

9. Factores de riesgo asociados a la exposición de plomo en la infancia¹



EDUARDO LUIS LECHUGA-RODRÍGUEZ*

DANIELA MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.397.09>

Resumen

La salud de los menores ha tomado relevancia desde hace algunas décadas debido a que la infancia determina en gran medida las condiciones de los individuos en su etapa adulta. En ese sentido la salud es uno de los aspectos más importantes, ya que determina el desarrollo físico, cognitivo y psicológico. La exposición de plomo en menores puede causar un grave daño en su salud, ralentiza el crecimiento, genera problemas de aprendizaje, auditivos y del habla. En el presente capítulo se examinan qué elementos de exposición se relacionan en mayor medida con niveles elevados de plomo en sangre, considerando la norma oficial mexicana de más de 5 µg/dL. Para ello se utilizó la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2023). Con base en los resultados de un modelo probabilístico binomial se determinó que la exposición a loza de barro vidriado de manera regular estuvo relacionada con niveles de plomo elevados en niños.

Palabras clave: *contaminación, exposición al plomo, intoxicación crónica, salud.*

Clasificación JEL: Q5; I1; I3.

¹ Este capítulo deriva del proyecto de investigación con número de registro 20251043, el cual es financiado por la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional.

* Doctor en Ciencias Económicas. Profesor investigador en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3769-5008> ; scopus: 57667692400 ; correo electrónico: eluis_lechuga@hotmail.com

** Licenciada en Economía. Maestrante en Ciencias Económicas en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2613-8867>

Introducción

El plomo (Pb) pertenece al grupo de los metales pesados y abunda en el planeta, gracias a sus propiedades ha sido empleado a lo largo de la historia, no obstante, es un elemento tóxico con repercusiones relevantes en la salud. La exposición a este metal representa un importante riesgo para la salud de la población mundial, afectando principalmente en la infancia. Este elemento pesado está presente en objetos cotidianos, pinturas, cerámica vidriada, polvo ambiental y agua contaminada, y al ingresar al organismo humano, incluso en cantidades pequeñas, causa daños irreversibles. Los niños son particularmente sensibles a estos efectos, ya que su sistema nervioso todavía se encuentra en desarrollo.

Según el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), poco más de un millón de niños en México que viven en localidades con menos de 100 000 habitantes presentaron niveles altos de plomo en sangre, por lo cual están en riesgo de presentar efectos dañinos a su salud por la exposición a este metal. Un estudio reveló que 22 % de la población adquirió porciones elevadas de plomo en sangre, es decir, tuvieron valores superiores al límite estipulado por la Norma Oficial Mexicana 199-SSA1-2000, fijado en 5 microgramos (μg) de plomo por decilitro (dL) de sangre. Asimismo, el informe indicó que la mayor proporción de menores con niveles de plomo en sangre se encuentra en la región sur de México (cerca de 26 %), seguida por la región centro (20.7 %) y la región norte (9.8 %) (Téllez-Rojo et al., 2017).

La exposición infantil a este contaminante ha sido reconocida como un obstáculo silencioso para el desarrollo humano y social. La evidencia científica ha mostrado en los últimos años que la exposición al plomo no sólo genera efectos fisiológicos, como anemia, debilidad o retraso en el crecimiento, sino que también produce alteraciones neurológicas y cognitivas que afectan el desempeño escolar y las habilidades sociales, lo cual repercute en el pleno desarrollo de estos menores (Ordóñez-Iriarte, 2012; Figueroa et al., 2024).

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), publicada por el INSP (2024), ha permitido recabar información clave sobre

la presencia de plomo en la población infantil, lo que contribuye a dimensionar la magnitud del problema. A pesar de algunas regulaciones establecidas, persisten factores de tipo social y ambiental que incrementan el riesgo de exposición, sobre todo en hogares de bajos recursos. Este capítulo tiene como objetivo analizar el impacto de la exposición al plomo en menores de edad y explorar sus posibles implicaciones para el desarrollo económico, utilizando datos de la ENSANUT Continua 2023 y los límites por en la Norma Oficial Mexicana (NOM-199-SSA1-2000), en ese contexto se plantea la siguiente hipótesis: “La presencia en los hogares de miembros con empleos relacionados con el plomo, incrementa en mayor proporción la probabilidad de que los menores presenten niveles elevados de plomo en la sangre”. Para alcanzar el objetivo y validar la hipótesis se empleó un modelo logit que trata de discernir sobre cual de los elementos de exposición tiene mayor repercusión sobre los menores.

Efectos de la contaminación en la salud

En el 2024, la Organización Mundial de la Salud (OMS) advirtió sobre el grave impacto de la contaminación del aire en la salud global. Se estima que cada año alrededor de 4.2 millones de muertes prematuras son consecuencia a la contaminación del aire exterior, considerando también la contaminación doméstica, la cifra asciende a 6.7 millones. Contaminantes como las partículas finas, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre contribuyen a este problema, que se asocia con enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón y afectaciones respiratorias como el asma. La OMS ha señalado que no existe un nivel de exposición completamente seguro y que incluso a concentraciones bajas son peligrosas para la salud (OMS, 2024a, 2024b; OPS, 2024).

El plomo suele encontrarse en el suelo, sobre todos en zonas cercanas a carreteras, viviendas antiguas, huertos establecidos hace tiempo, áreas de minerías e industriales, así como en las proximidades de plantas de energía, incineradores, vertederos y sitios de desechos peligrosos. Las personas que habitan en sus alrededores están expuestas a este metal y a compuestos que lo contienen mediante la inhalación del aire contaminado, el con-

sumo de agua o la ingesta de alimentos (Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], 2020)

La población infantil representa el grupo con mayor afectación, ya que absorben plomo en proporciones mucho mayores que los adultos; se estima que pueden absorber entre cuatro y cinco veces más (OMS, 2021), alcanzando tasas de absorción de 40-50 % del plomo ingerido frente a 10-15 % que se observa en adultos (Bourgeois et al., 2024). Esta combinación de factores fisiológicos y conductuales coloca a la infancia en una situación de alto riesgo, especialmente cuando habitan o juegan en zonas cercanas a minas, fábricas o talleres de reciclaje.

El plomo circula por la sangre y se deposita principalmente en huesos y dientes, donde puede movilizarse durante el embarazo y afectar el desarrollo del feto. A su vez, las deficiencias de nutrientes esenciales como el calcio y el hierro incrementan la absorción de este metal, lo que hace que los niños con desnutrición presenten una susceptibilidad aun mayor a sus efectos tóxicos (Farías et al., 2014; Fruh et al., 2019).

