

Intoxicación por plomo en población pediátrica

Martha María Téllez-Rojo, PhD,⁽¹⁾ Luis F Bautista-Arredondo, LGAP,⁽¹⁾ Alejandra Cantoral-Preciado, PhD,⁽²⁾ Netzy Peralta, PhD,⁽³⁾ José Luis Figueroa, PhD,⁽³⁾ Belem Trejo-Valdivia, PhD.⁽¹⁾

Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Cantoral-Preciado A, Peralta N, Figueroa JL, Trejo-Valdivia B. Intoxicación por plomo en población pediátrica. *Salud Publica Mex.* 2024;66:469-478. <https://doi.org/10.21149/15840>

Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Cantoral-Preciado A, Peralta N, Figueroa JL, Trejo-Valdivia B. Pediatric lead poisoning. *Salud Publica Mex.* 2024;66:469-478. <https://doi.org/10.21149/15840>

Resumen

Objetivo. Documentar la situación de intoxicación por plomo en población pediátrica en México, identificar poblaciones con mayor riesgo y presentar recomendaciones de política pública para afrontar el problema. **Material y métodos.** Se realizó un análisis integrado de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2022-2023. Las concentraciones de plomo se midieron en sangre capilar de 1 747 menores de 1-4 años por voltamperometría de redisolución anódica. Se estimó la prevalencia de intoxicación ($PbS > 5 \mu g/dL$) en estratos sociodemográficos y de vulnerabilidad social. Se identificaron poblaciones con mayor riesgo de intoxicación. **Resultados.** La prevalencia de intoxicación nacional fue de 17.2%, 29% en población indígena, 25% en aquella con desnutrición crónica, 25% con mayores niveles de carencias; 20% en zonas rurales y urbanas, 12% en metropolitanas. No se encontraron diferencias por sexo. El mayor riesgo de intoxicación (52%) se presenta en población indígena, con desnutrición crónica, residente en zonas rurales y que utiliza barro vidriado; un riesgo 15 veces mayor al perfil de menor vulnerabilidad (3.5%). **Conclusiones.** La intoxicación por plomo es un problema de justicia ambiental. Es necesario implementar una estrategia nacional de remoción de la principal fuente de exposición; un sistema de vigilancia epidemiológica para la identificación y atención de casos y un biomonitorio poblacional en población pediátrica y mujeres embarazadas; es imperante la vigilancia de normas vigentes.

Palabras clave: intoxicación por plomo; grupos de riesgo; población pediátrica; loza de barro vidriada con plomo; México

Abstract

Objective. To document the state of lead poisoning in the pediatric population in Mexico, to identify populations at greater risk, and present public policy recommendations to address the problem. **Materials and methods.** Integrated analysis of 1 747 children aged 1-4 years from the *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2022-2023*. Lead concentrations were measured in capillary blood by anodic stripping voltammetry. The prevalence of lead poisoning ($PbS > 5 \mu g/dL$) adjusted for different sociodemographic and social vulnerability level was estimated. Populations with a higher risk of lead poisoning were identified. **Results.** The national prevalence of poisoning was 17.2%, reaching 29% in the indigenous population, 25% in those with chronic malnutrition, 25% with higher levels of socioeconomic deprivation; 20% in rural and urban areas, 12% in metropolitan areas. No differences were found by sex. The highest risk of lead poisoning (52%) occurs in the indigenous population, with chronic malnutrition, residing in rural areas and using glazed clay; a risk 15 times greater than the lowest vulnerability profile (3.5%). **Conclusions.** Lead poisoning is an environmental justice issue. It is necessary to implement a national strategy to remove the main source of exposure; an epidemiological surveillance system for the identification and care of cases and population biomonitoring in the pediatric population and pregnant women; Monitoring of current regulations is imperative.

Keywords: lead poisoning; risk groups; pediatric population; lead-glazed ceramics; Mexico

(1) Centro de Investigación en Nutrición y Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

(2) Universidad Iberoamericana. Ciudad de México, México.

(3) Pure Earth. Ciudad de México, México.

Fecha de recibido: 4 de abril de 2024 • **Fecha de aceptado:** 3 de junio de 2024 • **Publicado en línea:** 22 de agosto de 2024

Autor de correspondencia: Belem Trejo-Valdivia. Instituto Nacional de Salud Pública.
Av. Universidad 655, col. Santa María Ahucatlán. 62100 Cuernavaca, Morelos, México.
Correo electrónico: bvaldivia@insp.mx

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

PRINCIPALES RESULTADOS

- 1.38 millones de niñas y niños de 1 a 4 años (17.2% del total de la población) presentan intoxicación por plomo en México (plomo en sangre $\geq 5 \mu\text{g/dL}$) de acuerdo con la Norma Oficial vigente.
- La prevalencia de intoxicación es mayor en grupos vulnerables: grupo con mayor nivel de carencias (23.7%); población indígena (28.7%) y población con desnutrición crónica (25.2%).
- Se confirma que la principal fuente de exposición en población general es el uso de loza de barro vidriado con plomo (LBVPb): la prevalencia de intoxicación entre usuarios frecuentes de LBVPb es de 44.3% vs. 9.8%, entre quienes no la usan.
- Las condiciones de vulnerabilidad acumuladas potencian el riesgo en estas poblaciones constituyendo un problema de justicia ambiental: La población en la que confluyen las mayores carencias: residencia en zona rural, ser indígena, tener desnutrición crónica, vivir con muchas carencias y que usa LBVPb alcanza una prevalencia de intoxicación del 51.5%; casi 15 veces más grande que la población con el menor nivel de carencias.

