta utilizada para limpiar y preparar los terrenos para la siembra (Nigh y Diemont 2013) (Figura 1). De esta manera, se fue estableciendo la práctica de roza, tumba y quema, como una de las principales prácticas agrícolas hasta hoy en día, quemándose alrededor del mundo 8,700 Tg de materia seca al año para este tipo de prácticas (Koppmann *et al.*, 2005).



Figura 1. Pastizales quemados como parte de la preparación para la producción agrícola [Foto: LCA, año 2024].

El fuego, aunque útil para los agricultores al facilitar la preparación del terreno, reciclar nutrientes y estimular el crecimiento de plantas, también representa un riesgo significativo cuando se descontrola. Su rápida propagación, especialmente en condiciones de viento, puede destruir viviendas, infraestructura urbana, y dañar gravemente la flora y fauna silvestre, además de poner en peligro vidas humanas. En México, de acuerdo con datos de CONAFOR el 26.3 % de los incendios forestales registrados en 2022 fueron ocasionados por quemas in situ de residuos agrícolas para preparar el suelo. Además, esta práctica al ser a cielo abierto genera humo que deteriora la calidad del aire (Figura 2), afectando la salud de las personas que habitan comunidades cercanas.



Figura 2. Aire contaminado en los alrededores de la ciudad de Toluca durante la temporada de quemas agrícolas (marzo, abril y mayo) [FOTO: LCA, año 2024].

El impacto sobre la calidad del aire constituye, actualmente, la razón esencial por la que resulta importante evitar el uso del fuego para la agricultura. Debido a que durante la combustión de material vegetal se liberan distintos gases nocivos como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), óxidos de azufre ( $SO_x$ ), y compuestos orgánicos volátiles (COV). Aunado a lo anterior, en combinación con la liberación de hidrocarburos, dichos gases se vuelven

precursores de la formación de ozono. Emisiones que contribuyen al calentamiento global.

Por otra parte, las quemas agrícolas también emiten partículas [ $PM_{10}$  (partículas con un diámetro aerodinámico mayor a los 10 micrómetros) y  $PM_{2.5}$  (partículas con un diámetro aerodinámico menor a los 2.5 micrómetros)], compuestas por materia orgánica, hollín y cenizas (Quijano-Parra *et al.*, 2010), las cuales han sido foco de atención desde el Gran Smog de Londres en 1952, cuando ocasionaron cerca de 12 mil muertes humanas debido a su inhalación e ingesta. Incluso, en años recientes se sigue reportando el incremento de muertes humanas (más de 8 millones de muertes anuales) por la exposición a  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  (Gutierrez-Ávila *et al.*, 2023; Pryor *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2020). A pesar de ello, la concentración atmosférica de estas partículas va en aumento, reportándose para México un incremento del 60.5 % del siglo XX al XXI (Coronado-Ortega *et al.*, 2012). Por ello el objetivo de este documento fue analizar los impactos ambientales y de salud pública asociados con las quemas agrícolas, específicamente por la emisión de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , destacando alternativas sostenibles que permitan reducir dichas emisiones, y que contribuyan a mejorar la calidad del aire, proteger la salud humana y fomentar prácticas agrícolas ambientalmente responsables.

### $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ , pequeñas pero peligrosas

En la actualidad, la calidad del aire se deteriora y la salud de las personas que lo inhalan se ve comprometida por la presencia de material particulado. Este material, compuesto por hollín, cenizas y otros contaminantes (Quijano-Parra *et al.*, 2010), se divide según su tamaño en  $PM_{10}$  (partículas con un diámetro aerodinámico mayor a los 10 micrómetros) y  $PM_{2.5}$  (partículas con un diámetro aerodinámico menor a los 2.5 micrómetros). Estos dos tipos de partículas pueden afectar gravemente la salud de las personas que las respiran, particularmente las más pequeñas, las  $PM_{2.5}$ , debido a que pueden introducirse hasta el fondo de los pulmones, además de incorporarse al torrente sanguíneo. Ambas partículas causan enfermedades respiratorias como alergias y asma (Liu *et al.*, 2022) al depositarse en la nasofaringe (Figura 3) una vez que son inhaladas. También provocan problemas en el sistema gastrointestinal (Figura 3), problemas metabólicos, diabetes y obesidad, e hígado graso (Pryor *et al.*, 2022), ya que al ingerir alimentos contaminados con dichas partículas se introducen al tracto digestivo.

