

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2025-85>

EXPOSICIÓN AL PLOMO Y DESARROLLO COGNITIVO INFANTIL TEMPRANO EN AMÉRICA LATINA: ESTUDIO ECOLÓGICO BASADO EN FUENTES SECUNDARIAS CON ÉNFASIS EN REPÚBLICA DOMINICANA

Massih Montero, Wendy Melissa

Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)
Santo Domingo, República Dominicana
massihmelissa@outlook.es

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2824-0923>

Morales Peña, Mercedes María

Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)
Santo Domingo, República Dominicana
dramercedesmoralesp@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7692-8431>

Muñoz Montas, Oniela Francheska

Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)
Santo Domingo, República Dominicana
oniela0403@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1660-2806>

RESUMEN

El plomo es una neurotoxina ambiental que afecta el desarrollo cognitivo infantil, incluso a bajos niveles de exposición. Este estudio transversal de tipo ecológico utilizó datos secundarios abiertos para analizar la relación entre la exposición infantil al plomo ($BLL \geq 5 \mu\text{g/dL}$) y el desarrollo cognitivo temprano (ECDI) en niños de 36 a 59 meses en cinco países latinoamericanos: República Dominicana, Costa Rica, Colombia, Ecuador y El Salvador. Se emplearon datos del informe The Toxic Truth (UNICEF y Pure Earth, 2020), las encuestas MICS y World Bank Open Data. Se realizaron análisis descriptivos, correlaciones bivariadas y un modelo de regresión lineal múltiple incluyendo como variables de control: pobreza extrema, acceso a agua potable, asentamientos precarios y PIB per cápita. El 68 % de los niños presentaban niveles elevados de plomo en sangre, con un ECDI promedio de 0.78. Aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, se observó una tendencia negativa entre la exposición al plomo y el desarrollo cognitivo ($\beta = -0.0010$), así como con la pobreza extrema ($\beta = -0.0045$). Estos hallazgos subrayan la importancia de fortalecer los sistemas de vigilancia ambiental y promover políticas públicas para proteger la salud neurológica infantil.

Palabras clave: Desarrollo infantil, exposición ambiental, Latinoamérica, neurotoxicidad, plomo.

ABSTRACT

Lead is an environmental neurotoxin that affects child cognitive development, even at low exposure levels. This cross-sectional ecological study used open secondary data to analyze the relationship between childhood lead exposure ($BLL \geq 5 \mu\text{g/dL}$) and early cognitive development (ECDI) in children aged 36 to 59 months across five Latin American countries: Dominican

Republic, Costa Rica, Colombia, Ecuador, and El Salvador. Data sources included The Toxic Truth report (UNICEF and Pure Earth, 2020), MICS surveys, and World Bank Open Data. Descriptive analyses, bivariate correlations, and a multivariate linear regression model were conducted. Control variables included extreme poverty, access to drinking water, informal settlements, and GDP per capita. Approximately 68% of children showed elevated blood lead levels, and the average ECDI was 0.78. Although no statistically significant associations were found, a negative trend was observed between lead exposure and cognitive development ($\beta = -0.0010$), as well as extreme poverty ($\beta = -0.0045$). These findings highlight the need to strengthen environmental surveillance systems and promote public policies aimed at protecting children's neurological health.

Keywords: Child development, environmental exposure, Latin America, lead, neurotoxicity.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo cognitivo temprano es un proceso fundamental en la vida del ser humano, especialmente durante los primeros años, donde el cerebro se encuentra en una etapa de alta plasticidad y vulnerabilidad. Sin embargo, en muchos contextos de América Latina, factores ambientales y sociales siguen representando amenazas significativas para este desarrollo. Uno de los principales contaminantes de preocupación global es el plomo, una neurotoxina ambiental cuyas fuentes de exposición persisten en entornos empobrecidos. Su presencia en el organismo infantil, incluso a niveles bajos, se ha relacionado con déficits en el aprendizaje, el lenguaje y el comportamiento (UNICEF & Pure Earth, 2020). Este estudio se propuso analizar la relación ecológica entre la exposición ambiental al plomo y el desarrollo cognitivo infantil temprano, centrándose en países latinoamericanos con datos comparables. La hipótesis planteada sugiere que a mayor exposición nacional al plomo, menor será el desempeño cognitivo promedio medido por el Índice de Desarrollo Infantil Temprano (ECDI).