No existe un nivel seguro de exposición a plomo (Pb); aún a dosis bajas, daña todo órgano y sistema del cuerpo humano en el que se deposita.¹ La neurotoxicidad de la exposición a Pb es ampliamente conocida por sus efectos en el sistema nervioso y cerebro,^{2,3} pero la exposición crónica también tiene efectos reproductivos, cardiovasculares, renales, inmunológicos, endócrinos, entre otros.^{1,4-10} En México, la exposición a Pb es el segundo factor de riesgo ambiental con mayor contribución a la carga de la enfermedad, sólo precedido por la contaminación del aire.¹¹ La población pediátrica es especialmente vulnerable desde la etapa prenatal porque el Pb traspasa la barrera placentaria alcanzando al feto en una etapa crítica de la organogénesis.¹² Durante la infancia, el Pb se absorbe con una eficiencia hasta 5 veces mayor que durante la vida adulta.¹³ Su efecto es mayor en poblaciones en donde concurren la pobreza y desnutrición, conformando así un problema de justicia ambiental.¹⁴

Desde 1887, G. Ruiz de Sandoval identificó el uso de loza de barro vidriada con plomo (LBVPb) para el consumo de alimentos y bebidas como una fuente de exposición al plomo de alta preocupación, y recomendó que las autoridades prohibieran el uso del metal tóxico en utensilios de cocina como solución definitiva para erradicar este problema.¹⁵ Desde entonces, diversos grupos de investigación en México han estudiado el tema desde distintas perspectivas¹⁶⁻⁴⁷ y existe un consenso en recomendar la eliminación del plomo de los recipientes destinados al consumo de alimentos como medida necesaria para que la exposición no continúe.

A partir de 2017, se publicaron estudios que aportaron información a nivel poblacional, con diferentes

grados de representatividad geográfica, para conocer la magnitud de la intoxicación por plomo causada por el uso de LBVPb, incluyendo un estudio con representatividad estatal en neonatos de Morelos⁴² y posteriormente, a través de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut), estudios con población infantil (1 a 4 años de edad) en todo el país con representatividad regional y estatal.⁴²⁻⁴⁶ En todos ellos se confirmó la importancia del uso de la LBVPb como la principal fuente de exposición en población general, principalmente, en las zonas Centro y Sur del país y se recomendaron acciones para abordar el problema incluyendo la necesidad de implementar una estrategia multisectorial para eliminar el plomo del barro tradicional, el monitoreo de los niveles de plomo en sangre en la población, así como un enfoque dirigido a poblaciones vulnerables y acompañamiento de estrategias de comunicación social para informar a la población sobre los efectos de este problema, entre otras acciones.⁴²⁻⁴⁶ Dentro de estos esfuerzos, se han explorado otras fuentes de exposición ambiental y paraocupacional sin haber logrado identificar de manera contundente una segunda fuente en importancia a nivel poblacional.^{45,46}

La consistencia observada en la estimación de las prevalencias de intoxicación por plomo en población infantil en estos estudios poblacionales confirma la solidez de los resultados: 1.4 millones (17.4%)^{43,44} de niñas y niños de 1 a 4 años en México viven con intoxicación por Pb de acuerdo con la regulación nacional vigente ($>5 \mu\text{g/dL}$);⁴⁸ alcanzando los 3.3 millones en la población de 1 a 14 años.⁴⁷ Las prevalencias estatales alcanzan niveles alarmantes en estados como Puebla

(47%), San Luis Potosí (37%) y Tlaxcala (36%), por solo mencionar los tres máximos, contrastando con entidades como Sinaloa (prevalencia no detectable), Tabasco (0.8%) y Yucatán (3.3%),⁴⁴ cuya prevalencia se asemeja a los países que tienen un programa establecido para el control de esta exposición.⁴⁹

La Ensanut constituye un sistema de biomonitorio poblacional que ha permitido conocer el panorama epidemiológico del problema en México, pero ante la falta de un sistema de vigilancia individual que monitoree las concentraciones de plomo en sangre (PbS), la población con intoxicación desconoce su condición y, en consecuencia, no recibe la información necesaria para prevenir la exposición, ni la atención para revertir los efectos en su salud.

Los esfuerzos para prevenir la exposición a plomo por uso LBVPb han sido diversos. Desde 1994 el Fondo Nacional para el Fomento las Artesanías (Fonart) capacita artesanos en la producción de alfarería libre de Pb y promueve su venta. En 2019 el Consejo de Salubridad General aprobó el *Programa de Acción de Aplicación Inmediata para el Control de la Exposición a Plomo en México* (PAAICEPM), el cual integra el cúmulo de trabajo publicado hasta entonces y articula recomendaciones en cinco ejes de acción para enfrentar el problema.⁵⁰ El avance en estos ejes es importante e incluye el desarrollo de un protocolo de atención para los casos de intoxicación por plomo,⁵¹ el diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica para la identificación y seguimiento de casos⁵² y estrategias de capacitación a médicos; sin embargo, no se ha avanzado en su implementación y el problema de la exposición a plomo persiste.

En este contexto, este artículo presenta la actualización del monitoreo de la intoxicación por Pb en México con datos de las Ensanut Continua 2022-2023 con los siguientes objetivos: 1) estimar la magnitud de la intoxicación en el plano nacional en niñas y niños de 1 a 4 años; 2) identificar las poblaciones más afectadas; y 3) presentar recomendaciones de política pública basadas en la evidencia para afrontar el problema en México.

Material y métodos

La Ensanut Continua es una encuesta probabilística con representatividad nacional y en el ámbito rural/urbano/metropolitano que se lleva a cabo de forma anual desde 2020.⁵³ En el presente estudio se expone un análisis integrado de las dos rondas de recolección más recientes de la Encuesta, a lo que llamaremos la Ensanut Continua 2022-2023.

