

Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México

Martha María Téllez-Rojo, D en C,⁽¹⁾ Luis F Bautista-Arredondo, L en Leng y Lit,⁽¹⁾ Vesta Richardson, MC,⁽²⁾ Daniel Estrada-Sánchez, Ing Sist Elect,⁽³⁾ Laura Ávila-Jiménez, D en C,⁽⁴⁾ Camilo Ríos, D en C,⁽⁵⁾ Alejandra Cantoral-Preciado, D en C,⁽⁶⁾ Martín Romero-Martínez, D en Est,⁽⁷⁾ Delia Flores-Pimentel, M en C,⁽⁸⁾ María del Carmen Melo-Zurita, MC,⁽⁹⁾ Anita Romero-Ramírez, M en Alta Dir,⁽⁴⁾ Marco Antonio León-Mazón, M en SP,⁽⁴⁾ Sergio Montes, D en C,⁽⁵⁾ Richard Fuller, Ing,⁽³⁾ Mauricio Hernández-Ávila, D en C,⁽⁶⁾

Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Richardson V, Estrada-Sánchez D, Ávila-Jiménez L, Ríos C, Cantoral-Preciado A, Romero-Martínez M, Flores-Pimentel D, Melo-Zurita MC, Romero-Ramírez A, León-Mazón MA, Montes S, Fuller R, Hernández-Ávila M. Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México. *Salud Publica Mex* 2017;59:218-226. <https://doi.org/10.21149/8045>

Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Richardson V, Estrada-Sánchez D, Ávila-Jiménez L, Ríos C, Cantoral-Preciado A, Romero-Martínez M, Flores-Pimentel D, Melo-Zurita MC, Romero-Ramírez A, León-Mazón MA, Montes S, Fuller R, Hernández-Ávila M. Lead poisoning and marginalization in newborns of Morelos, Mexico. *Salud Publica Mex* 2017;59:218-226. <https://doi.org/10.21149/8045>

Resumen

Objetivo. Determinar la prevalencia de intoxicación por plomo (IPb) al nacimiento en Morelos, analizar su distribución por nivel de marginación y estimar la asociación con el uso de barro vidriado (BV). **Material y métodos.** Se midió plomo en sangre (PbS) en cordón umbilical de una muestra representativa de 300 nacimientos seleccionados aleatoriamente de aquéllos atendidos por los Servicios de Salud de Morelos e IMSS estatal. **Resultados.** La prevalencia de IPb al nacimiento (PbS > 5 µg/dL) fue 14.7% (IC95%: 11.1, 19.3), y 22.2% (IC95%: 14.4, 32.5) en los municipios más marginados. 57.1% (IC95%: 51.3, 62.7) de las madres usaron BV durante el embarazo y la frecuencia de uso se asoció significativamente con PbS. **Conclusión.** Este es el primer estudio que documenta la proporción de recién nacidos con IPb que

Abstract

Objective. To determine the prevalence of lead (Pb) poisoning at birth in Morelos, analyze its distribution by social marginalization level, and estimate the association with the use of lead glazed ceramics (LGC). **Materials and methods.** Blood lead level (BLL) in umbilical cord was measured in a representative sample of 300 randomly selected births at the Morelos Health Services and state IMSS. **Results.** The prevalence of Pb poisoning at birth (BLL > 5 µg/dL) was 14.7% (95%CI: 11.1, 19.3) and 22.2% (95%CI: 14.4, 32.5) in the most socially marginalized municipalities. 57.1% (95%CI: 51.3, 62.7) of the mothers used LGC during pregnancy, and the frequency of use was significantly associated with BLL. **Conclusion.** This is the first study to document the proportion of newborns with Pb poisoning who are at risk of experiencing the

- (1) Centro de Investigación en Nutrición y Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México.
- (2) Secretaría de Salud de Morelos. Cuernavaca, México.
- (3) Pure Earth. Nueva York, Estados Unidos.
- (4) Instituto Mexicano del Seguro Social. Delegación Estatal Morelos Cuernavaca, México.
- (5) Departamento de Neuroquímica, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Ciudad de México, México.
- (6) Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México.
- (7) Centro de Investigación en Evaluación y Encuestas, Instituto Nacional de Salud Pública. Ciudad de México, México.
- (8) Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México.
- (9) Servicios de Salud de Morelos. Cuernavaca, México.

