

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2024-41>

EFFECTOS NEUROTÓXICOS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DESARROLLO NEUROLÓGICO EN LA REGIÓN DE LAS AMÉRICAS (2000-2023)

Valdez Espinal, Lucero G.

Universidad Autónoma de Santo Domingo
Santo Domingo, República Dominicana
lucerogravola@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3277-734X>

Torres Encarnación, Isabel Johanna

Universidad Autónoma de Santo Domingo
Santo Domingo, República Dominicana
isabeljohannatorresencarnacion@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7724-2712>

RESUMEN

El cambio climático no solo amenaza la salud del planeta, sino que también afecta el bienestar de sus habitantes. La contaminación del aire, impulsada por la quema de combustibles fósiles, deforestación y actividades industriales, incrementa el riesgo de enfermedades infecciosas y agrava problemas respiratorios. Las sustancias químicas pueden afectar de forma permanente el desarrollo y funciones del sistema nervioso. Las embarazadas expuestas al aire contaminado pueden dar a luz prematuramente, con recién nacidos de bajo peso y riesgos en el desarrollo neurológico y cognitivo. Según la OMS, el 90% de la población respira aire contaminado, provocando cambios en la estructura cerebral y funciones cognitivas. Este estudio tiene como objetivo analizar la influencia de la contaminación en el desarrollo neurológico, identificar los principales contaminantes y evaluar el impacto en función de la edad, sexo y otros factores de riesgo. Mediante un diseño observacional descriptivo basado en una revisión de estudios de PubMed y PMC NCBI, se clasificaron los datos según desarrollo neurológico, contaminantes principales, problemas respiratorios y exposición a otros riesgos. Los niños son particularmente vulnerables: 93% respira aire contaminado diariamente, comprometiendo su salud. La OMS reporta que 600,000 niños murieron en 2016 por infecciones respiratorias agudas. Los contaminantes como hidrocarburos aromáticos policíclicos, monóxido de carbono y dióxido de carbono afectan el desarrollo cerebral fetal. La crisis climática y la contaminación ambiental están relacionadas con enfermedades neurocognitivas, y los sistemas de salud deben enfrentar estos desafíos.

Palabras Clave: Neurotoxicidad, Contaminación ambiental, Desarrollo neurológico

ABSTRACT

Climate change not only threatens the health of the planet but also affects the well-being of its inhabitants. Air pollution, driven by the burning of fossil fuels, deforestation and industrial activities, increases the risk of infectious diseases and worsens respiratory problems. Chemical substances can permanently affect the development and functions of the nervous system. Pregnant women exposed to polluted air can give birth prematurely, with low birth weight and risks in neurological and cognitive development. According to the WHO, 90% of the population breathes polluted air, causing changes in brain structure and cognitive functions. This study aims to analyze the influence of pollution on neurological development, identify the main pollutants and

evaluate the impact based on age, sex and other risk factors. Using a descriptive observational design based on a review of PubMed and PMC NCBI studies, the data were classified according to neurological development, main pollutants, respiratory problems and exposure to other risks. Children are particularly vulnerable: 93% breathe polluted air daily, compromising their health. WHO reports that 600,000 children died in 2016 from acute respiratory infections. Pollutants such as polycyclic aromatic hydrocarbons, carbon monoxide and carbon dioxide affect fetal brain development. The climate crisis and environmental pollution are linked to neurocognitive diseases, and health systems must face these challenges.

Keywords: Neurotoxicity, Environmental pollution, Neurological development

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la polución, impulsados principalmente por la quema de combustibles fósiles, la deforestación y las actividades industriales, amenazan la salud del planeta y sus habitantes.

Las sustancias químicas pueden alterar el desarrollo y las funciones del sistema nervioso de forma permanente. Estas alteraciones epigenéticas impactan los procesos neurobiológicos y la capacidad cognitiva. Según la OMS, 9 de cada 10 personas respiran aire contaminado, lo cual tiene un impacto significativo en la salud, provocando cambios fisiomorfológicos en el cerebro.

El propósito de este estudio es analizar la influencia de la contaminación ambiental en el desarrollo neurológico, identificar los principales contaminantes ambientales y evaluar su impacto en el neurodesarrollo, teniendo en cuenta la edad, el sexo y otros factores de riesgo.