La medición de PbS se realizó por personal capacitado y estandarizado con el analizador portátil LeadCare II, mediante voltamperometría de redisolución anódica en sangre capilar, cuyo rango de detección es 3.3-65.0 µg/

dL.⁵⁴ De acuerdo con la NOM-199 vigente, se consideró como intoxicación cualquier valor de PbS $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$.⁴⁸

Las fuentes de exposición en los tres meses previos a la entrevista fueron identificadas por autorreporte de la persona que dijo conocer más sobre el hogar, siguiendo la metodología utilizada en rondas previas de la Ensanut.⁵³ Las fuentes consideradas fueron: a) *Frecuencia de uso de LBVPb* (con apoyo fotográfico para facilitar la identificación); b) *Exposición ambiental*, definida por la identificación de sitios cercanos a su domicilio (<5 km) que han sido documentados previamente como posibles fuentes emisoras de partículas de Pb; y c) *Exposición paraocupacional*, cuyo objetivo fue identificar residentes del hogar que trabajan en sitios con exposición a Pb y que pudieran ser el vehículo de transporte de partículas al menor.⁴⁶

Para incorporar los diferentes patrones de exposición reportados se diseñaron tres categorías: I. Población que reporta uso de LBVPb, independientemente de fuentes de exposición ambiental y/o paraocupacional; II. Población que reporta presencia de fuentes de exposición ambiental y/o paraocupacional, pero no uso de LBVPb; y III. Población que no reporta exposición a ninguna de estas tres fuentes. Estos tres grupos son exhaustivos y mutuamente excluyentes.

Las variables sociodemográficas (sexo, edad, estrato de residencia) se obtuvieron de la base maestra de la encuesta. Las condiciones de vulnerabilidad social consideradas fueron: índice de carencias, indigenismo y desnutrición crónica (baja talla para la edad [desmedro]).⁵³ El índice de carencias es un indicador global de la capacidad económica de un hogar estimado con información de posesión de bienes, acceso a servicios y características de la calidad de la vivienda. El índice permite categorizar a los hogares en niveles de muchas, medias y menos carencias.

Se estimaron prevalencias de intoxicación por Pb (PIPb) (proporción de la población con concentraciones de PbS $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$) para cada una de las variables sociodemográficas, condiciones de vulnerabilidad y patrones de exposición. A través del modelo estadístico (modelo *logit* ajustado por edad, sexo, estrato de residencia, tipo de patrón de exposición y diseño muestral) estimamos el riesgo de intoxicación en los diferentes grupos poblacionales definidos por el estrato de residencia, el nivel de carencias, condición de indigenismo, presencia de desnutrición crónica y uso de LBVPb.

El proyecto fue aprobado por los Comités de Investigación, Ética en la Investigación y Bioseguridad del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). Se realizó el proceso de consentimiento informado con los participantes. Además, todos recibieron consejería para evitar la exposición a Pb.

Resultados

En la Ensanut Continua 2022-2023 se obtuvieron mediciones de PbS de 1 747 menores de 1 a 4 años edad de todo el país. El 17.2% de esta población presentó concentraciones de plomo en sangre que corresponden a intoxicación (PbS $\geq 5\mu\text{g}/\text{dL}$) de acuerdo al nivel de referencia de la NOM-199 vigente lo que representa 1.38 millones de niñas y niños que viven en esta condición a nivel nacional. La proporción de niñas y niños con niveles detectables (PbS $\geq 3.3\mu\text{g}/\text{dL}$) fue 32.9%.

Los grupos más vulnerables presentan mayores niveles de intoxicación por plomo: en el grupo con mayor nivel de carencias (23.7%) vs. el de menos carencias (8.2%); en población indígena (28.7%) vs. no indígena (15.8%) y en población que presenta desnutrición crónica (25.2%) vs. la que no tiene esta condición (15.6%) (cuadro I). La PIPb no mostró diferencias significativas por sexo o edad, pero sí por estrato de residencia: las y los menores que viven en el ámbito rural y urbano tienen una PIPb significativamente mayor a la de aquellos que viven en el ámbito metropolitano (20.8, 20.3 y 12.3%, respectivamente).

La PIPb aumentó conforme aumenta la frecuencia de uso de LBVPb; quienes reportaron no utilizar este tipo de loza para consumir alimentos presentan una PIPb de 9.8%, mientras que en aquellos que reportan un uso frecuente, la cifra es más de cuatro veces mayor: 44.3% (cuadro II). No se encontró evidencia de esta asociación con las fuentes de exposición ambiental y paraocupacional (datos no incluidos). La categoría de análisis que integró fuentes diversas que excluyen el uso de LBVP muestra una PIPb de 11.8%, mientras que la categoría de uso de LBVPb es de 32.2%. Se observa una tendencia de mayor PIPb a mayor número de fuentes de exposición reportadas.

La figura 1 presenta la PIPb de las condiciones de vulnerabilidad social desagregada por el tipo de fuente de exposición. La gráfica evidencia qué fracción de la PIPb asociada a las fuentes que incluyen el uso de LBVPb (fracción azul claro) es consistentemente mayor en las categorías de mayor vulnerabilidad. A continuación, se presentan dos ejemplos de cómo debe interpretarse esta gráfica: 1) casi una de cada cuatro personas de la población de mayor vulnerabilidad según el índice de bienestar (muchas carencias) presenta intoxicación (23.6%) de la cual, aproximadamente dos terceras partes (15.4%) corresponde a quienes reportan uso de LBVPb; por otra parte, 2) una de cada tres personas indígenas tiene niveles de intoxicación (28.7%) y casi en su totalidad (23.7%) reporta uso de LBVPb.

El cuadro III presenta los grupos poblacionales ordenados de menor a mayor prevalencia estimada

de intoxicación por plomo. El grupo con menor PIPb (3.5%) corresponde a quienes viven en el ámbito metropolitano, no son indígenas, pertenecen al nivel de bienestar con menores carencias, no reporta ninguna fuente de exposición al plomo y no tiene desnutrición crónica (perfil 1 de referencia). El perfil 2 muestra lo que ocurre en un grupo similar en características sociales, pero que a diferencia del previo reporta uso de LBVPb; en este caso la PIPb aumenta a 17.8% (5 veces el perfil 1). El perfil con mayor concentración de vulnerabilidades se presenta al final de la tabla (perfil 12) para la población que vive en el ámbito rural, es indígena, tiene desnutrición crónica, viven con muchas carencias y, además, reporta el uso de LBVPb, alcanza una PIPb de 51.5% que es casi 15 veces más grande que la correspondiente al perfil 1 de referencia.