2. MARCO CONCEPTUAL

El desarrollo cognitivo infantil temprano se refiere al proceso mediante el cual los niños pequeños adquieren habilidades relacionadas con el lenguaje, la memoria, la motricidad, la atención, la resolución de problemas y la autorregulación. Estos procesos son altamente influenciados por factores genéticos, nutricionales, sociales y ambientales (UNICEF, 2019). En este sentido, la exposición al plomo ha sido ampliamente documentada como un agente neurotóxico que afecta la estructura y función del sistema nervioso central, especialmente en la infancia, cuando la barrera hematoencefálica es más permeable (Needleman et al., 1990; WHO, 2010).

El plomo puede ingresar al organismo a través del aire contaminado, el agua, el suelo o alimentos en contacto con materiales plomados, y se acumula en los huesos, tejidos blandos y, en particular, en el cerebro (Flora et al., 2012). Numerosos estudios han mostrado que incluso niveles relativamente bajos de plomo en sangre (por debajo de los 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$, e incluso $\leq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$) pueden provocar disminución del coeficiente intelectual, alteraciones del lenguaje, problemas de conducta, y déficit de atención en los niños (Lanphear et al., 2005; CDC, 2021).

La situación en América Latina es particularmente preocupante debido a la existencia de múltiples fuentes de exposición ambiental, como el reciclaje informal de baterías, residuos industriales no regulados, emisiones vehiculares, uso de pinturas con plomo y el almacenamiento inadecuado de desechos tóxicos (UNICEF & Pure Earth, 2020). En este contexto, el informe The Toxic Truth estimó que alrededor de 1 de cada 3 niños en el mundo tiene niveles de plomo en sangre iguales o superiores a 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$, con tasas especialmente altas en regiones de bajos ingresos.

Además, la pobreza, la baja escolaridad de los cuidadores y las condiciones precarias de vivienda actúan como factores de riesgo sinérgicos que no solo aumentan la exposición al plomo, sino que también limitan las oportunidades de desarrollo integral en la infancia (Walker et al., 2007; Córdoba-Gamboa et al., 2020). Por tanto, el análisis de variables de control como el PIB per cápita, el acceso a agua potable, los asentamientos precarios y la pobreza extrema resulta esencial para comprender el impacto real del plomo sobre el desarrollo cognitivo.

Por lo tanto, el siguiente estudio propone una hipótesis ecológica: a mayor exposición nacional estimada al plomo, menor será el promedio de desarrollo cognitivo temprano en la población infantil, incluso al controlar por factores estructurales contextuales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio ecológico, observacional y de corte transversal, fundamentado exclusivamente en el análisis de fuentes de datos secundarios de acceso público. El objetivo fue explorar la posible asociación entre la exposición ambiental al plomo y el desarrollo cognitivo infantil temprano en cinco países latinoamericanos: República Dominicana, Costa Rica, Colombia, Ecuador y El Salvador, seleccionados por tener datos comparables sobre las variables clave dentro de una misma ventana temporal (2018–2019).

El diseño del estudio fue cuantitativo, con un enfoque correlacional, y un alcance descriptivo-exploratorio. Se trabajó a nivel nacional (país como unidad de análisis), utilizando indicadores agregados para cada variable.

Variables del estudio

- **Variable independiente (exposición):** Proporción estimada de niños con niveles de plomo en sangre (BLL) $\geq 5 \mu\text{g/dL}$, según el informe *The Toxic Truth* (UNICEF & Pure Earth, 2020).
- **Variable dependiente (resultado):** Puntaje promedio del Índice de Desarrollo Infantil Temprano (ECDI), reportado en las encuestas MICS (Multiple Indicator Cluster Surveys) en niños de 36 a 59 meses.
- **Variables de control:** Indicadores estructurales a nivel nacional: porcentaje de niños en pobreza extrema, porcentaje de viviendas en asentamientos informales, acceso a agua potable y PIB per cápita (USD).