2. MARCO CONCEPTUAL

La contaminación ambiental se relaciona con la disminución de la capacidad cognitiva y problemas de memoria. La exposición a contaminantes del aire afecta el cerebro y está asociada con el desarrollo de enfermedades neurológicas y problemas cognitivos, lo que subraya la necesidad de investigar su vínculo con la hiperactividad y dificultades de aprendizaje (EuroHealthNet Magazine; Soziable).

La exposición a metales pesados y contaminantes del aire, durante el embarazo se asocia con efectos adversos en el desarrollo neurológico infantil, incluyendo problemas de atención y reducción de la inteligencia. Estos efectos pueden ser permanentes, destacando la relevancia de la salud ambiental en el bienestar infantil (Cáceres-Sánchez et al., 2018; Rodríguez AM).

La exposición a microplásticos ha emergido como un problema de salud pública, dado su potencial para causar inflamación, alterar el sistema endocrino y generar neurotoxicidad. Durante el embarazo, la exposición a microplásticos puede tener efectos teratogénicos, lo que resalta la necesidad de investigar más sobre cómo estos contaminantes afectan el desarrollo fetal y la salud infantil (Browne et al., 2011; Wright & Kelly, 2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es descriptivo observacional, con un enfoque cuantitativo, y se realizó entre los meses de diciembre de 2023 hasta marzo 2024. El análisis se enfocó en los niveles de exposición a partículas finas (PM10 y PM2.5) y su impacto en el neurodesarrollo.

Este se basó en una revisión sistemática de literatura científica registrada en las bases de datos PubMed y PMC NCBI. Los estudios se clasificaron de acuerdo con los objetivos de las variables de la investigación: desarrollo neurológico, principales contaminantes ambientales, problemas del sistema respiratorio y otros factores de riesgo.

Se analizaron los niveles anuales de partículas finas en microgramos por ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de 14 países de América Latina desde 2010 hasta 2019. Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son el material particulado (PM) con un diámetro de 10 micras o menos. Las directrices de la OMS sobre la calidad del aire recomiendan una exposición máxima de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las

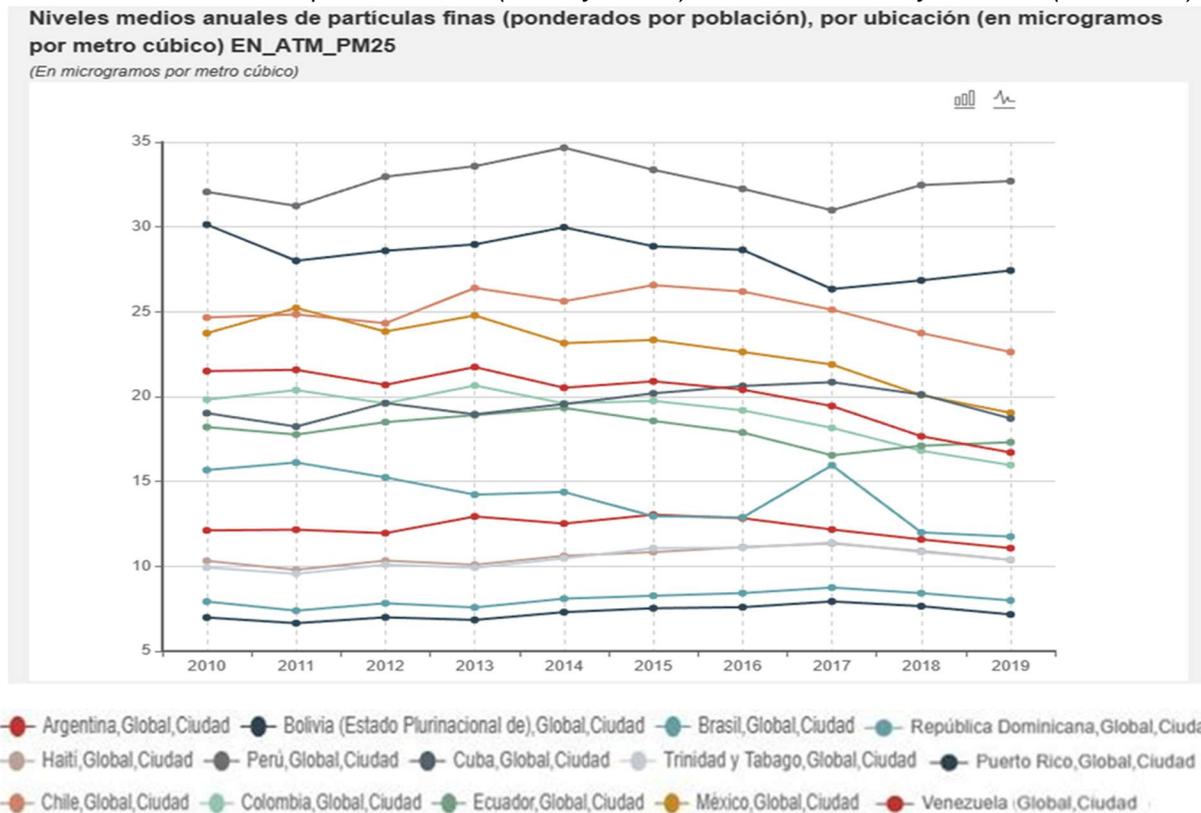
PM10 y una mínima de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM2.5, basado en las evidencias de los efectos de estos sobre la salud.