Fecha de recibido: 8 de julio de 2016 • **Fecha de aceptado:** 30 de enero de 2017

Autor de correspondencia: Dra. Martha María Téllez-Rojo. Centro de Investigación en Nutrición y Salud, Instituto Nacional de Salud Pública. Av. Universidad 655, col. Santa María Ahuacatitlán. 62100 Cuernavaca, Morelos. Correo electrónico: mmtellez@insp.mx

están en riesgo de sufrir los consecuentes efectos adversos. Se recomienda monitorear PbS al nacimiento y emprender acciones para reducir esta exposición, especialmente en poblaciones marginadas.

Palabras clave: plomo en sangre; intoxicación por plomo; recién nacido; barro vidriado con plomo; marginación social; México

related adverse effects. It is recommended to monitor BLL at birth and take action to reduce this exposure, especially in socially marginalized populations.

Keywords: blood lead; lead poisoning; newborns; lead-glazed ceramics; social marginalization; Mexico

El plomo (Pb) es uno de los metales tóxicos más estudiados y sus efectos adversos para la salud están sólidamente establecidos desde hace décadas. La Organización Mundial de la Salud lo considera uno de los 10 elementos químicos de mayor preocupación para la salud pública, causante de 600 000 casos nuevos de discapacidad intelectual en el mundo cada año.¹ Sin embargo, a la fecha se desconoce la dimensión exacta de la intoxicación humana por este metal en México debido a que no existen estudios representativos sobre el tema y no se cuenta con un sistema de vigilancia de los niveles de plomo en sangre (PbS).

El Pb es un metal pesado, tóxico para el ser humano, y que está presente en el ambiente y en emisiones derivadas de actividades humanas.² La exposición ocurre por vía respiratoria, gastrointestinal y, durante el embarazo, mediante la movilización del Pb en hueso materno, el cual ingresa al torrente sanguíneo y cruza la barrera fetoplacentaria, constituyendo una fuente de exposición endógena para el feto.^{3,4}

Las fuentes de exposición varían por región, país y contexto local. En México, la eliminación del Pb de las gasolinas en 1997 disminuyó los niveles de este metal en el aire.⁵ Actualmente, la fuente más común en la población no expuesta laboralmente es a través de la elaboración, almacenamiento y consumo de alimentos y bebidas en loza de barro vidriado (BV) con óxido de Pb (greta) horneada a bajas temperaturas.^{6,7}

La concentración de PbS se mide en microgramos (μg) por decilitro (dL) de sangre. En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000 establece 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de PbS como valor de referencia para niños menores de 15 años, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia, y 25 $\mu\text{g}/\text{dL}$ para el resto de la población no ocupacionalmente expuesta.⁸ De acuerdo con los Centers for Disease Control and Prevention (CDC) de Estados Unidos (EUA), el valor a partir del cual se consideran niveles elevados de PbS en todos los grupos etarios de la población general es 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$.^{9,10}

En 2012, el Programa Nacional de Toxicología de EUA calificó como suficiente la evidencia sobre los efectos adversos a la salud asociados con concentraciones de PbS

por debajo de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$, e incluso por debajo de 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$,¹¹ reconociendo además que las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia, así como la población infantil, constituyen la población más susceptible a la toxicidad del Pb. El acervo que soporta este reconocimiento incluye estudios realizados en población mexicana.¹²

Las concentraciones de PbS materna $<5 \mu\text{g}/\text{dL}$ se han asociado con la reducción del crecimiento fetal y aumento del riesgo de aborto espontáneo y parto prematuro. En niños con concentraciones $<5 \mu\text{g}/\text{dL}$ se ha establecido una disminución de hasta 6.9 puntos de coeficiente intelectual (CI), menor rendimiento académico y de otras medidas cognitivas, así como aumento de la incidencia de trastornos relacionados con la atención y problemas de comportamiento. Estos efectos se ven aumentados en niños que presentan deficiencia de hierro o anemia.¹³ El Pb es también un disruptor endócrino que puede afectar la maduración sexual en niños y adolescentes.^{14,15} Concentraciones $<10 \mu\text{g}/\text{dL}$ se han asociado con disminución de la audición y de la función renal.^{11,16-18}