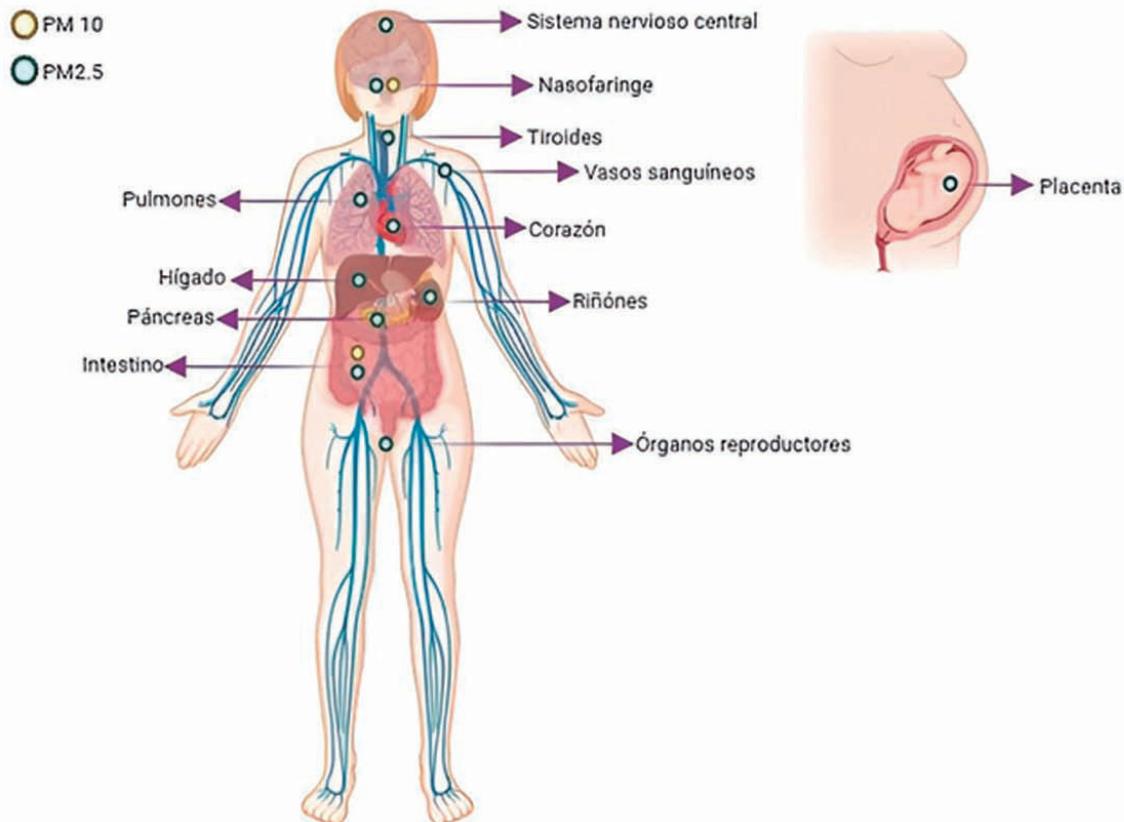


Figura 3. Partes del cuerpo humano donde se han encontrado cantidades significativas de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  [Elaborado por LCA con información de Pryor *et al.*, 2022].