Los niños menores de 6 años son especialmente susceptibles a la toxicidad del plomo, ya que su comportamiento exploratorio, como llevarse objetos a la boca, incrementa la probabilidad de ingerir tierra, polvo o restos de pintura que contienen plomo. Una vez ingresado al organismo, el plomo se distribuye hacia órganos como el cerebro, los riñones, el hígado y los huesos. También se almacena en dientes y huesos, asimismo, durante el embarazo puede reingresar al torrente sanguíneo, lo que representa un riesgo para el desarrollo fetal.

El plomo en el aire puede generarse de distintas maneras, destacando entre ellas la quema de gasolina que contiene este metal, la cual aún se emplea en algunos países pese a su conocida toxicidad. También proviene de fundiciones y fábricas de baterías, pinturas o cerámica, donde el metal se libera durante los procesos industriales. Otra fuente importante es la quema de basura o carbón, que libera partículas contaminantes al ambiente. Además, el polvo generado por pinturas antiguas con plomo puede quedar suspendido en el aire, especialmente en viviendas viejas mal mantenidas. Por último, en zonas industriales o mineras, el movimiento del suelo y los residuos también puede liberar polvo con contenido de plomo, afectando la condición del aire a que está expuesta la población cercana.

En las naciones en vías de desarrollo es frecuente el uso de Biomasa sólida (BMS) como combustible doméstico utilizado para cocinar alimentos o bien para calefacción, especialmente en hogares con ventilación insuficiente. La BMS puede provenir de madera, carbón vegetal o restos agrícolas como cáscara, hoja o estiércol seco, que generan durante su combustión contaminantes peligrosos como monóxido de carbono (CO), material particulado fino (PM 2.5, PM10), entre los cuales se encuentra el plomo y compuestos orgánicos volátiles. La exposición a estos contaminantes puede causar problemas respiratorios, sobre todo en mujeres y niños que pasan tiempo cerca del fuego (Carazo Fernández et al., 2012).

De acuerdo con Carazo Fernández, et al. (2012), los contaminantes pueden provenir de diferentes fuentes y situaciones, tanto en espacios interiores como exteriores, como se ilustra en la tabla 9.1.

Tabla 9.1. Principales fuentes de emisión y contaminación

<i>Situación</i>	<i>Fuentes de emisión</i>	<i>Contaminante</i>
Exterior	Producción industrial	CO ₂ , NO ₂ , NO, ozono,
	Vehículos de motor	Partículas, CO, NO ₂ , NO, plomo
	Suelo	Radón
Interior	Piedra, hormigón	Radón
	Compuestos de madera	Formaldehído, COV
	Aislamiento	Formaldehído, fibra de vidrio
	Ignífugos	Asbesto
	Pintura	COV, plomo
	Calefacción, cocinas	CO, CO ₂ , NO ₂ , NO, COV,
	Fotocopiadoras	Partículas
	Sistemas de ventilación	Ozono
		Microorganismos
	Actividad metabólica	CO ₂ , vapor de agua
	Actividad biológica	Microorganismos
	Tabaquismo	CO, partículas...
	Ambientadores	Fluoro carburos, olores
Limpieza	COV, olores	
Ocio, actividades artísticas	COV, olores	

donde CO: monóxido de carbono; CO₂: dióxido de carbono; COV: compuestos orgánicos volátiles; NO: monóxido de nitrógeno; NO₂: dióxido de nitrógeno.

Fuente: Carazo Fernández et al. (2012).

La OMS (2024) ha identificado al plomo como una de las 10 sustancias químicas más peligrosas para la salud pública, recomienda que los estados miembros adopten medidas para proteger especialmente a los trabajadores, niños y mujeres en edad reproductiva. Con este objetivo, la OMS ha desarrollado documentos orientados a la acción política y técnica, como la *Lead Paint Guidance for Employers* (OMS, 2021), el *Global elimination of lead paint: guidance for countries on legislation* (OMS, 2019) y el *Toolkit for establishing laws to eliminate lead paint* (OMS y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2020), además de materiales dirigidos a campañas para generar conciencia y formación profesional.

El plomo presenta efectos adversos sobre el sistema neurológico, cognitivo, cardiovascular, renal, hematológico, inmunológico, reproductivo y conductual (Fuller et al., 2022; Caravanos et al., 2014). En ese sentido, la infancia representa una etapa particularmente sensible a la exposición de este elemento.

De acuerdo con la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés, 2007), la exposición al plomo desde la gestación hasta la adolescencia puede ocasionar efectos graves sobre la salud. En Estados Unidos, la reducción progresiva del uso del plomo en combustibles, pinturas y soldaduras ha provocado una disminución considerable de los niveles sanguíneos de este metal en los niños. Sin embargo, se estima que aproximadamente 310 000 niños entre 1 y 5 años presentan concentraciones de plomo en sangre iguales o superiores a 10 µg/dL, umbral que el CDC considera inaceptable desde 2010.

Incluso antes de nacer, los niños pueden estar expuestos al plomo si sus madres han acumulado este metal en el cuerpo. También pueden ingerirlo al consumir alimentos, agua o leche materna contaminada, así como al jugar en suelos o manipular objetos contaminados con partículas de plomo. En viviendas antiguas, la pintura desprendida, así como el polvo y la tierra contaminados, representan fuentes habituales de exposición al plomo. Algunas de estas pinturas podían contener hasta un 50 % de plomo. (Hauptman, Bruccoleri, y Woolf, 2017)

Los efectos del plomo varían según la cantidad ingerida. Altas dosis pueden provocar anemia, daño renal, cólicos intensos, debilidad muscular, daño cerebral e incluso la muerte. En algunos casos, el tratamiento

médico puede reducir los niveles de plomo mediante el uso de quelantes. No obstante, exposiciones moderadas o bajas también pueden causar alteraciones en la sangre, el comportamiento y el desarrollo infantil. Aunque algunas de estas alteraciones pueden revertirse parcialmente, no hay garantías de evitar consecuencias permanentes. (Desye et al., 2023)

Aun con niveles bajos de exposición, el plomo puede repercutir en el desarrollo físico y cognitivo de los individuos. En mujeres embarazadas, se asocia con partos prematuros y bajo peso al nacer. La exposición intrauterina o durante la infancia temprana puede provocar una disminución del coeficiente intelectual (CI) y retrasos en el desarrollo, cuyas secuelas pueden perdurar más allá de la niñez.