Fuentes de datos utilizadas

- *UNICEF & Pure Earth (2020) – The Toxic Truth:* estimaciones nacionales de exposición infantil al plomo.
- *Encuestas MICS 2018–2019:* indicadores de desarrollo infantil y condiciones del hogar.
- *World Bank Open Data (2023):* datos económicos y sociales estructurales por país.

Procedimiento y análisis

Se construyó una base de datos integrada en Microsoft Excel 365, y el análisis estadístico se realizó en R (versión 4.3). Se llevó a cabo:

- **Análisis descriptivo:** media, mediana, desviación estándar y proporciones.
- **Análisis bivariado:** correlaciones de Pearson entre la exposición al plomo, el ECDI y cada variable de control.
- **Modelo multivariado:** regresión lineal múltiple para estimar el efecto ajustado del plomo sobre el desarrollo cognitivo, incluyendo las variables de control.

Debido al pequeño tamaño de la muestra ($n = 5$ países), se privilegió una interpretación descriptiva de los hallazgos. No se aplicaron técnicas de imputación ni análisis de sensibilidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis descriptivo se observó que, en promedio, el 68 % de los niños presentaban niveles elevados de plomo en sangre ($BLL \geq 5 \mu\text{g/dL}$), con un valor medio del Índice de Desarrollo Infantil Temprano (ECDI) de 0.78. La República Dominicana fue el país con mayor prevalencia de plomo (74.6 %) y el ECDI más bajo (0.72), mientras que Costa Rica mostró los mejores resultados, con solo un 59.6 % de prevalencia y un ECDI de 0.85.

En el análisis bivariado, se encontró una correlación negativa entre la exposición al plomo y el ECDI ($r = -0.31$), aunque esta asociación no alcanzó significancia estadística. Asimismo, se evaluaron correlaciones entre variables contextuales y el desarrollo cognitivo: PIB per cápita ($r = 0.45$) y acceso a agua potable ($r = 0.28$), también sin relevancia estadística.

Posteriormente, se ajustó un modelo de regresión lineal múltiple, incluyendo como predictores la proporción nacional de niños con plomo elevado y el porcentaje de pobreza extrema. Este modelo explicó el 79 % de la varianza del desarrollo cognitivo ($R^2 = 0.790$), aunque no se encontraron coeficientes estadísticamente significativos ($p = 0.210$). No obstante, los signos de los coeficientes sugieren una tendencia negativa: a mayor exposición al plomo y mayor pobreza extrema, menor puntaje promedio de desarrollo cognitivo.

Tabla 1

Modelo de regresión lineal múltiple para estimar el efecto del plomo y la pobreza extrema sobre el ECDI

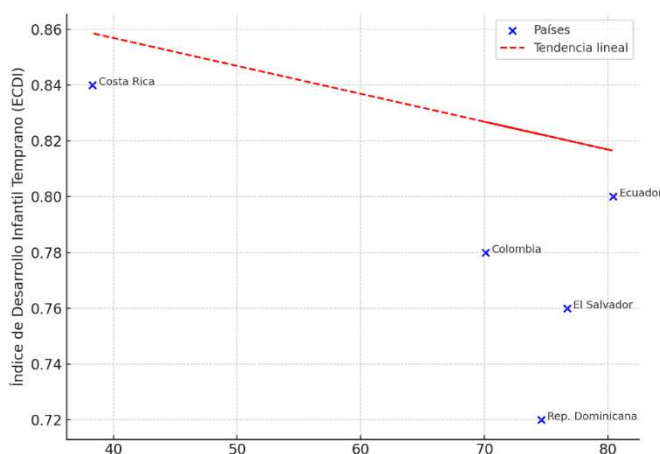
Variable	Coficiente (β)	Error estándar	Valor p
Constante	0.850	0.128	0.035
Plomo ($BLL \geq 5 \mu\text{g/dL}$)	-0.0010	0.0006	0.240
Pobreza extrema (%)	-0.0045	0.0018	0.156

Nota. Modelo ajustado con dos predictores. $R^2 = 0.790$. Nivel de significancia: $p < 0.05$.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de UNICEF y Pure Earth (2020), MICS y World Bank Open Data (2023).