Las PM<sub>2.5</sub>, en particular, pasan por la faringe y llegan a los alveolos pulmonares (Figura 3), lo que puede causar lesiones pulmonares como fibrosis e incluso cáncer (Chen *et al.*, 2024; Hou *et al.*, 2024; Pryor *et al.*, 2022). Se establecen en el sistema nervioso central ocasionando desórdenes como el del espectro autista, Parkinson y Alzheimer. Pueden llegar al torrente sanguíneo y establecerse en el corazón, ocasionando, la mayoría de las veces, problemas cardiovasculares en las personas, presentándose comúnmente presión arterial elevada e infartos (Zhang *et al.*, 2023). Alcanzan a establecerse en los órganos reproductores causando problemas de infertilidad, así como la irregularidad en los ciclos menstruales (Wieczorek *et al.*, 2024) y disfunción eréctil. Las PM<sub>2.5</sub> son incluso, consideradas un riesgo para las mujeres embarazadas pudiendo ocasionar hipertensión gestacional y preeclampsia (Roberts y Escudero 2012); así como una posible restricción en el crecimiento del feto, defectos congénitos en el corazón, reducción del tamaño y peso al nacer, parto prematuro y mortalidad infantil (Wang *et al.*, 2019) (Figura 3). Esto además incide en el aumento de gastos económicos que tienen que realizar las personas o los sistemas de salud. A nivel mundial, hasta 2015, se había reportado una derrama económica de 21,000 millones de dólares por problemas de salud asociados a la contaminación del aire (Landrihan 2017).

### ¡No todo está perdido!

Es importante considerar que la quema de biomasa no es la única opción para las prácticas agrícolas. En la actualidad, existen alternativas a la utilización del fuego como práctica agrícola que son ambientalmente amigables y económicamente viables. Por ejemplo, la agricultura de conservación, que incluye técnicas como la siembra directa, uso de cultivos de cobertura y rotación de cultivos, puede mejorar la salud del suelo y reducir la erosión sin necesidad de quemar residuos vegetales (Cárceles-Rodríguez *et al.*, 2022). Otra alternativa es el compostaje, que convierte los restos de plantas en abono orgánico, mejorando la fertilidad del suelo a largo plazo (Manea *et al.*, 2024). Además, los sistemas agroforestales, que integran árboles y arbustos en sistemas agrícolas, pueden conservar la biodiversidad y proporcionar múltiples productos (madera, forrajes, frutas y semillas) y servicios ecosistémicos (agua, oxígeno, captura de carbono) (Udawatta *et al.*, 2021). Estas prácticas ayudan a mitigar el impacto ambiental, ya que al reducir las emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, mejoran la calidad del aire, contribuyen a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero, reciclar nutrientes en el suelo, y disminuir los padecimientos asociados a las emisiones de partículas.

## CONCLUSIONES

Las quemas agrícolas, aunque históricamente útiles para la preparación de terrenos, representan un desafío significativo por sus impactos ambientales y en la salud pública. La liberación de gases nocivos y partículas como PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> agrava problemas globales como el calentamiento climático y genera enfermedades respiratorias, cardiovasculares y metabólicas que afectan tanto a individuos como a la economía familiar y estatal. Ante esta problemática, se torna esencial transitar hacia prácticas agrícolas sostenibles como la agricultura de conservación, el compostaje y los sistemas agroforestales. Estas alternativas no solo mejoran la salud del suelo y fomentan la biodiversidad, sino que también contribuyen a mitigar las emisiones contaminantes, promoviendo un equilibrio entre la actividad agrícola, la protección ambiental y la calidad de vida de las comunidades.

## AGRADECIMIENTOS

Este documento fue creado en el contexto del proyecto 6890/2023E financiado por el programa Redes de Investigación del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) y el programa de Investigadoras e Investigadores del COMECYT.

## LITERATURA CITADA

- Cárceles-Rodríguez B., Duran-Zuazo V H., Rodríguez M. S., García-Tejero I. F., Gálvez-Ruiz B., Cuadros-Tavira S. 2022. Conservation Agriculture as a Sustainable System for Soil Health: A Review. *Soil System*. 6(4):87. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6040087>
- Chen C. Y., Huang K. Y., Chen Y. H., Li H. J., Wang T. H., Yang P. C. 2024. The role of PM<sub>2.5</sub> exposure in lung cancer: mechanisms, genetic factors, and clinical implications. *EMBO Molecular Medicine*. 17:31-40. <https://doi.org/10.1038/s44321-024-00175-2>
- CONAFOR. 2022. Conoce Mi Parcela No Se Quema. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/conoce-mi-parcela-no-se-quema?idiom=es>
- Coronado-Ortega M. A., Montero-Alpírez G., García-González C., Pérez-Sánchez A., Pérez-Pelayo L. J. 2012. Emisiones de las quemas de paja de trigo en el valle de Mexicali, 1987-2010. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 28:119-126. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000500016&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500016&lng=es&tlng=es)