Para realizar este análisis, seleccionamos 14 países mediante muestreo por conveniencia, basado en la disponibilidad y consistencia de los datos. Utilizamos Python 3.9, y las librerías Pandas, NumPy, Scikit-learn y Matplotlib para calcular la varianza y realizar análisis estadísticos mediante ANOVA. Esto permitió examinar la relación entre los niveles anuales de partículas finas en el aire (PM2.5) y las estimaciones de años de vida ajustados por discapacidad (DALYs). Las pruebas analíticas nos ayudaron a determinar la significancia de los resultados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1

Niveles medios anuales de partículas finas (PM10 y PM2.5) en América Latina y el Caribe (2010-2019)



Fuente: CEPALSTAT- CEPAL- NACIONES UNIDAS

Se analizaron los niveles medios anuales de partículas finas en microgramos por metro cúbico, de 14 países de América Latina y el Caribe desde el 2010-2019. Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son material particulado (PM) con un diámetro de 10 micras o menos. Las directrices de la OMS sobre la calidad del aire recomiendan una exposición máxima de 20 mg/m^3 para las PM₁₀ y una exposición máxima de 10 mg/m^3 para las PM_{2.5}, basado en las evidencias de los efectos sobre la salud de la exposición a la contaminación del aire ambiente.

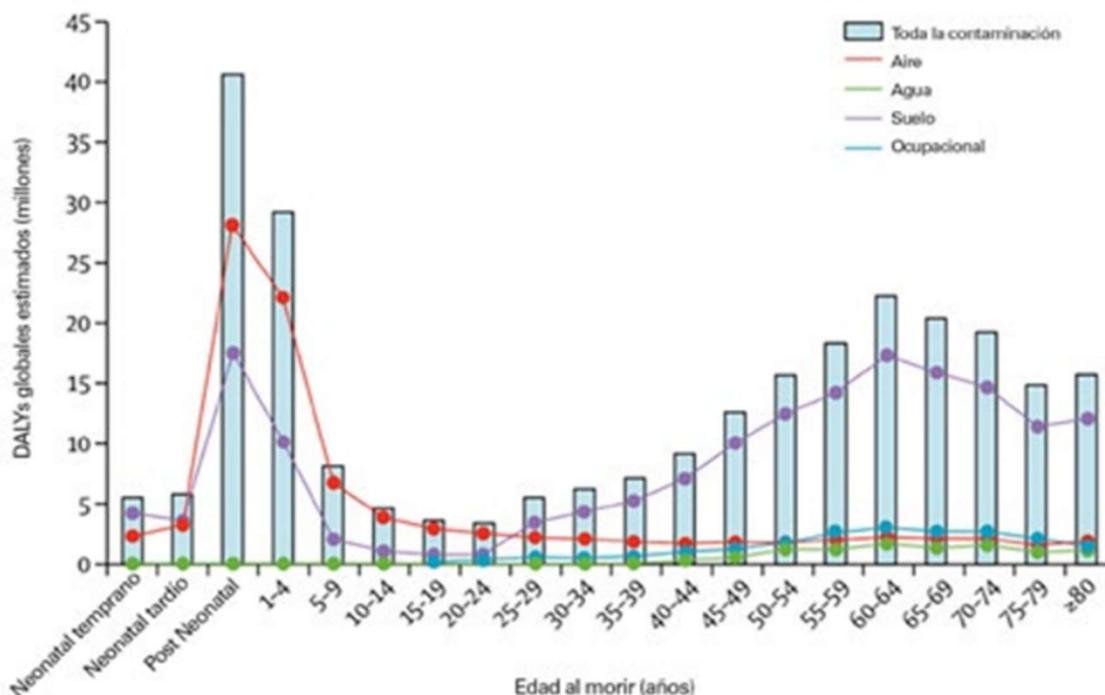
De los 14 países, Perú, Bolivia y Chile han mantenido los niveles medios de partículas finas anual por encima de 20 ug/m^3 . Encontrándose Chile en el puesto número 1 de los países de Latinoamérica con mayor prevalencia de enfermedades neurodegenerativas.