Figura 1

Relación entre exposición al plomo ($BLL \geq 5 \mu\text{g/dL}$) y ECDI en cinco países latinoamericanos



Nota. Se observa una tendencia decreciente entre la proporción de niños con niveles elevados de plomo en sangre y los puntajes promedio del ECDI.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de UNICEF y Pure Earth (2020), MICS y World Bank Open Data (2023).

5. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación, aunque no estadísticamente significativos, sugieren una tendencia negativa entre la exposición ambiental al plomo y el desarrollo cognitivo infantil temprano en los países analizados. Esta relación es coherente con la literatura científica que documenta los efectos neurotóxicos del plomo, incluso en niveles considerados bajos. El modelo multivariado mostró que tanto la exposición al plomo como la pobreza extrema podrían estar relacionadas con un menor desarrollo cognitivo, lo que subraya la necesidad de intervenciones estructurales que combinen el control ambiental con mejoras en las condiciones socioeconómicas. La situación de República Dominicana, con una de las mayores prevalencias de plomo infantil y los puntajes más bajos de desarrollo, pone en evidencia la urgencia de establecer sistemas de vigilancia ambiental, monitoreo biomédico infantil y políticas públicas que prioricen la infancia como eje central del desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Bellinger, D. C. (2013). Prenatal exposures to environmental chemicals and children's neurodevelopment: An update. *Safety and Health at Work*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.5491/SHAW.2013.4.1.1>
- Black, M. M., Walker, S. P., Fernald, L. C. H., Andersen, C. T., DiGirolamo, A. M., Lu, C., ... & Grantham-McGregor, S. (2017). Early childhood development coming of age: science through the life course. *The Lancet*, 389(10064), 77–90. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31389-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31389-7)
- Córdoba-Gamboa, M., Ortiz-Hernández, L., Perea, F., & Rojas, R. (2019). Plomo y desarrollo infantil: niveles de exposición y desempeño cognitivo en niños mexicanos. *Salud Pública de México*, 61(2), 134–143. <https://doi.org/10.21149/9995>
- Fewtrell, L. J., Kaufmann, R. B., Prüss-Üstün, A., & Corvalán, C. (2003). Lead: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. *Environmental Burden of Disease Series*, No. 2. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42570>
- Grandjean, P., & Landrigan, P. J. (2014). Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *The Lancet Neurology*, 13(3), 330–338. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70278-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70278-3)
- McMichael, A. J., Baghurst, P. A., Wigg, N. R., Vimpani, G. V., Robertson, E. F., & Roberts, R. J. (1988). Port Pirie cohort study: environmental exposure to lead and children's abilities at the age of four years. *The New England Journal of Medicine*, 319(8), 468–475. <https://doi.org/10.1056/NEJM198808253190805>
- UNICEF & Pure Earth. (2020). *The Toxic Truth: Children's exposure to lead pollution undermines a generation of future potential*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. <https://www.unicef.org/reports/toxic-truth>
- UNICEF. (2019). *Encuesta de Indicadores Múltiples por Conglomerados (MICS) – República Dominicana*. Oficina Nacional de Estadística (ONE) y UNICEF. <https://mics.unicef.org/>
- Villavicencio, R., González, S., & Espinoza, F. (2021). Exposición al plomo y deterioro neurocognitivo en niños: revisión sistemática de evidencia latinoamericana. *Revista Médica de Chile*, 149(8), 1151–1160. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872021000801151>
- Walker, S. P., Wachs, T. D., Grantham-McGregor, S., Black, M. M., Nelson, C. A., Huffman, S. L., ... & Richter, L. (2011). Inequality in early childhood: risk and protective factors for early

child development. The Lancet, 378(9799), 1325–1338. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60555-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60555-2)
World Bank. (2023). World Development Indicators. The World Bank Group.
<https://data.worldbank.org>

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 2025 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 2025 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.