Los efectos de la toxicidad del Pb son mayores en poblaciones que viven en condiciones de pobreza, situación que se ha expresado como una fuente de injusticia ambiental a nivel mundial.¹⁹

Diversos estudios han intentado estimar los niveles de PbS en México. Un metaanálisis que incluyó 83 estudios realizados entre 1978 y 2010 en diversas ciudades del país reportó medias geométricas (MG) de PbS de 6.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en el subgrupo de menores de un año de edad. La MG de un subgrupo de cuatro estudios del mismo metaanálisis, realizados a partir del año 2000 en muestras seleccionadas por conveniencia en la Ciudad de México y que incluyeron población menor a un año, fue de 4.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (IC95%: 3.7 - 6.0), con un rango de 3.0 a 10.6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ entre los estudios.⁷

En el estado de Morelos, un estudio realizado en 226 niños de Alpuyeca en 2011 encontró una concentración media de PbS de 7.2 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (DE=4.9) con 64 y 18% de la población del estudio con niveles >5 y 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$, respectivamente. La utilización de BV se asoció con mayor riesgo de presentar concentraciones de PbS por arriba de 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$.²⁰

Si bien todos estos antecedentes aportan información relevante en el tema, tienen el inconveniente de no ser representativos de la población general, lo que limita la posibilidad de hacer inferencias a nivel poblacional. El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de intoxicación por Pb al nacimiento en una muestra representativa de recién nacidos (RN) del estado de Morelos, analizar su distribución por nivel de marginación y estimar la asociación entre el uso de BV con Pb durante la gestación y los niveles de PbS.

Material y métodos

Se llevó a cabo un estudio transversal, entre abril y septiembre de 2015, en una muestra representativa de 300 mujeres y sus RN, seleccionada aleatoriamente de los nacimientos de 10 hospitales de los Servicios de Salud de Morelos (SSM) (población general) y tres hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (población derechohabiente). El diseño muestral del estudio consideró a los hospitales como estratos, y el tamaño de muestra por hospital se asignó de manera proporcional al número estimado de nacimientos mensuales de estas unidades médicas. El tamaño de muestra se determinó para satisfacer dos objetivos: estimar la proporción de niños con una concentración de plomo mayor a $10\mu\text{g}/\text{dL}$ con una semiamplitud relativa de 5.0% y estimar la concentración media de plomo en sangre de los recién nacidos. En cada hospital se utilizó un muestreo sistemático para la selección de los nacimientos en un horario laboral de 8:00 am a 8:00 pm. Dado que no hay evidencia documentada o conceptual que sugiera que el horario del nacimiento está relacionado con los niveles de plomo en sangre o con el nivel de marginación, se decidió tener este horario operativo sin comprometer la validez interna del estudio.

Se invitó a participar en el estudio a mujeres embarazadas de entre 18 y 44 años, que acudieron a estos hospitales para la resolución del embarazo. A quienes aceptaron participar se les explicó el estudio y se les aplicó una forma de consentimiento informado. La tasa de respuesta fue de 100%.

Enfermeras capacitadas recolectaron dos muestras de sangre del cordón umbilical para determinar de forma no invasiva la concentración de PbS de los RN. La primera muestra se analizó en el Laboratorio de Neuroquímica del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) con horno de grafito y corrector de fondo Zeeman, usando un espectrofotómetro Perkin-Elmer AA600 con automuestreador AS-800. Las curvas de calibración se construyeron con un estándar comercial (*GFAAS mixed standard, Perkin-Elmer pure*). Las muestras

fueron analizadas por duplicado, y el control de calidad se llevó a cabo analizando estándares de sangre de bovino de concentración conocida, simultáneamente con las muestras. Los resultados que se reportan en este artículo utilizaron los obtenidos por esta técnica.