La detección del plomo en niños representa un desafío, ya que incluso con niveles altos en sangre, los síntomas pueden no ser aparentes; por ello, los exámenes clínicos son esenciales. Existen pruebas específicas para medir plomo en sangre, y radiografías especiales para detectar acumulaciones en huesos, aunque estas últimas no son de uso rutinario (ATSDR, 2007).

La siguiente tabla resume los principales medios por los que se produce la exposición al plomo, la población afectada y sus fuentes comunes, adaptada del perfil toxicológico elaborado por la ATSDR (2007).

En la etapa infantil, el plomo puede afectar gravemente el desarrollo cerebral y del sistema nervioso. La exposición a este metal en los primeros años de vida puede causar retrasos cognitivos, problemas de aprendizaje y cambios en la conducta. Existe evidencia sólida que vincula la intoxicación por plomo con una reducción del coeficiente intelectual (CI), lapsos de atención más cortos, comportamiento agresivo e incluso una mayor propensión a conductas delictivas en etapas posteriores (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007).

Los daños neurológicos ocasionados por la exposición al plomo durante la infancia pueden ser permanentes y manifestarse a lo largo del ciclo vital. Estos afectan el desarrollo integral de las personas, generando discapacidad intelectual y física, lo que conlleva serias repercusiones sociales y económicas. A nivel familiar, esto se traduce en una menor productividad y menores ingresos. En el ámbito gubernamental, implica un aumento en los costos destinados a educación especial, atención médica y programas de protección social (Attina y Trasande, 2013).

Tabla 9.2. *Principales vías de exposición al plomo, población afectada y características*

<i>Vía de exposición</i>	<i>Población afectada</i>	<i>Fuentes comunes</i>	<i>Características principales</i>
Ingesta	Población general, especialmente niños	Pintura con plomo deteriorada, polvo y suelo contaminado, agua, alimentos, alcohol, remedios caseros	Principal vía de exposición para la población general. En niños, el contacto mano-boca con polvo contaminado es clave.
Inhalación	Trabajadores expuestos, población en países con gasolina con plomo	Emisiones industriales, renovación de viviendas, combustión de gasolina con plomo	Alta absorción pulmonar. Fue la principal vía hasta que se eliminó el plomo en la gasolina en Estados Unidos. Aún es relevante en ciertos países e industrias.
Cutánea (dérmica)	Trabajadores de industrias que manejan plomo	Contacto con plomo orgánico (ej. tetrametilo de plomo)	No significativa para la población general. El plomo orgánico se absorbe más fácilmente que el inorgánico. Afecta principalmente a trabajadores expuestos.
Endógena (interna)	Mujeres embarazadas, personas con deficiencia de calcio	Plomo previamente almacenado en huesos y dientes	El plomo almacenado puede liberarse en situaciones como embarazo, lactancia u osteoporosis, incrementando los niveles en sangre y afectando al feto en desarrollo.

Fuente: retomado de ATSDR (2007).

La Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, publicada en el Diario Oficial de la Federación (Secretaría de Salud, 2017), establece que concentraciones de plomo en sangre (PbS) iguales o superiores a 5 µg/dL deben considerarse como indicativas de intoxicación en niños, mujeres embarazadas y lactantes. Cabe señalar que este límite se fijó en el año 2017; previamente la norma establecía un valor máximo de 10 5 µg/dL (DOF, 2017). Además, esta norma contempla una serie de acciones de protección que deben implementarse cuando se detecten niveles elevados de plomo en estos grupos vulnerables. Adicionalmente, se han emitido otras normas relacionadas: la NOM-052-SEMARNAT-2005 (DOF, 2006), donde se clasifican los residuos que contienen plomo como peligrosos y regulan su manejo y disposición adecuados; la NOM-026-SSA1-2021 (DOF, 2021), en la que establecen criterios para medir la calidad del aire respecto a los niveles de plomo.

Además de los efectos sanitarios, la exposición al plomo durante la infancia también conlleva consecuencias económicas sustanciales para los países. Aunque existen múltiples estudios que han evaluado este impacto

en países desarrollados (Attina y Trasande, 2013; Gould, 2009; Lanphear et al., 2005), la evidencia sobre cómo el plomo impacta a países con ingresos bajos y medios, incluido México, es limitada. En este sentido, un estudio reciente utilizó datos nacionales sobre niveles de plomo en sangre en niños de entre 1 y 4 años para estimar las pérdidas económicas asociadas con la reducción de la capacidad cognitiva causada por esta exposición (Figueroa et al., 2024).

Según Figueroa et al. (2024), la exposición al plomo provoca, en promedio, una reducción de más de cuatro puntos en el coeficiente intelectual (CI) de cada niño, lo que repercute en una menor productividad durante su vida laboral. En conjunto, estas pérdidas se estiman en aproximadamente 2.76 % del producto interno bruto (PIB). Es importante señalar que, en algunos estados, aunque los niveles promedio de plomo sean relativamente bajos, las pérdidas económicas pueden ser mayores debido a que su menor desarrollo humano amplifica el impacto de la exposición. Esto muestra que los efectos del plomo son complejos, lo que exige diseñar estrategias adaptadas a las condiciones específicas de cada región. Abordar este problema no sólo representa una necesidad sanitaria y social, sino también una inversión estratégica para el desarrollo económico del país.

Estado del arte

La exposición al plomo en México tiene sus raíces en actividades que comenzaron durante la primera década del siglo XVI, cuando los esmaltes o vidriados con base de óxido de plomo (conocidos como greta) se empleaban como una forma eficiente para impermeabilizar piezas de alfarería, especialmente en recipientes elaborados de barro para almacenar, cocinar o servir alimentos de barro. El doctor Gustavo Ruiz Sandoval advirtió por primera vez, en 1878, que algunos padecimientos como inflamación de abdomen, vómitos, diarreas, rectitis, entre otros estaban asociados al envenenamiento por plomo (Martínez-Juárez, 2023).

En gran parte del siglo XX, el plomo fue empleado de manera generalizada sin que existiera una conciencia clara de sus efectos tóxicos, particularmente en menores de edad, quienes son más vulnerables a sus conse-

cuencias neurológicas, cognitivas y físicas. Desde la década de 1990 se empezaron a aplicar medidas para disminuir su uso, como la reducción progresiva del uso del plomo en la gasolina; todavía persisten múltiples fuentes de exposición, especialmente en comunidades rurales y marginadas, donde continúan empleándose esmaltes con plomo en utensilios domésticos, y donde el acceso a la información, al monitoreo ambiental y a servicios de salud es limitado.