Discusión

Los resultados de este estudio indican que 17.2% de las niñas y niños de 1 a 4 años de edad en México presentan intoxicación por plomo (PbS $\geq 5\mu\text{g}/\text{dL}$) y que la principal fuente de exposición generalizada es el uso de LBVPb. Este nuevo análisis confirma que la intoxicación por plomo constituye un problema de justicia ambiental porque afecta de manera severa a las poblaciones más vulnerables; específicamente, indígenas, con desnutrición crónica y aquellas con mayor nivel de carencias; pero, además, es precisamente en estas poblaciones en donde ocurre el mayor uso de LBVPb, la principal fuente de exposición a Pb documentada. Asimismo, se confirma que el problema al interior del país es geográficamente muy heterogéneo: la magnitud del problema es casi dos veces mayor en la población que vive en zonas rurales y urbanas, en relación con aquellas que viven en zonas metropolitanas (20.8, 20.3 y 12.3%, respectivamente).

La Ensanut 2018-2019 documentó una prevalencia nacional muy semejante (17.4%) asociada en gran medida al uso de LBVPb, lo que denota que el problema permanece y afecta a 1.38 millones de menores que viven con esta condición. Ante la falta de un sistema de vigilancia que identifique los casos y los atienda, esta población está en riesgo de padecer los efectos tóxicos de corto y largo plazo derivados de la exposición a este metal.

La NOM-199 utiliza como referencia $5\mu\text{g}/\text{dL}$, valor que empieza a estar en desuso en el plano internacional por los efectos en salud que se han encontrado aún a concentraciones menores.⁴⁸ Desde 2021, los Centros de Control de Enfermedades y Prevención de los Estados Unidos (CDC, por sus siglas en inglés) adoptaron un nivel de $3.5\mu\text{g}/\text{dL}$ para definir intoxicación,⁴⁹ con una PIPb en población pediátrica de 2.5%. Si se utilizara

Cuadro I
DISTRIBUCIÓN DE HOGARES Y PREVALENCIA DE INTOXICACIÓN POR PLOMO ($\geq 5\mu\text{g}/\text{dl}$) POR CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y CONDICIONES DE VULNERABILIDAD. MÉXICO, ENSANUT 2022-2023

	Distribución de hogares (n=1747)	Prevalencia de intoxicación por plomo ($\geq 5\mu\text{g}/\text{dl}$)	Población estimada de menores con intoxicación por plomo ($\geq 5\mu\text{g}/\text{dl}$)	Valor p*
Nacional				
Total de menores representados	8 332 297	17.2	1 377 628	
Variables sociodemográficas				
Sexo				
Hombre	50.5	16.7	675 768	0.77
Mujer	49.5	17.7	701 860	
Edad (años)				
1	21.7	16.5	286 547	0.65
2	23.3	18.8	351 292	
3	29.3	18.4	432 713	
4	25.7	14.9	307 076	
Estrato de residencia				
Rural	26.1	20.8	435 293	0.05‡
Urbano	33.1	20.3	539 243	
Metropolitano	40.8	12.3	403 092	
Condiciones de vulnerabilidad social				
Nivel de bienestar				
Muchas carencias	42.8	23.7	812 086	<0.01‡
Carencias medias	31.0	15.8	392 510	
Menos carencias	26.2	8.2	173 032	
Condición de indigenismo				
Sí	10.8	28.7	247 831	0.01‡
No	89.2	15.8	1 129 797	
Desnutrición crónica (desmedro)				
Sí	14.5	25.2	1 082 465	0.05‡
No	85.5	15.6	295 163	

* comparación vía modelo logístico ajustado por diseño.

‡ valor $p \leq 0.05$

Ensanut: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

como referencia este valor, la cifra equivalente de PIPb para México sería de 32.9%, lo que representa que la salud de 1 de cada 3 niños está en riesgo.

Los resultados de la Ensanut Continua 2022-2023 son consistentes con lo reportado previamente en términos del uso de LBVPb como la principal fuente de exposición en la población general,⁴²⁻⁴⁶ con una relación directa de dosis respuesta entre la frecuencia de uso con los niveles de PbS observados. Los resultados sobre otras fuentes de exposición ambiental y paraocupacional incluidas en este estudio aportan información parcial que puede ser de utilidad para continuar la indagación y caracterización de otras fuentes de exposición al plomo de este complejo problema, sin embargo, no permiten

elaborar recomendaciones específicas para acciones concretas de política pública.

Recomendaciones

Las recomendaciones que se presentan a continuación son el resultado de integrar el trabajo de los diversos grupos que han abordado el tema por décadas en el país,^{15-46,50,51} con un enfoque de equidad, priorizando las poblaciones de mayor vulnerabilidad que fueron identificadas. El orden en el que se presentan corresponde a la eficacia esperada en lograr el objetivo de reducir la prevalencia nacional de intoxicación por plomo en población pediátrica. En cada caso se mencionan las

Cuadro II
DISTRIBUCIÓN DE HOGARES Y PREVALENCIA DE INTOXICACIÓN POR FUENTES DE EXPOSICIÓN A PLOMO.
MÉXICO, ENSANUT 2022-2023

	Distribución de hogares	Prevalencia de intoxicación por plomo ($\geq 5 \mu\text{g/dl}$) (PIPb)*	Valor p [‡]
Uso de barro vidriado con plomo [§]			
No	65.6	9.8	< 0.01
Sí	34.4	32.2	
Patrón de uso de barro vidriado con plomo [§]			
Nunca	65.6	9.8	< 0.01
Rara vez	9.9	17.7	
Algunas veces	9.9	28.9	
Frecuentemente	14.6	44.3	
Tipo de exposición a plomo			
Ninguna fuente identificada	32.3	7.4	<0.01
Fuentes de exposición que incluyen el uso de barro vidriado con plomo	33.4	32.2	
Fuentes de exposición que no incluye el uso de barro vidriado	34.2	11.8	
Número de fuentes de exposición a plomo [§]			
0	32.3	7.4	< 0.01
1	44.7	20.7	
2	19.3	24.6	
3	3.7	22.4	