Se tomó una segunda muestra con el sistema Lead Care, a fin de notificar resultados a las participantes de manera inmediata. Si los niveles eran mayores a $10\mu\text{g}/\text{dL}$, un médico notificó el resultado y se inició el protocolo de seguimiento, que incluyó valoración del RN por el Servicio de Neonatología y Vigilancia del Crecimiento y Desarrollo del RN; consulta en la clínica de los "Servicios Integrales para la Prevención y Atención de la Discapacidad" (SINDIS) de Morelos, donde se realizaron evaluaciones neuroconductual y de neurodesarrollo, tamizajes auditivo y visual, y una nueva medición de PbS; búsqueda intencionada en el hogar para identificar fuentes de exposición; y consejería sobre eliminación de BV con plomo, y recomendaciones nutricionales.

Adicionalmente, se aplicó a las madres participantes un cuestionario sobre información sociodemográfica, de exposición a Pb (ocupacional y residencial), uso de BV (se mostraron fotografías con ejemplos a fin de que las participantes identificaran las piezas de BV), antecedentes obstétricos e información del RN.

La base de datos del estudio se integró y ponderó de acuerdo con las probabilidades de selección derivadas del diseño muestral.

Para estimar la contribución de la frecuencia de uso de loza de BV sobre los valores de PbS observados, se generó un modelo de regresión lineal para esta variable transformada logarítmicamente (para reducir la asimetría a la derecha observada). El modelo se ajustó por edad de la madre y sexo del bebé. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico Stata 13.

Los resultados del estudio se analizaron estratificando por nivel de marginación del municipio de residencia reportado, de acuerdo con el Índice de Marginación (IM) del Consejo Nacional de Población.²¹ A nivel nacional, el índice clasifica a estados y municipios en cinco niveles de marginación: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Morelos se clasifica con marginación media, y sus municipios se clasifican en niveles de marginación media, baja y muy baja, por lo que los resultados de este estudio se reportan únicamente para estas tres categorías de la siguiente manera: IM medio= mayor marginación; IM bajo= marginación media; e IM muy bajo= menor marginación.

Puesto que la evidencia respecto a los efectos adversos derivados de la exposición a Pb en niveles por debajo del nivel de referencia internacional es contundente, en este artículo se utilizó el término "intoxicación por plomo" en niveles de PbS superiores a $5\mu\text{g}/\text{dL}$,

de conformidad con el uso del término en la literatura internacional.²²

El protocolo de investigación fue aprobado por los Comités de Investigación, Ética en Investigación y Bioseguridad del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), por la Coordinación de Investigación de la Subdirección de Enseñanza, Investigación y Capacitación de los SSM, por el Comité de Ética en Investigación del Hospital General de Cuernavaca Dr. José G. Parres, y por la Comisión Nacional de Investigación Científica del IMSS.

Resultados

El estudio incluyó a 300 mujeres y sus RN, que son representativos de 2 109 nacimientos que se estiman atender anualmente en estas dos instituciones. Las características demográficas de la población del estudio se presentan en el cuadro I.

La edad media de las mujeres fue de 25 años (DE=5.6) y 27% declaró tener su residencia en los municipios de mayor marginación en el estado. Los SSM atendieron la mayoría de nacimientos de mujeres resi-

Cuadro I
CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE MADRES Y RECIÉN NACIDOS
DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO, 2015*