A nivel nacional se han documentado diversos casos de intoxicación por plomo, muchos de los cuales han afectado de forma directa a niñas y niños. En algunas comunidades, se ha identificado una correlación entre el uso de barro vidriado en la preparación de alimentos y niveles elevados de plomo en la sangre infantil. Por ejemplo, en Morelos, la prevalencia de plomo elevado en sangre ($>5 \mu\text{g/dL}$) en recién nacidos fue de 14.7 %, y alcanzó 22.2 % en zonas marginadas, asociándose este resultado al uso de barro vidriado durante el embarazo (Téllez-Rojo et al., 2017). Asimismo, en una comunidad rural de Baja California, más de 80 % de los hogares utilizaban utensilios de barro vidriado. Después de implementar envases sin plomo en 2006, se evidenció que esta era una fuente significativa de contaminación infantil persistente (Welton et al., 2018).

Un estudio realizado por el Lead Exposure Elimination Project (LEEP, 2025) mostró que un tercio de las marcas de pintura doméstica en la Ciudad de México presenta niveles peligrosos de plomo, superando en algunos casos las 10000 ppm, muy por encima del límite recomendado por la OMS de 90 ppm. Esta situación constituye un riesgo significativo para la salud, sobre todo en la población infantil, al afectar su desarrollo cognitivo y físico. Aunque las pinturas a base de agua no presentaron niveles altos de plomo, muchas pinturas con base solvente aún lo utilizan. LEEP colabora con el gobierno y la industria para actualizar normativas y promover alternativas sin plomo.

También se han reportado situaciones en zonas cercanas a minas o fundidoras, donde la contaminación ambiental por metales pesados ha alcanzado niveles preocupantes. Manzanares-Acuña et al. (2006) midieron la concentración de plomo en niños, mujeres embarazadas o en lactancia, así como en el suelo, plantas, ceniza y barro vidriado a lo largo de un año. Los resultados mostraron que 90 % de los niños presentaba niveles dentro de los límites aceptables según la normativa mexicana (NOM), sin embar-

go, se identificaron niveles extremadamente altos de contaminación en los terrenos cercanos a la empresa, con concentraciones de plomo en el suelo de hasta 84 238 $\mu\text{g/g}$. Además, se detectaron valores elevados en el barro vidriado y en las plantas, lo que constituye una fuente adicional de exposición a través de alimentos contaminados. Estos hallazgos evidencian que, aunque los niveles bajos de plomo pueden tener efectos perjudiciales para la salud, particularmente en poblaciones vulnerables.

La salud de los niños que residen cerca de zonas mineras puede verse gravemente afectada por la exposición al plomo, especialmente al reducir la hemoglobina en su sangre, lo que provoca anemia. Esta situación es preocupante porque la anemia puede causar fatiga, debilidad y afectar el crecimiento y desarrollo infantil (Lazón et al., 2024).

La exposición al plomo en México tiene un impacto socioeconómico significativo, principalmente debido a los efectos negativos en la salud, especialmente en el desarrollo infantil, y a las pérdidas económicas asociadas. Se estima que el costo total del daño causado por el plomo en México asciende a 33 millones de dólares, afectando el PIB y la productividad del país (Figueroa et al., 2024).

Si bien la exposición en menores es una situación que requiere atención, la presencia de este elemento en recién nacidos es aún más preocupante. Téllez-Rojo et al. (2017) evaluaron la prevalencia de intoxicación por plomo al nacer en el estado de Morelos, analizando su distribución según el nivel de marginación y su relación con el uso de barro vidriado. Se midieron los niveles de plomo en sangre (PbS) en el cordón umbilical en una muestra representativa de 300 recién nacidos atendidos por los servicios de salud pública de esa entidad. La prevalencia de IPb, definida como PbS mayor a 5 $\mu\text{g/dL}$, fue de 14.7 %, alcanzando 22.2 % en municipios con mayor marginación. Además, 57.1 % de las madres utilizaron barro vidriado durante el embarazo, y este uso se asoció de manera significativa a niveles elevados de PbS. Este estudio es uno de los primeros en documentar la proporción de recién nacidos con intoxicación por plomo que están en riesgo de sufrir efectos adversos, por lo que se recomienda el monitoreo de los niveles de plomo al nacimiento y la implementación de acciones para reducir la exposición, especialmente en comunidades marginadas.

De acuerdo con Figueroa et al. (2024), el INSP demostró que la exposición al plomo repercute los niños en México y que genera una pérdida promedio de 4.14 puntos en el coeficiente intelectual (CI), alcanzando hasta 6.42 puntos en los casos más severos. Esta disminución en la función cognitiva se traduce en una pérdida económica significativa: se estima que, en promedio, cada niño perderá 8.3 % de sus ingresos a lo largo de su vida, lo que representa un impacto económico total cercano a los 33 000 millones de dólares, equivalentes a 2.76 % del PIB de México. Aunado a ello, se identificó que los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero registran los impactos más significativos, alcanzando hasta 7 % de su PIB estatal.

También se observó que la exposición al plomo en México se concentra principalmente en el uso de loza de barro vidriado, con un impacto especial en poblaciones rurales, indígenas y con altos índices de carencias sociales (Téllez-Rojo et al., 2024).

Datos

La fuente de información para el presente análisis es la ENSANUT con los datos disponibles del año 2023 cuyas unidades de estudio son el hogar, utilizadores de servicios de salud, adultos, adolescentes, escolares y preescolares, siendo estos últimos la población objetivo del presente.

La muestra de la ENSANUT fue de 5 965 hogares, esto fue cerca de 20 000 personas utilizando el factor de ponderación, estas cifras ascienden a 37 632 474 hogares y la población a 129 810 826 habitantes, respectivamente (ENSANUT, 2023).

La encuesta reveló algunos datos respecto a la salud de los menores los cuales se enlistan en la siguiente tabla, considerando las preguntas realizadas.

En términos generales, los datos indican que los menores mexicanos se muestran sanos, no obstante, 23.2 % de los menores padecieron alguna enfermedad en vías respiratorias.