* Estimaciones ajustadas por el diseño de estudio

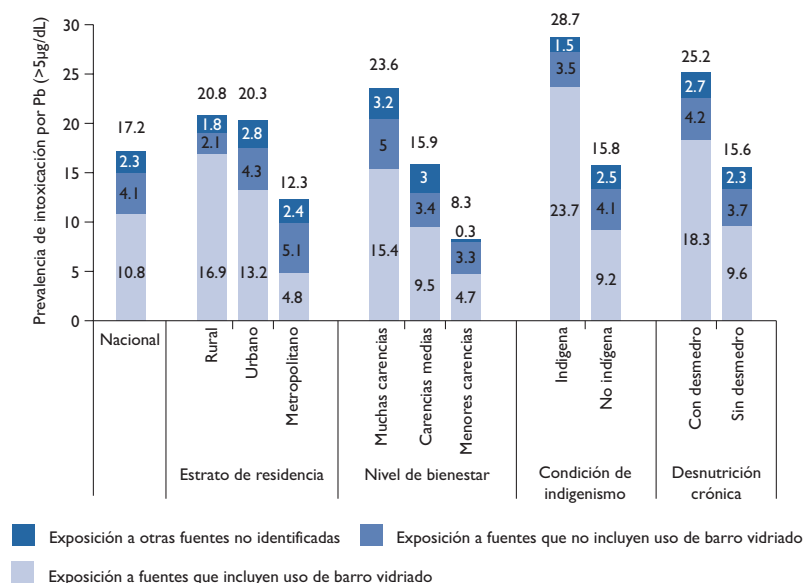
‡ Modelo logístico ajustado por sexo, edad y diseño de estudio

§ Durante los tres meses previos a la entrevista

Ensanut: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

dependencias de gobierno responsables de la implementación. Recomendaciones:

- 1) Implementar una estrategia multisectorial de prevención dirigida a reemplazar el uso de esmaltes con Pb en la producción de loza de barro vidriado que se utiliza para el consumo de alimentos mediante acciones en poblaciones vulnerables y estados prioritarios:
 - Establecer acciones para regular y vigilar la venta y distribución de compuestos de plomo, como el óxido de plomo (greta), para su utilización en la producción de loza de barro para el consumo de alimentos (Cofepris Federal e instancias equivalentes a nivel estatal).
 - Desarrollar innovaciones tecnológicas para reemplazar el uso generalizado de esmaltes con plomo y sus compuestos con materiales no tóxicos en la alfarería tradicional destinada para el consumo de alimentos (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]). Las acciones deberán promover la participación de asociaciones y representantes del gremio de la alfarería, así como de centros de investigación tecnológica para garantizar la idoneidad técnica y la factibilidad de adopción amplia, tomando en cuenta los procesos y recursos utilizados por alfareros con menores recursos.
- 2) Establecer un sistema de vigilancia epidemiológica que permita la identificación de mujeres embarazadas, recién nacidos, niñas y niños con intoxicación por plomo en los estados con las mayores prevalencias de intoxicación y aplicar el protocolo de identificación y atención de casos⁵¹ para darles la atención que corresponde. La implementación del sistema deberá priorizar los sectores urbanos y rurales que viven en condiciones de pobreza incluyendo una estrategia nutricional que promueva una nutrición equilibrada, suficiente en nutrimentos clave (calcio, hierro, zinc, vitamina C



Ensanut: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

FIGURA I. PREVALENCIA DE INTOXICACIÓN POR Pb ($\geq 5\mu\text{g}/\text{dL}$) POR TIPO DE EXPOSICIÓN Y CONDICIONES DE VULNERABILIDAD. MÉXICO, ENSANUT 2022-2023

Cuadro III
ESTIMACIONES DE LA PREVALENCIA DE INTOXICACIÓN POR PLOMO ($\geq 5\mu\text{g}/\text{dL}$, PIPb) PARA DIFERENTES PERFILES DE VULNERABILIDAD. MÉXICO, ENSANUT 2022-2023

Perfil	Tipo de exposición a plomo	Desnutrición crónica	Nivel de bienestar	Indigenismo	Estrato de residencia	Prevalencia estimada de intoxicación por plomo (%) ($\geq 5\mu\text{g}/\text{dL}$)*	Razón de prevalencias con respecto al perfil 1
Perfil 1 (menor vulnerabilidad)	Ninguna fuente reconocida	No	Menores	No	Metropolitano	0.35	1.00
Perfil 2	Fuentes que incluyen uso de barro vidriado	No	Menores	No	Metropolitano	17.8	5.09
Perfil 3	Fuentes que no incluyen uso de barro vidriado	No	Menores	No	Metropolitano	6.1	1.74
Perfil 4	Ninguna fuente reconocida	Sí	Menores	No	Metropolitano	7.6	2.17
Perfil 5	Ninguna fuente reconocida	No	Muchas	No	Metropolitano	9.3	2.66
Perfil 6	Fuentes que incluyen uso de barro vidriado	Sí	Menores	No	Metropolitano	15.3	4.37
Perfil 7	Ninguna fuente reconocida	No	Muchas	Sí	Rural	8.7	2.49
Perfil 8	Ninguna fuente reconocida	Sí	Muchas	Sí	Rural	15.3	4.37
Perfil 9	Fuentes que incluyen uso de barro vidriado	Sí	Menores	Sí	Rural	27.7	7.91
Perfil 10	Fuentes que incluyen uso de barro vidriado	No	Muchas	Sí	Rural	36.2	10.34
Perfil 11	Fuentes que incluyen uso de barro vidriado	Sí	Muchas	No	Rural	46.9	13.4
Perfil 12 (mayor vulnerabilidad)	Fuentes que incluyen uso de barro vidriado	Sí	Muchas	Sí	Rural	51.7	14.77

* Estimaciones basadas en modelo logístico múltiple con interacciones y ajustado por diseño de muestra. Ensanut: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