Características [‡]	Total	Nivel de marginación			Valor p [§]
		Menor	Media	Mayor	
Población del estudio	n= 300	n= 132	n= 71	n= 97	
Población que representa	N=2 109	N= 1 025 (48%)	N= 521 (25%)	N= 563 (27%)	
Institución de atención					
SSM	75.1	63.3	85.1	87.6	<0.01
IMSS	24.9	36.7	14.9	12.4	
Características maternas					
Edad (años)	25 (24.4, 25.7)	25.3 (24.4, 26.3)	23.7 (22.7, 24.7)	26.7 (24.3, 27.0)	0.94
Escolaridad					
Primaria o menos	19.6 (15.5, 24.4)	13.7 (8.8, 20.6)	18.0 (10.7, 28.6)	32.0 (22.8, 42.7)	0.01
Secundaria	45.3 (39.6, 51.0)	43.8 (35.8, 52.2)	49.5 (38.0, 61.0)	44.0 (33.7, 54.8)	
Preparatoria/Téc	27.7 (22.9, 33.1)	31.6 (24.3, 39.8)	28.4 (19.0, 40.2)	19.9 (12.7, 29.9)	
Universidad o más	7.5 (5.0, 11.1)	11.0 (6.8, 17.2)	4.2 (1.3, 12.4)	4.2 (1.4, 11.5)	
Uso actual de BV	57.1 (51.3, 62.7)	53.9 (45.3, 62.3)	51.0 (39.5, 62.5)	68.5 (57.0, 77.6)	0.01
Frecuencia uso de BV					
Nunca	42.9 (37.3, 48.7)	46.1 (37.7, 54.7)	49.0 (37.5, 60.5)	31.5 (22.5, 42.3)	0.21
1-3 veces/mes	16.9 (13.0, 21.7)	16.5 (11.1, 23.8)	16.3 (9.5, 26.6)	18.2 (11.3, 28.1)	
1-6 veces/semana	27.7 (23.0, 33.0)	28.4 (21.4, 36.6)	21.0 (12.9, 32.3)	32.7 (24.1, 42.7)	
1 o + veces/día	12.5 (9.3, 16.6)	9.1 (5.3, 15.1)	13.7 (7.4, 24.1)	17.6 (11.2, 26.5)	
Características de recién nacidos					
Mujeres	48.2 (42.4, 54.1)	49.0 (40.5, 57.6)	45.2 (33.9, 57.0)	49.5 (38.9, 60.1)	0.84
Edad gest. (semanas)	38.8 (38.5, 39.0)	38.6 (38.2, 39.0)	39.0 (38.6, 39.4)	38.9 (38.4, 39.3)	0.31
Peso (g)	3 067 (3004, 3129)	3 042 (2951, 3132)	3 072 (2956, 3189)	3 106 (2973, 3240)	0.42
Pb en cordón (µg/dL)	3.1 (2.7, 3.5)	2.5 (2.1, 2.9)	3.5 (2.2, 4.7)	3.9 (3.1, 4.7)	< 0.01

* El estudio se realizó en Morelos, México entre abril y septiembre de 2015

‡ Media para edad de la mujer, edad gestacional, peso y plomo en cordón umbilical, porcentaje para el resto de las variables (IC95%)

§ Valor de p, para la comparación entre las diferentes variables por nivel de marginación (Prueba t-Test para variables continuas, χ^2 de Pearson para variables categóricas)

SSM: Servicios de Salud de Morelos

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

dentes en los municipios más marginados del Estado (87.6%).

La media de peso de los RN fue de 3 067 g (DE=535.8). 9.4% de los neonatos fueron prematuros (<37 semanas); y de éstos, 28% presentó bajo peso al nacimiento para la edad gestacional.²³ De los nacimientos a término, 5.4% tuvo bajo peso. No se encontró asociación significativa entre nacimiento prematuro y bajo peso con el nivel de marginación del municipio de residencia.

El cuadro II muestra los municipios de residencia de las madres y RN incluidos en el estudio, y su distribución por nivel de marginación.

Las concentraciones de PbS se presentan en el cuadro III. La concentración media de PbS fue de 3.1 µg/dL (IC95%: 2.7, 3.5), con un rango de 0.04 a 41 µg/dL, y MG de 2.0 µg/dL (IC95%: 1.8, 2.3). La proporción de valores no detectables mediante la técnica EEA fue de 0.01% (N=3), y fueron considerados con valor "0" en el análisis.

Los RN de mujeres atendidas en los SSM tuvieron concentraciones de PbS (MG) significativamente mayores ($p<0.01$) que aquéllas atendidas en el IMSS: 2.4µg/dL; IC95% (2.1, 2.7) vs 1.3µg/dL; IC95% (1.0, 1.6), respectivamente, lo que denota diferencias en la población que atiende cada institución. No hubo dife-

rencias significativas en los niveles de PbS en cuanto al sexo, edad gestacional y peso del RN, así como por la ocupación de la madre.