Desagregando los datos por estrato en rural (menos, de 2 500 habitantes), urbano (entre 2 500 y 99 999 habitantes) y metropolitano (más de 100 000 habitantes), y considerando a los más de 2.4 millones que padecieron enfermedades relacionadas con vías respiratorias, la mayoría de ellos

Tabla 9.3. Principales padecimientos en menores mexicanos (2023)

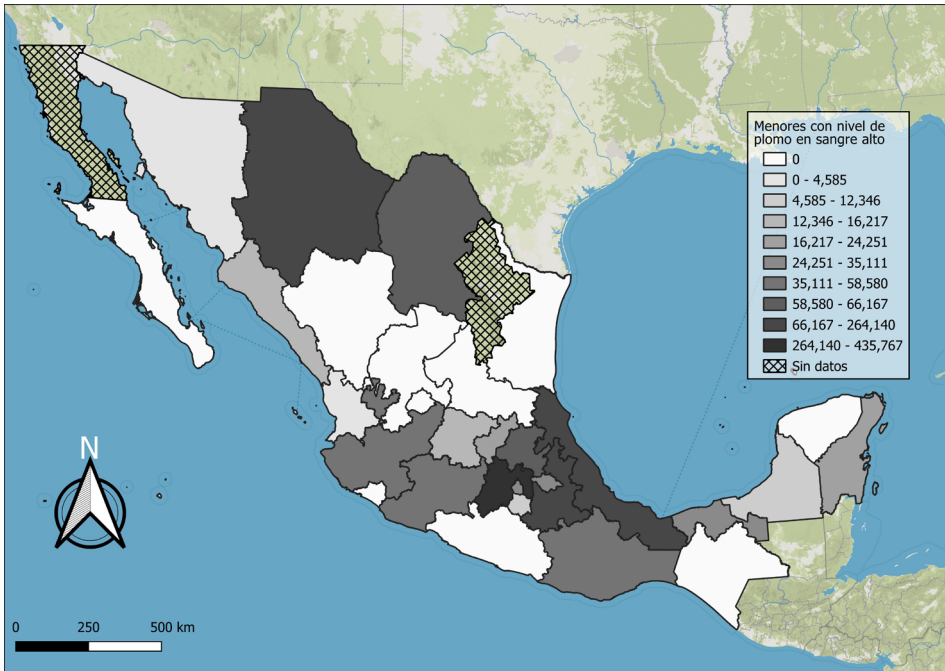
Menores de entre 0 y 4 años 11 meses			
Preguntas de la ENSANUT			
	“¿Ha padecido gripa, catarro, anginas, tos, bronquitis o dolor de oídos en las últimas 2 semanas?”	“En los últimos 3 meses, ¿algún médico le ha diagnosticado neumonía?”	“¿Ha tenido diarrea en las últimas 2 semanas?”
Sí	2 401 773	43 595	727 576
No	7 873 970	10 224 798	9 622 517
No responde	68 143	75 543	—
No sabe	6207	6156	—
Total	10 350 092	10 350 092	10 350 092

Fuente: elaboración propia con información de ENSANUT (2023).

habitaron áreas metropolitanas (40.76 %), seguidos por aquellos que habitaron en hogares en regiones urbanas (30.76 %), mientras que 28.48 % de menores con estos síntomas se encontraban en localidades rurales. Asimismo, el padecimiento de diarrea en menores mostró una concentración similar, 56.78 % en las zonas metropolitanas, 24.73 % en áreas urbanas y 18.49 % en regiones rurales (ENSANUT, 2023).

Por su parte, los datos de la encuesta indicaron que más de 43 mil menores padecieron neumonía durante los 2 meses previos al levantamiento de la encuesta, de los cuales 57.9 % corresponden a regiones urbanas, 29.15 % a zonas metropolitanas y sólo 12.95 % a áreas rurales (ENSANUT, 2023).

Otro aspecto relevante que se debe analizar es la distribución de casos con niveles altos de plomo en sangre; en el siguiente mapa se aprecian los casos de menores con concentración de este elemento superior a 5 µg/dL por entidad. Los estados con mayor incidencia son el Estado de México (435 767), Puebla (264 139), Chihuahua (88 075) y Veracruz (82 739), mientras que los estados iluminados en color blanco no reportaron ningún caso en este punto conviene mencionar que en Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Colima, Chiapas, Durango, Guerrero, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas sólo se levantó información a partir de una unidad primaria de muestreo debido a dificultades de implementación y de recursos según los resultados nacionales de la ENSANUT (Shamah-Levy T. et al., 2024).

Figura 9.1. *Distribución de menores con niveles altos de plomo en sangre*

Fuente: elaboración propia con datos de ENSANUT (2023).

La variable dependiente, *nivel_alto*, se construyó a partir de algunas variables disponibles en la ENSANUT (2023) (nivel de plomo,² *pl8* y *pl9*), la cual toma valor de 1 cuando el nivel de sangre es mayor a 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y 0 en caso contrario. Por su parte las variables independientes son dicotómicas cuya construcción se muestra en la tabla 9.4.

Metodología

En el presente capítulo se empleó una regresión logística, la cual utiliza la teoría de la probabilidad binomial, esto es la probabilidad de que *p* ocurra (1) o no (0). Donde *p* es la probabilidad de que menores de entre 0 y 4 años

² Para generar la información de esta variable se hicieron análisis con un equipo portátil, *LeadCare II*, el cual permite obtener la concentración de plomo en un rango de detección de 3.3 a 65 microgramos de plomo sobre decilitro de sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) (ENSANUT, 2023).

Tabla 9.4. Construcción de las variables predictoras

<i>Posible exposición:</i>	<i>Nombre de la variable</i>	<i>Toma el valor de 1 cuando</i>
Loza de barro vidriado	<i>expo_lbv_1</i>	Ha usado recipientes de loza de barro vidriado para consumir alimentos, prepararlos o almacenarlos desde hace 1 a 5 años
	<i>expo_lbv_2</i>	Ha usado recipientes de loza de barro vidriado para consumir alimentos, prepararlos o almacenarlos desde hace más de 6 años
	<i>expo_fr_lbv</i>	Durante los últimos tres meses ha usado loza de barro vidriado de 1 a 4 veces por mes para preparar, cocinar, almacenar o consumir alimentos
	<i>expo_fr_lbv_1</i>	Durante los últimos tres meses ha usado loza de barro vidriado más de 4 veces por mes para preparar, cocinar, almacenar o consumir alimentos
Oficio de miembros del hogar o entrevistado	<i>alfare</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó como alfarero de barro vidriado
	<i>soldad</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó como soldador
	<i>herre</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó como herrero
	<i>pintu</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó como pintor
	<i>bater</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó en el reciclaje de baterías de auto
	<i>recicla</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó en el reciclaje de aparatos electrónicos o eléctricos
	<i>mine</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó como minero
	<i>fundi</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó en la fundición
	<i>impren</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó en la imprenta
	<i>vidrio</i>	En los últimos 3 meses algún miembro del hogar trabajó en la elaboración de vidrio soplado, vitrales o emplomado
Entorno	<i>entorno</i>	Cerca de su hogar hay sitios o establecimientos mineros, fundidoras, taller de barro de alfarería de barro vidriado, fabricación o reciclaje de cualquier tipo de batería, taller mecánico o de pintura
	<i>d_tub</i>	La tubería de su hogar tiene conexiones de plomo
	<i>d_remedi</i>	Ha utilizado azarcón, greta o litargirio (óxido de plomo) como remedio para malestares digestivos
Elementos directos	<i>d_parq</i>	En los últimos 3 meses los niño han estado en áreas con juegos infantiles en espacios públicos, escuela o guardería
	<i>d_bate</i>	En los últimos 3 meses los niño han jugado cerca de baterías de autos, talleres (herrera, pintura, eléctricos, mecánicos o alfareros)
Género	<i>sex</i>	El encuestado es hombre