PRINCIPALES RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

- *Controlar y eliminar la fuente de exposición:* implementar una estrategia multisectorial de prevención dirigida a reemplazar el uso de esmaltes con Pb en la producción de loza de barro vidriado que se utiliza para el consumo de alimentos mediante acciones en poblaciones vulnerables y estados prioritarios.
- *Identificar y tratar casos:* establecer un sistema de vigilancia epidemiológica que permita la identificación de mujeres embarazadas, recién nacidos, niñas y niños con intoxicación por plomo en los estados con las mayores prevalencias de intoxicación y aplicar el protocolo de identificación y atención de casos para darles la atención que corresponde.
- *Comunicar los riesgos:* diseñar e implementar una estrategia de comunicación social que informe a la población de los riesgos a la salud que genera la exposición a plomo, en especial para la población pediátrica y mujeres embarazadas con mayores carencias socioeconómicas.
- *Monitorear la exposición poblacional:* mantener el biomonitoreo de los niveles de plomo en sangre en población pediátrica y mujeres embarazadas a través de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.

y proteínas) para mitigar el efecto en la población con desnutrición crónica.^{55,56}

- 3) Diseñar e implementar una estrategia de comunicación social que informe a la población de los riesgos a la salud que genera la exposición a plomo, en especial para la población pediátrica y mujeres embarazadas: cuáles son las fuentes y vías de exposición, así como las acciones para prevenirla y los lugares a dónde deben acudir si requieren atención médica. Este sistema deberá incluir información sobre la importancia de una dieta equilibrada y suficiente en nutrientes clave y deberá ser diseñada para alcanzar a poblaciones sin acceso a medios de comunicación masiva y en condiciones de pobreza (Dirección General de Promoción de la Salud Federal e instancias equivalentes a nivel estatal).
- 4) Mantener el biomonitoreo de los niveles de plomo en sangre en población pediátrica y expandirlo a mujeres embarazadas a través de la Ensanut que es actualmente el único instrumento que existe para conocer la situación del problema y medir la eficacia de las acciones que se implementen (Secretaría de Salud Federal e INSP).
- 5) Establecer mecanismos para vigilar la presencia de plomo en ingredientes, alimentos y productos de uso y consumo humano, y vigilar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, incluyendo la NOM-117-SSA1-1994, NOM-004-SSA1-2013, NOM-003-SSA1-2006 (Cofepris Federal e instancias equivalentes a nivel estatal).

Agradecimientos

A Carolina Lerma, doctora Lucía Cuevas-Nasu, maestra Luz María Gómez-Acosta, doctora Teresa Shama-Levy y equipo de implementación de la Ensanut, doctor Martín Romero-Martínez y a las personas que participaron en la encuesta.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Abadin H, Taylor J, Buser M, Scinicariello F, Przybyla J, Klotzbach J, et al. Toxicological Profile for Lead. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2020 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>
2. Rocha A, Trujillo KA. Neurotoxicity of low-level lead exposure: History, mechanisms of action, and behavioral effects in humans and preclinical models. *Neurotoxicology*. 2019;73:58-80. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.021>
3. Lanphear BP, Hornung R, Khouury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: An international pooled analysis. *Environ Health Perspect*. 2005;113(7):894-9. <https://doi.org/10.1289/ehp.7688>
4. Perng W, Tamayo-Ortiz M, Tang L, Sánchez BN, Cantoral A, Meeker JD, et al. Early life exposure in Mexico to environmental toxicants (ELEMENT) Project. *BMJ Open*. 2019;9(8):e030427. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-030427>
5. Wirth JJ, Mijal RS. Adverse effects of low level heavy metal exposure on male reproductive function. *Syst Biol Reprod Med*. 2010;56(2):147-67. <https://doi.org/10.3109/19396360903582216>