Si comparamos el 2010 y 2019, en la mayoría de los países, hubo un descenso en los niveles anuales de partículas finas.

Los 5 países con mejor calidad de aire en los últimos 9 años, se encuentran Puerto Rico, República Dominicana, Cuba, Argentina, Trinidad y Tobago y Haití. Los países que tienen menores niveles medios de partículas finas anuales por debajo de 20 ug/m³, mejor es la calidad del aire.

Figura 2

Años de vida ajustados por discapacidad relacionados con la contaminación del aire según factor de riesgo y edad al fallecer



Fuente: Elaboración propia con datos de DALY's

La exposición de la mujer embarazada a la contaminación del aire afecta en gran medida no solo a la salud del feto sino también al bienestar de la madre. Por eso los niños son muy vulnerables a los impactos de la contaminación del aire debido a la exposición temprana desde su desarrollo en el embarazo. Esto refleja en los niveles de muertes y de años de vida ajustados por discapacidad, relacionados con la contaminación del aire.

Se observó un mayor riesgo en la descendencia de padres de edad avanzada, especialmente hombres. Además, la dieta de la madre durante el embarazo puede influir en el desarrollo neurológico del feto, estas también debido a roles sociales y económicos, experimentan una mayor exposición a contaminantes del aire tanto en interiores como en exteriores, lo que las hace más vulnerables.

Los primeros cinco años de vida son un período crítico para el desarrollo del cerebro y la mente. La exposición a factores de riesgo durante este tiempo puede tener consecuencias duraderas y aumentar el riesgo de estas enfermedades.

De los 14 países, Perú, Bolivia y Chile han mantenido los niveles anuales de partículas finas por encima de 20 µg/m³. Chile ocupa el primer lugar entre los países de Latinoamérica con mayor prevalencia de enfermedades neurodegenerativas.

Los recién nacidos y los niños son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire. Todos los días, cerca del 93% de los niños (es decir, 1800 millones de niños y niñas)

respiran aire contaminado que pone en peligro su salud y su crecimiento. De acuerdo con la OMS, 600 000 niños murieron en 2016 a causa de infecciones respiratorias agudas. La exposición durante el embarazo y la infancia puede tener consecuencias graves para el desarrollo neurológico, incluyendo: Disminución del coeficiente intelectual (CI), déficit de atención e infecciones respiratorias graves. Entre los contaminantes ambientales que afectan el desarrollo neurológico encontramos; Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), Monóxido de carbono (CO) y Dióxido de carbono (CO₂) los mismos pueden ingresar al torrente sanguíneo de la madre durante el intercambio gaseoso pulmonar y afectar el desarrollo del cerebro del feto. Existe una relación entre la crisis climática causada por la contaminación ambiental y el desarrollo de enfermedades neurocognitivas. El sistema de salud debe abordar los retos asociados a esta situación.

El análisis reveló que países como Perú, Bolivia y Chile presentan niveles de partículas finas (PM_{2.5}) que exceden los límites recomendados por la OMS, lo que se correlaciona con un aumento en la prevalencia de problemas neurológicos, especialmente en niños. En Chile, por ejemplo, los niveles de PM_{2.5} son de los más altos en la región, y también exhibe una alta prevalencia de enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y Parkinson. También identificamos una relación entre la contaminación y niveles alterados de glutamato en el cerebro, lo que podría estar vinculado al estrés oxidativo e inflamación provocados por la exposición a PM₁₀ y PM_{2.5}. Este desequilibrio en los niveles de glutamato puede afectar funciones cognitivas clave como la memoria, el aprendizaje y la atención, y podría estar relacionado con un mayor riesgo para el feto en el periodo de gestación para desarrollar enfermedades como autismo y trastorno por déficit de atención (TDAH).