Fuente: elaboración propia con información de ENSANUT (2023).

muestren niveles elevados de plomo en sangre. Este tipo de regresiones forma una función de mejor ajuste empleando el método de máxima verosimilitud, el máxima probabilidad de clasificar los datos ob-

servados en la categoría apropiada dados los coeficientes de regresión. Es importante mencionar que los resultados del análisis se presentan en forma de odds ratio $[p/(1-p)]$.

El modelo logit es una regresión no lineal diseñada para analizar efectos que puedan representarse con variables dependientes dicotómicas. En ese sentido es importante utilizar un modelo no lineal debido a que los valores obtenidos están entre 0 y 1, además la probabilidad de que el evento suceda es $Y=1$, por ello se recurre a la regresión de tipo logit, la cual utiliza la función de probabilidad acumulada logística. El modelo de regresión logit que determina si el o la menor mostró niveles altos de plomo relacionado con una serie de regresores (causas) se representa con la siguiente expresión:

$$Pr(Y = 1|X_1, X_2, \dots, X_k) = \frac{F(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}} \quad (1)$$

Donde β_0 es la constante y los coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los coeficientes de la regresión de los predictores. La regresión logit es similar a la regresión probit excepto porque la función de distribución acumulada es diferente (Stock y Watson, 2012). Es un modelo estadístico que te permite estimar la probabilidad de que ocurra un evento dicotómico, es decir, sólo se pueden tener uno de dos valores posibles: Sí o No, 1 o 0. El modelo estima cómo estas variables afectan la probabilidad de que un niño tenga niveles altos de plomo en sangre.³

Resultados y discusión

Los resultados del modelo logit se muestran en la tabla 9.5, en ella muestran un valor Chi-cuadrada de 434 189 y un valor de p de 0.00, el valor de este estadístico es alto debido a que las variables independientes se encuentran altamente relacionadas con la dependiente y con ello la capacidad del mo-

³ Para calcular los coeficientes del modelo, así como su evaluación, se utilizó STATA 17.

Tabla 9.5. Determinantes de niveles de plomo altos (>5 µg/dL)

Predictor	Coeficientes		Efectos marginales			
	Odds ratio	Error estándar	dy/dx	Error estándar	Intervalo de confianza 95 %	
expo_lbv_1	0.4731851	0.0022541	-0.0900678	0.0006	-0.091247	-0.088889
expo_lbv_2	0.083101	0.0014447	-0.1320201	0.0003	-0.132617	-0.131423
expo_fr_lbv	2.242537	0.0107176	0.0992606	0.00063	0.098028	0.100493
expo_fr_lbv_1	6.720827	0.0362452	0.3295022	0.00117	0.327218	0.331786
alfare	1.266408	0.0119585	0.0291724	0.00126	0.026699	0.031646
soldad	1.101653	0.0092968	0.0113464	0.00102	0.009348	0.013345
herre	1.593081	0.0138655	0.0613486	0.00131	0.058777	0.06392
pintu	0.4619708	0.0027258	-0.0698801	0.00042	-0.070696	-0.069065
bater	1.768578	0.021168	0.0787523	0.00196	0.074918	0.082587
recicla	1.883105	0.0378409	0.0898233	0.00344	0.083082	0.096564
vidrio	0.2524737	0.0044542	-0.0953477	0.00066	-0.096634	-0.094062
entonrno	1.917726	0.0059334	0.0742247	0.00035	0.073534	0.074915
d_tub	0.2563916	0.001959	-0.1024177	0.00035	-0.103108	-0.101728
d_remedi	1.50222	0.0144711	0.0533369	0.00144	0.050521	0.056153
d_parq	0.5264166	0.0015392	-0.0744551	0.00035	-0.075132	-0.073778
d_bate	0.2515517	0.0025099	-0.0995629	0.00041	-0.100367	-0.098759
sex	1.254401	0.0036327	0.0257296	0.00033	0.025086	0.026373
_cons	0.1634981	0.000543				
LR chi2 (17) =434 189.94			Prob>ch2=0.000			
Pseudo R ² =0.1056						
Los coeficientes son estadísticamente significativos en $p < 0.05$						

Fuente: elaboración propia con información de ENSANUT (2023).

delo para predecir los factores que inciden en niveles altos de plomo en la sangre.

Por su parte, la bondad de ajuste (Pseudo R²) revela que las variables usadas explican una parte del fenómeno objeto de estudio, sin embargo, el valor de este parámetro indica que podrían existir elementos que necesiten ser agregados al modelo para que el nivel alto de plomo sea explicado de mejor manera.

En los resultados del modelo, mostrados en la tabla 9.5, el valor de todos los coeficientes fue estadísticamente significativo a 95 %, aunque con-

viene agregar que las variables que describían si había algún miembro dedicado a la minería, fundición e impresión fueron omitidas debido a que las observaciones predicen perfectamente el resultado, esto implica que los hogares en los que habitó una persona dedicada a alguno de estos oficios se relacionó siempre con niveles de plomo alto, por ello son factores extremadamente fuertes asociados al fenómeno objeto de estudio.

Por parte de los odds ratio (probabilidad de que un evento suceda con relación a que el mismo no suceda) superiores a la unidad indican que una asociación positiva de estos aumentan las probabilidades, en este caso, de que los niveles de plomo en la sangre sean altos. Por el contrario, si los valores menores a la unidad indican una relación negativa estos disminuyen la probabilidad de que el fenómeno objeto de estudio se cumpla.