6. Rzymski P, Tomczyk K, Rzymski P, Poniedziałek B, Opala T, Wilczak M. Impact of heavy metals on the female reproductive system. *Ann Agric Environ Med*. 2015;22(2):259-64. <https://doi.org/10.5604/12321966.1152077>
7. Navas-Acien A, Guallar E, Silbergeld EK, Rothenberg SJ. Lead exposure and cardiovascular disease—a systematic review. *Environ Health Perspect*. 2007;115(3):472-82. <https://doi.org/10.1289/ehp.9785>
8. Satarug S, Gobe GC, Vesey DA, Phelps KR. Cadmium and Lead exposure, nephrotoxicity, and mortality. *Toxics*. 2020;8(4):86. <https://doi.org/10.3390/toxics8040086>
9. Dietert RR, Piepenbrink MS. Lead and immune function. *Crit Rev Toxicol*. 2006;36(4):359-85. <https://doi.org/10.1080/10408440500534297>
10. Lavicoli I, Fontana L, Bergamaschi A. The effects of metals as endocrine disruptors. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2009;12(3):206-23. <https://doi.org/10.1080/10937400902902062>
11. Téllez-Rojo MM, Ríos-Blancas MJ, Lerma-Treviño C, Bautista-Arredondo LF, Spearman S, Marsh L, et al. Analysis of the burden of disease attributable to environmental risk factors in Mexico in the 1990-2021 period. Identification of advances, lags and emergencies. *Gac Med Mex*. 2024;159(6):532-42. <https://doi.org/10.24875/GMM.M24000832>
12. Goyer RA. Transplacental transport of lead. *Environ Health Perspect*. 1990;89:101-5. <https://doi.org/10.1289/ehp.9089101>
13. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. Plomo. Washington: OPS/OMS, 2020 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/plomo>
14. Kordas K, Ravenscroft J, Cao Y, McLean EV. Lead exposure in low and middle-income countries: Perspectives and lessons on patterns, injustices, economics, and politics. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(11):2351. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112351>
15. Ruiz-Sandoval G. Envenenamiento lento por el plomo en los habitantes de Oaxaca. *Gac Med Mex*. 1878;13(21) [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/bgmm/1864_2007/1878-13-21-393-403.pdf
16. Molina-Ballesteros G, Zúñiga-Charles MA, Cárdenas-Ortega A, Solís-Cámara PR, Solís-Cámara PV. Lead concentrations in the blood of children from pottery-making families exposed to lead salts in a Mexican village. *Bull Pan Am Health Organ*. 1983;17(1):35-41.
17. Lara Flores E, Alagón-Cano J, Bobadilla JL, Hernández-Prado B, Ciscomani-Begoña A. Factores asociados a los niveles de plomo en sangre en residentes de la ciudad de México. *Salud Publica Mex*. 1989;31:625-33 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/download/47/47/110>
18. Rothenberg SJ, Pérez-Guerrero IA, Perroni-Hernández E, Schnaas-Arrieta L, Cansino-Ortiz S, Suro-Cárcamo D, et al. Fuentes de plomo en embarazadas de la cuenca de México. *Salud Publica Mex*. 1990;32(6):632-43 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/106/10632604.pdf>
19. Albert LA, Badillo F. Environmental lead in Mexico. *Rev Environ Contam Toxicol*. 1991;117:1-49. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3054-0_1
20. Hernández-Ávila M, Romieu I, Ríos C, Rivero A, Palazuelos E. Lead-glazed ceramics as major determinants of blood lead levels in Mexican women. *Environ Health Perspect*. 1991;94:117-20. <https://doi.org/10.1289/ehp.94-1567967>
21. Matte TD, Proops D, Palazuelos E, Graef J, Hernández-Ávila M. Acute high-dose lead exposure from beverage contaminated by traditional Mexican pottery. *Lancet*. 1994;344(8929):1064-5. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(94\)91715-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(94)91715-9)
22. Rojas-López M, Santos-Burgoa C, Ríos C, Hernández-Ávila M, Romieu I. Use of lead-glazed ceramics is the main factor associated to high lead in blood levels in two Mexican rural communities. *J Toxicol Environ Health*. 1994;42(1):45-52. <https://doi.org/10.1080/15287399409531862>
23. Romieu I, Palazuelos E, Hernández-Ávila M, Ríos C, Muñoz I, Jiménez C, Cahero G. Sources of lead exposure in Mexico City. *Environ Health Perspect*. 1994;102(4):384-9. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102384>
24. Vega-Franco L, Alvear G, Meza-Camacho C. La cerámica vidriada como factor de riesgo de exposición al plomo. *Salud Publica Mex*. 1994;36(2):148-53 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5743>
25. Olaiz G, Fortoul TI, Rojas R, Doyer M, Palazuelos E, Tapia CR. Risk factors for high levels of lead in blood of schoolchildren in Mexico City. *Arch Environ Health*. 1996;51(2):122-6. <https://doi.org/10.1080/00039896.1996.9936004>
26. López-Carrillo L, Torres-Sánchez L, Garrido F, Papaqui-Hernández J, Palazuelos-Rendón E, López-Cervantes M. Prevalence and determinants of lead intoxication in Mexican children of low socioeconomic status. *Environ Health Perspect*. 1996;104(11):1208-11. <https://doi.org/10.1289/ehp.104-1469505>
27. Fernández GO, Martínez RR, Fortoul TI, Palazuelos E. High blood lead levels in ceramic folk art workers in Michoacan, Mexico. *Arch Environ Health*. 1997;52(1):51-5. <https://doi.org/10.1080/00039899709603800>
28. Farias P. Determinants of bone and blood lead levels among teenagers living in urban areas with high lead exposure. *Environ Health Perspect*. 1998;106(11):733-7. <https://doi.org/10.1289/ehp.106-1533491>
29. Azcona-Cruz MI, Rothenberg SJ, Schnaas L, Zamora-Muñoz JS, Romero-Placeres M. Lead-glazed ceramic ware and blood lead levels of children in the city of Oaxaca, Mexico. *Arch Environ Health*. 2000;55(3):217-22. <https://doi.org/10.1080/00039890009603409>
30. Hernández-Serrato MI, Mendoza-Alvarado LR, Rojas-Martínez R, González-Garza C, Hulme JM, Olaiz-Fernández G. Factors associated with lead exposure in Oaxaca, Mexico. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2003;13(5):341-7. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500282>
31. Meneses-González F, Richardson V, Lino-González M, Vidal MT. Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del estado de Morelos, México. *Salud Publica Mex*. 2003;45(supl 2):203-8 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0036-36342003000800006
32. Chaudhary-Webb M, Paschal DC, Romieu I, Ting B, Elliot C, Hopkins H, et al. Determining lead sources in Mexico using the lead isotope ratio. *Salud Publica Mex*. 2003;45(supl 2):183-8. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342003000800003>
33. Flores J, Albert LA. Environmental lead in Mexico, 1990-2002. *Rev Environ Contam Toxicol*. 2004;181:37-109.
34. Manzanares-Acuña E, Vega-Carrillo HR, Salas-Luévano MÁ, Hernández-Dávila VM, Letechipía-de León C, Bañuelos-Valenzuela R. Niveles de plomo en la población de alto riesgo y su entorno en San Ignacio, Fresnillo, Zacatecas, México. *Salud Publica Mex*. 2006;48(3):212-19 [citado marzo 27, 2024]. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6690>
35. Leal-Escalante CR, Baltazar-Reyes MC, Lino-González M, Palazuelos-Rendón E, Meneses-González F. Concentraciones de plomo en sangre y reproblación de escolares en la ciudad de México. *Gac Med Mex*. 2007;143(5):377-81.
36. Farias P, Álamo-Hernández U, Mancilla-Sánchez L, Texcalac-Sangrador JL, Carrizales-Yáñez L, Riojas-Rodríguez H. Lead in school children from Morelos, Mexico: Levels, sources and feasible interventions. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(12):12668-82. <https://doi.org/10.3390/ijerph111212668>
37. Téllez-Rojo-Solís MM, Terrazas-Meraz MA, Hernández-Cadena L, Rueda-Hernández GE, Romano-Riquier SP, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, et al. Uso de cerámica vidriada como fuente de exposición a plomo en niños indígenas de zonas marginadas de Oaxaca, México. *Salud Publica Mex*. 2015;57(3):260-4. <https://doi.org/10.21149/spm.v57i3.7565>
38. Estrada-Sánchez D, Ericson B, Juárez-Pérez CA, Aguilar-Madrid G, Hernández L, Gualtero S, Caravanos J. Pérdida de coeficiente intelectual en hijos de alfareros mexicanos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2017;55(3):292-9.
39. Pantic I, Tamayo-Ortiz M, Rosa-Parra A, Bautista-Arredondo L, Wright RO, Peterson KE, et al. Children's blood lead concentrations from 1988 to 2015 in Mexico City: The contribution of lead in air and traditional lead-glazed ceramics. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(10):2153. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102153>