Entre las principales limitaciones se encuentra la falta de bases de datos homogéneas y actualizadas en todos los países de la región. Esto limitó nuestra capacidad de realizar análisis correlacionales más profundos. Además, la transparencia en la recolección de datos sobre salud pública varía de un país a otro, lo que representa un obstáculo para futuras investigaciones.

5. CONCLUSIONES

La exposición a partículas finas, particularmente PM₁₀ y PM_{2.5}, representa un riesgo significativo para el desarrollo neurológico, especialmente en etapas críticas como la infancia y la gestación. Estas partículas contaminantes, también se asocian con un aumento en la prevalencia de enfermedades neurodegenerativas. Los hallazgos destacan la necesidad de adoptar medidas urgentes para reducir la contaminación ambiental y proteger la salud de las poblaciones más vulnerables. En base a los resultados sería oportuno promover el uso de energías renovables, implementar políticas públicas más estrictas para regular las emisiones contaminantes y expandir las áreas verdes mediante programas de reforestación, ya que estas medidas podrían reducir significativamente la exposición a partículas finas y mitigar sus efectos en la salud neurológica. Futuros estudios deberían centrarse en los mecanismos biológicos que subyacen a estos efectos y en cómo las políticas públicas efectivas pueden mitigar el impacto de la contaminación en el desarrollo neurológico.

REFERENCIAS

- Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, 389, 1907–1918.
- Barouki, R., Gluckman, P. D., Grandjean, P., Hanson, M., & Heindel, J. J. (2012). Developmental origins of non-communicable disease: implications for research and public health. *Environmental Health*, 11, 42.
- Cáceres-Sánchez, L., Coca-Salazar, A., & Boitrelle, F. (2018). Origen temprano de las enfermedades: evidencias de la relación entre la exposición in útero a contaminantes

- atmosféricos y la salud post-natal. *RevActaNova*, 8(3), 290–306. Recuperado el 1 de abril de 2024, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100003
- Chavatte-Palmer, P., Vialard, F., Tarrade, A., Dupont, C., Duranthon, V., & Lévy, R. (2016). DOHaD et programmation pré- et péri-conceptionnelle. *Médecine/Sciences*, 32, 57–65.
- Córdoba, R., Clemente, L., & Aller, A. (2003). Informe sobre el tabaquismo pasivo. *Atención Primaria*, 31, 181-190.
- Delpierre, C., Lepeule, J., Cordier, S., Slama, R., Heude, B., & Charles, M. (2016). DOHaD. *Médecine/Sciences*, 32, 21–26.
- Determinantes Sociales y Ambientales para la Equidad en la Salud. (n.d.). Paho.org. Recuperado el 1 de abril de 2024, de <https://www.paho.org/es/determinantes-sociales-ambientales-para-equidad-salud>
- Ellwood, P., Asher, M. I., Beasley, R., Clayton, T. O., & Stewart, A. W. (2005). The international study of asthma and allergies in childhood (ISAAC): phase three rationale and methods. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 9(1), 10-16.
- Gisbert, J. A., & Ortega García, E.E.V. (n.d.). Alteraciones del desarrollo neurológico y medio ambiente. Gob.es. Recuperado el 1 de abril de 2024, de <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/alteracionesDesarrolloNeurologicoMedioAmbiente.pdf>
- Más del 90% de los niños del mundo respiran aire tóxico a diario. (2018). Who.int. Recuperado el 1 de abril de 2024, de <https://www.who.int/es/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day>
- Ochberg, Z., Feil, R., Constancia, M., Fraga, M., Junien, C., Carel, J. C., Boileau, P., Le Bouc, Y., Deal, C. L., Lillycrop, K., et al. (2011). Child health, developmental plasticity, and epigenetic programming. *Endocrine Reviews*, 32, 159–224.
- Smith, K. R., Corvalan, C. F., & Kjellstrom, T. (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 10(5), 573-584.
- Vargas, M. F. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 117–127. Recuperado el 1 de abril de 2024, de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200001
- Weisskopf, M. G., Kioumourtzoglou, M.-A., & Roberts, A. L. (2015). Air Pollution and Autism Spectrum Disorders: Causal or Confounded? *Current Environmental Health Reports*, 2, 430–439.

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2024 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2024 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.