Los resultados de los efectos marginales indican que la mayoría de las variables favorecen que los niveles de plomo en sangre sean altos, no obstante, el eje medular en este aspecto es determinar cuál de ellos propicia en mayor medida que esto ocurra. En primer lugar se aprecia que la variable *expo_fr_lbv_1*, la cual indica exposición frecuente alta (más de cuatro veces al mes) a loza de barro vidriado para almacenar, cocinar o consumir alimentos incrementa en 32.9% la probabilidad de que la medición de plomo en sangre sea de mayor alta (mayor a 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$), por otro lado, la exposición frecuente baja (de 1 a 4 veces) a loza de barro vidriada reveló que incrementa la probabilidad en 9.92% en resultar con niveles de plomo altos, ello implica que si bien la exposición a este tipo de recipientes es dañino la frecuencia es un factor elemental para determinar si el nivel de plomo en sangre es alto o no.

En segundo lugar, la presencia de miembros del hogar que se dedican a oficios relacionados con reciclaje de aparatos electrónicos o eléctricos o bien al reciclaje de baterías de autos incrementan el riesgo en 8.9 y 7.8%, respectivamente, que los niveles de este elemento tóxico sean altos.

Por otro lado, la exposición directa (tuberías de agua con conexiones de plomo, afluencia a zonas con juegos públicos, y lugares con presencia de baterías y talleres de diversos tipos) mostraron una relación inversa, aunque ello no implica que menos experimente en efecto opuesto por la presencia de estos factores. En cambio, el uso de óxido de plomo como remedio para tratar males gastrointestinales sí representa un riesgo de 5.3% de registrar niveles altos de plomo en sangre.

Finalmente, el género en los menores demostró ser 2.5 % más propenso a tener niveles de plomo altos en la sangre. Otro aspecto que debe agregarse es que de acuerdo con los datos de la ENSANUT (2023) la frecuencia acumulada de 50.69 % de menores de 4 años mostró niveles plomo de 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ o menores, mientras que 39.06 % de los menores registró entre 5 y 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$, a su vez 8.8 % de la población tuvo niveles de entre 10 y 14.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y menos de 1.5 % registraron niveles entre 15 y 22.2 $\mu\text{g}/\text{dL}$, siendo este último el máximo nivel asentado en la encuesta. Estos elementos dotan un panorama general sobre las medidas que deben considerarse para reducir el riesgo en los niños mexicanos.

Una herramienta sencilla y efectiva que muestra el rendimiento del clasificador es la matriz de confusión, la cual concentra información calculada por el modelo y se contrasta con la información real. La siguiente tabla muestra los valores predictivos y los reales, la primera columna muestra la clasificación entre las observaciones con niños que mostraron niveles altos de plomo, mayor a 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (+) y los que tuvieron niveles menores de plomo (-). En ese sentido las observaciones que el modelo validó como correctamente, para niveles superiores e inferiores fueron 65 735 y 3 774 187, respectivamente, de tal forma que el modelo clasificó 84.05 % de los casos correctamente.

Tabla 9.6. *Matriz de confusión*

<i>Clasificado</i>	<i>Verdaderos</i>		<i>Total</i>
	<i>D</i>	<i>~D</i>	
+	65 735	34 945	100 680
-	693 859	3 774 187	4 468 046
Total	759 594	3 809 132	4 568 726

Fuente: elaboración propia con información de ENSANUT (2023).

Por otro, el modelo tiene la capacidad de identificar correctamente los casos en los que los menores tienen niveles altos de plomo en 8.65 % y 99.08 % de eficacia para identificar los casos en los que no hubo niveles altos de plomo con certeza.

Conclusiones

El análisis presentado en el presente permite determinar, a través de evidencia empírica, que los elementos más asociados a los niveles elevados de plomo en los menores de 0 a 4 años. La exposición a este elemento tiene importantes repercusiones en los individuos, la evidencia revela que es una de las causas que limita el pleno desarrollo de los menores y genera efectos adversos en la salud.

Uno de los hallazgos más significativos es que el uso de recipientes elaborados de barro vidriado guarda gran relación con los niveles de plomo altos en menores, no obstante, el uso de este tipo de utensilios es parte de los hábitos culturales de la población mexicana.

Desde la perspectiva socioeconómica, el impacto generado por la exposición al plomo trasciende el ámbito sanitario e impacta negativamente en el desarrollo de las personas y económico de México. El rezago intelectual, no sólo impacta a los individuos, sino que limita la productividad de la fuerza laboral y en ese sentido se genera una pérdida potencial en términos agregados.

Es importante agregar que la edición 2023 de la ENSANUT contiene información limitada por cuestiones de levantamiento de encuestas y realización de pruebas, a pesar de ello, el factor de expansión garantiza que la muestra tiene representación estadística a nivel nacional y estatal. Sin embargo, las pruebas de niveles de plomo en sangre en los menores se ven limitadas debido a que algunas entidades consideraron sólo una unidad primaria de muestreo.

Otro aspecto importante por resaltar es que las condiciones casos de menores registrados con niveles altos de plomo en la sangre no están distribuidos homogéneamente en el país por lo que las políticas para mitigar este problema deben contemplar las condiciones particulares de cada región.

Finalmente, los resultados del presente revelan que es importante fortalecer los mecanismos de monitoreo, vigilancia y divulgación del riesgo que implica la exposición al plomo. Aunado a ello es crucial regular el uso de derivados del plomo en utensilios y recipientes que tienen contacto con alimentos. La reducción de la exposición infantil al plomo no sólo es una

obligación sanitaria, sino también una estrategia para fortalecer la salud de futuras generaciones e incluso a la economía.

Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2007). *Public health statement: Lead (Spanish version)*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.pdf
- Attina, T. M., y Trasande, L. (2013). Economic costs of childhood lead exposure in low- and middle-income countries. *Environmental Health Perspectives*, 121(9), 1097-1102. <https://doi.org/10.1289/ehp.1206424>
- Bourgeois, R., Rojas-Peña, A., y Dietert, R. R. (2024). Lead exposure and toxicity: A review of global health perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(3), 123-137. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11163901>
- Caravanos, J., Dowling, R., Téllez-Rojo, M., Cantoral, A., Korosly, R., Estrada, D., Orjuela, M., Gualtero, S., Ericson, B., Rivera, A., y Fuller, R. (2014). Blood lead levels in Mexico and pediatric burden of disease implications. *Annals of Global Health*, 80(4), 269-277. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.08.002>
- Carazo Fernández, L., Fernández Álvarez, R., González-Barcala, F. J., y Rodríguez Portal, J. A. (2012). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
- Desye, B., Tesfaye, T., Berihun, M., Ademas, A., y Sewunet, M. (2023). A systematic review of the health effects of lead exposure. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1113561>
- Fariás, P., Álamo-Hernández, U., Mancilla-Sánchez, L., Texcalac-Sangrador, J. L., Carrizales-Yáñez, L., y Riojas-Rodríguez, H. (2014). Plomo en escolares de Morelos, México: Niveles, fuentes e intervenciones factibles. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(12), 12668–12682. <https://doi.org/10.3390/ijerph111212668>
- Figuroa, J. L., Rodríguez-Atristain, A., Lerma Treviño, C., Romero Martínez, M., Avalos-Alvarez, S. V., Bautista-Arredondo, L. F., Trejo Valdivia, B., Sánchez-Morales, J. E., Bautista-Arredondo, S., Téllez-Rojo, M. M., y Fuller, R. (2024). *Loss of cognitive function in Mexican children due to lead exposure and the associated economic costs*. *Environmental Research*, 263(1). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120013>
- Fruh, V., Rifas-Shiman, S. L., Amarasiriwardena, C., Cardenas, A., Bellinger, D. C., Wise, L. A., White, R. F., Wright, R. O., Oken, E., y Henn, B. C. (2019). Prenatal lead exposure and childhood executive function and behavioral difficulties in Project Viva. *Neurotoxicology*, 75, 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.09.006>
- Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Caravanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan,

- D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Langhear, B., ... Yan, C. (2022). Pollution and health: A progress update. *The Lancet Planetary Health*, 6(6), 535-547. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0)
- Gould, E. (2009). Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. *Environmental Health Perspectives*, 117(7), 1162-1167. <https://doi.org/10.1289/ehp.0800408>
- Hauptman, M., Bruccoleri, R., y Woolf, A. D. (2017). Actualización sobre el envenenamiento por plomo en la infancia. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 47(8), 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.cpem.2017.07.010>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2020). *Contaminación del suelo por metales pesados en México: Diagnóstico y perspectivas*. <https://www.insp.mx/avisos/6207-contaminacion-suelo-metales-pesados.html>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2024). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023*. <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2023>
- Lanphear, B. P., Hornung, R., Houry, J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D. C., Canfield, R., Dietrich, K., Bornschein, R., Greene, T., Rothenberg, S., Needleman, H., Schnaas, L., Wasserman, G., Graziano, J., y Roberts, R. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives*, 113(7), 894-899. <https://doi.org/10.1289/ehp.7688>
- Lazón Mansilla, D. F., Lagos Castillo, M. A., Prado Maggia, C. T., Llerena Paredes, V., y Mayhua Gutiérrez, B. S. (2024). Plomo en sangre y su relación con hemoglobina y hematocrito en niños expuestos a la contaminación minera, Apurímac 2023. *Revista Mundial de la Salud*, 5(1). <https://revistamedical.com/index.php/whj/article/view/45>
- Lead Exposure Elimination Project (LEEP). (2025). *Estudio revela niveles peligrosos de plomo en pinturas para el hogar comercializadas en Ciudad de México* [Comunicado de prensa]. <https://leadelimination.org/lead-paint-in-mexico-new-study/>
- Manzanares-Acuña, E., Vega-Carrillo, H., Salas-Luévano, M., Hernández-Dávila, V., Letechipía-de León, C., y Bañuelos-Valenzuela, R. (2006). Niveles de plomo en la población de alto riesgo y su entorno en San Ignacio, Fresnillo, Zacatecas, México. *Salud Pública de México*, 48(3), 212-219. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342006000300005&lng=es&tlng=
- Martínez-Juárez, R. (2023). Reporte especial. Por un barro sin plomo. *Revista del Consumidor*, 532. https://www.profeco.gob.mx/revista/RevistaDelConsumidor532_JUNIO_2021.pdf
- Ordóñez-Iriarte, J. M. (2012). *Niveles de plomo en sangre de los niños de la Comunidad de Madrid: Efectos sobre su capacidad intelectual y su impacto económico* [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia. <http://hdl.handle.net/10201/29954>
- Organización Mundial de la Salud. (2024, 24 de octubre). *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%28outdoor%29-air-quality-and-health>
- Organización Mundial de la Salud. (2025, 14 de diciembre). *Contaminación del aire en los hogares y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>

- Organización Panamericana de la Salud. (2024). *Calidad del aire*. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2006). *Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos*. DOF: 23/06/2006. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680163/NOM-052-SEMARNAT-2005.pdf>
- Secretaría de Salud. (2017). *Modificación de los numerales 3, 6.1, tabla 1, así como los numerales 1 y 1.1.10, del Apéndice A, de la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000*. DOF: 30/08/2017. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5495551&fecha=30/08/2017#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2021). *Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-2021. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb)*. 29/10/2021. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634085&fecha=29/10/2021#gsc.tab=0
- Shamah-Levy, T., Lazcano-Ponce, E. C., Cuevas-Nasu, L., Romero-Martínez, M., Gaona-Pineda, E. B., Gómez-Acosta, L. M., Mendoza-Alvarado, L. R., y Méndez-Gómez-Humarán, I. (2024). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023: Resultados nacionales*. Instituto Nacional de Salud Pública.
- Stock, J., y Watson, M. (2012). *Introducción a la econometría* (3a ed.). Pearson Educación.
- Téllez Rojo, M. M., Bautista Arredondo, L. F., Richardson, V., Estrada Sánchez, D., Ávila Jiménez, L., Ríos, C., Cantoral-Preciado, A., Romero-Martínez, M., Flores-Pimentel, D., Melo-Zurita, M., Romero-Ramírez, A., León-Mazón, M., Montes, S., Fuller, R., y Hernández Ávila, M. (2017). Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México. *Salud Pública de México*, 59(3), 218-226. <https://doi.org/10.21149/8045>
- Welton, M., Rodriguez Lainz, A., Loza, O., Brodine, S., y Fraga, M. (2018). Use of lead-glazed ceramic ware and leadbased folk remedies in a rural community of Baja California, Mexico. *Global Health Promotion*, 25(1), 6-14. <https://doi.org/10.1177/1757975916639861>
- World Health Organization y United Nations Environment Programme. (2020). *Toolkit for establishing laws to eliminate lead paint*. <https://www.unep.org/toolkit-establishing-laws-eliminate-lead-paint>
- World Health Organization. (2014). *7 million premature deaths annually linked to air pollution*. <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-prematuredeaths-annuallylinkedtoairpollution>
- World Health Organization. (2019, 1 de enero). *Global elimination of lead paint: Guidance for countries on legislation*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515061>
- World Health Organization. (2021). *Lead paint guidance for employers*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240036710>