40. Ortiz-Sánchez JP. Detección de plomo en alimentos preparados en utensilios de barro vidriado, un peligro latente para la salud pública. *Salud Publica Mex.* 2023;65(1):106-7. <https://doi.org/10.21149/14190>
41. Alegría-Torres JA, Rocha-Amador DO, Pérez-Rodríguez RY, Rodríguez-Felipe VM, Cauich-Díaz M, Ponce-Noyola P, et al. Pilot monitoring of lead in umbilical cord blood of newborns associated with the use of glazed ceramics from Guanajuato, Mexico. *Biol Trace Elem Res.* 2024;202(6):2403-9. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03843-5>
42. Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Richardson V, Estrada-Sánchez D, Ávila-Jiménez L, Ríos C, et al. Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México. *Salud Publica Mex.* 2017;59(3):218-6. <https://doi.org/10.21149/8045>
43. Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Trejo-Valdivia B, Cantoral A, Estrada-Sánchez D, Kraiem R, et al. Reporte nacional de niveles de plomo en sangre y uso de barro vidriado en población infantil vulnerable. *Salud Publica Mex.* 2019;61(6):787-97. <https://doi.org/10.21149/10555>
44. Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Trejo-Valdivia B, Tamayo-Ortiz M, Estrada-Sánchez D, Kraiem R, et al. Análisis de la distribución nacional de intoxicación por plomo en niños de 1 a 4 años. Implicaciones para la política pública en México. *Salud Publica Mex.* 2020;62(6):627-36. <https://doi.org/10.21149/11550>
45. Bautista-Arredondo LF, Trejo-Valdivia B, Estrada-Sánchez D, Tamayo-Ortiz M, Cantoral A, Figueroa JL, et al. Intoxicación infantil por plomo en México: otras fuentes de exposición más allá del barro vidriado (Ensanut 2022). *Salud Publica Mex.* 2023;65(supl. 1):s197-s203. <https://doi.org/10.21149/14798>
46. Trejo-Valdivia B, Lerma-Treviño C, Tamayo-Ortiz M, Cantoral A, Figueroa JL, Romero-Martínez M, et al. Contribución de diversas fuentes de exposición a la concentración de plomo en sangre en población infantil mexicana, Ensanut 2022. *Salud Publica Mex.* 2023;65(6):550-8. <https://doi.org/10.21149/15080>
47. Téllez-Rojo MM, Figueroa JL, Bautista-Arredondo L, Rodríguez-Atristain A, Lerma-Treviño C, Romero-Martínez M, et al. Exposición a plomo en México. Análisis de los impactos en la salud y los costos asociados. México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2023.
48. Secretaría de Gobernación. Modificación de los numerales 3, 6.1, tabla I, así como los numerales 1 y 1.1.10, del Apéndice A, de la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente, publicada el 18 de octubre de 2002. México: DOF, 2017 [citado feb 16, 2023]. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5495551&fecha=30/08/2017#gsc.tab=0
49. Childhood Lead Poisoning Prevention. CDC updates blood lead reference value. 2022 [citado feb 16, 2023]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/nceh/lead/data/blood-lead-reference-value.htm>
50. Consejo de Salubridad General. Programa de Acción de Aplicación Inmediata para el Control de la Exposición a Plomo en México. México: Consejo de Salubridad General, 2019.
51. García-Vargas G, Cebrián A, Fariás-Serra P, Santos-Burgoa C. Protocolo para el manejo clínico de la intoxicación por plomo en población de menores de 15 años, las mujeres embarazadas y en período de lactancia. México: Consejo de Salubridad General, 2020 [citado feb 16, 2023]. Disponible en: https://www.ssm.gob.mx/portal/descargables/vigilancia/2021/Temas_Interes_Epidemiologico/34.-Protocolo_de_manejo_clinico_plomo.pdf
52. Cebrián A, Fariás-Serra P, Fritz J, Llamas R, Llorens C, Nucamendi G, Riojas-Rodríguez H. Sistema de vigilancia epidemiológica de plomo en sangre en menores de 5 años y en mujeres embarazadas. Coordinación de Mundo Químico. Propuesta para el Consejo de Salubridad General, Programa de acción de aplicación inmediata para el control de la exposición a plomo en México. Ciudad de México: 2020.
53. Romero-Martínez M, Barrientos-Gutiérrez T, Cuevas-Nasu L, Bautista-Arredondo S, Colchero MA, Gaona-Pineda EB, et al. Metodología de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2022 y Planeación y diseño de la Ensanut Continua 2020-2024. *Salud Publica de Mex.* 2022;64(5):522-9. <https://doi.org/10.21149/14186>
54. Magellan Diagnostics MD. LeadCare II blood lead analyzer user's guide. USA: 2022 [citado feb 16, 2023]. Disponible en: http://www.cantonhealth.org/pdf/400-001-08-06-A_Blood%20LeadII%20Users%20Guide.pdf
55. US Department of Agriculture. Fight lead poisoning with a healthy diet. USA: WIC Works Resource System, USDA [citado may 30, 2024]. Disponible en: <https://wicworks.fns.usda.gov/resources/fight-lead-poisoning-healthy-diet>
56. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Combata el envenenamiento por plomo comiendo alimentos saludables. Estados Unidos: 2022 [citado feb 16, 2023]. Disponible en: <https://health.ri.gov/otherlanguages/spanish/publications/factsheets/fight-lead-poisoning-healthy-foods.pdf>