- Gowlett J. A. J. 2016. The discovery of fire by humans: a long and convoluted process. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*. 371:1696. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0164>
- Gutiérrez-Avila I., Riojas-Rodríguez H., Colicino E., Rush J., Tamayo-Ortiz M., Borja-Aburto V. H., Just A. C. 2023. Short-term exposure to PM<sub>2.5</sub> and 1.5 million deaths: a time-stratified case-crossover analysis in the Mexico City Metropolitan Area. *Environmental Health*. 22(1):70. <https://doi.org/10.1186/s12940-023-01024-4>
- Hou T., Zhu L., Wang Y., Peng L. 2024. Oxidative stress is the pivot for PM<sub>2.5</sub>-induced lung injury. *Food and Chemical Toxicology*. 184:114362. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114362>
- Koppmann R., Czapiewski K., Reid J. 2005. A review of biomass burning emissions, part I: Gaseous emissions of carbon monoxide, methane, volatile organic compounds, and nitrogen containing compounds. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 5:10455-10516. <https://doi.org/10.5194/acpd-5-10455-2005>
- Quijano-Parra A., Quijano-Vargas M. J., Henao-Martínez J. A. 2010. Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable PM<sub>2.5</sub> en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 8(1):1-20. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf>
- Landrigan P. J. 2017. Air pollution and health. *THE LANCET Public Health*. 25. [https://doi.org/10.1016152468-2667\(16\)30023-8](https://doi.org/10.1016152468-2667(16)30023-8)
- Liu K., Hua S., Song L. 2022. PM<sub>2.5</sub> Exposure and Asthma Development: The Key Role of Oxidative Stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2022: 618806. <https://doi.org/10.1155/2022/3618806>
- Manea E. E., Bumbac C., Razvan Dinu L., Bumbac M. Nicolescu C. M. 2024. Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements. *Sustainability*. 16(15):6329. <https://doi.org/10.3390/su16156329>
- Nigh R., Diemont S. A. W. 2013. The Maya milpa: fire and the legacy of living soil. *Frontiers in ecology and the Environment*. 11:e45-e54. <https://doi.org/10.1890/120344>
- Pryor J. T., Cowley L. O., Simonds S. E. 2022. The Physiological Effects of Air Pollution: Particulate Matter. *Physiology and Disease*. *Front. Public Health*. 10:882569. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.882569>
- Roberts J. M., Escudero C. 2012. The placenta preeclampsia. *Pregnancy Hypertens*. 2:72-83. <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2012.01001>
- Udawatta R. P., Rankoth L. M., Jose S. 2021. Agroforestry for Biodiversity Conservation. (eds) *Agroforestry and Ecosystem Services*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-80060-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-80060-4_10)
- Wang Y. Y., Li Q., Guo Y., Zhou H., Wang X., Wang Q. 2019. Association of long-term exposure to airborne particulate matter of 1 µm or less with preterm birth in China. *JAMA Pediatrics*. 172:e174872. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.4872>
- Wieczorek K., Szczęsna D., Radwan M., Radwan P., Polańska K., Kilanowicz A., Jurewicz J. 2024. Exposure to air pollution and ovarian reserve parameters. *Nature Scientific Reports*. 14:461. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50753-6>
- Yang J., Zhou M., Li M., Yin P., Hu J., Zhang C., Wang H., Liu Q., Wang B. 2020. Fine particulate matter constituents and cause-specific mortality in China: A nationwide modelling study. *Environment International*. 143:105927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105927>
- Zhang H., Zhou S., Wang J., Shi Y., Zhao Y., Zhang G. Y., Zhang Y. 2023. Effects of long-term exposure to ambient PM<sub>2.5</sub> on hypertension and role of dietary regulation[J]. *Journal of Environmental and Occupational Medicine*. 40(5):551-558. <https://doi.org/10.11836/JEOM22364>