Las prevalencias de intoxicación por plomo, general y por nivel de marginación, se presentan en la figura 1. La prevalencia de RN con niveles superiores a lo que establece la NOM199-SSA1-2000 (10 µg/dL) fue 4.3% (IC95%: 2.5, 7.4). La prevalencia de RN con niveles superiores al valor establecido por los CDC de EUA (5 µg/dL) fue de 14.7% (IC95%: 11.1, 19.3), y la cifra aumenta a 22.2% (IC95%: 14.4, 32.5) para residentes de los municipios con mayor marginación del estado.

El uso actual de BV para preparar y consumir alimentos durante el embarazo entre las mujeres del estudio fue 57.1% (IC 95%: 51.3, 62.7) y, de éstas, el 70.4% (IC 95%: 63, 77) lo hicieron más de una vez a la semana.

La frecuencia de uso de BV con plomo tuvo una asociación positiva clara con las concentraciones de PbS de RN ($p<0.01$) (figura 2). Los RN de madres que no usaron BV tuvieron una media de PbS de 1.3 µg/dL (IC95%: 1.1, 1.5); en comparación, quienes reportaron un uso diario arrojaron niveles de 3.5 µg/dL (IC 95%: 2.4, 5.0). La tendencia fue altamente significativa ($p<0.01$). La frecuencia de uso de loza de BV explicó

Cuadro II
POBLACIÓN DEL ESTUDIO (N) POR MUNICIPIO DE RESIDENCIA, INSTITUCIÓN DE ATENCIÓN AL PARTO, NIVEL DE MARGINACIÓN Y PREVALENCIA DE INTOXICACIÓN POR PLOMO AL NACIMIENTO (PbS >5µg/dL). MORELOS, MÉXICO, 2015*

Municipio de residencia reportado (n)	n	Institución de atención (n)		Nivel de marginación del municipio de residencia	Prevalencia de intoxicación por Pb (PbS >5µg/dL) % (IC95%)
		SSM	IMSS		
Amacuzac (5) Axochiapan (11) Ayala (13) Coatlán del Río (1) Jantetelco (3) Jonacatepec (4) Mazatepec (4) Miacatlán (3) Ocuituco (1) Puente de Ixtla (12) Atlatlahucan (1) Huitzilac (4) Jojutla (14) Temixco (15) Cuautla (33) Cuernavaca (49) Emiliano Zapata (19)					
Temoac (3) Tepalcingo (9) Tetecala (1) Tetela del Volcán (12) Tlalquitenango (6) Tlayacapan (2) Totolapan (3) Yecapixtla (4) Tlalnepantla (0) Zacualpan (0) Tepoztlán (6) Tlaltizapán (6) Xochitepec (9) Yautepec (16) Jiutepec (24) Zacatepec (7)	n=97 (32%)	87	10	Mayor marginación	22.2 (14.5, 32.3)
	n=71 (24%)	61	10	Marginación media	15.6 (8.8, 26.3)
	n=132 (44%)	84	48	Menor marginación	10.2 (6.1, 16.5)
Total	300	232	68		

* El estudio se realizó en Morelos, México entre abril y septiembre de 2015

SSM: Servicios de Salud de Morelos

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

Cuadro III
CONCENTRACIONES DE PLOMO EN SANGRE DE CORDÓN UMBILICAL DE RECIÉN NACIDOS EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO, 2015*

Variable	%	Media geométrica ($\mu\text{g/dL}$) (IC95%)	Valor p [‡]
Media geométrica general		2.0 (1.8, 2.3)	
Institución de atención			
SSM	75	2.4 (2.1, 2.7)	<0.001
IMSS	25	1.3 (1.0, 1.6)	
Características maternas			
Nivel de marginación del municipio de residencia			
Menor	48	1.7 (1.5, 2.0)	<0.001
Medio	25	2.0 (1.5, 2.5)	
Mayor	27	2.8 (2.4, 3.4)	
Uso de barro vidriado en la infancia			
Sí	70	2.3 (2.0, 2.5)	0.01
No	30	1.6 (1.2, 2.0)	
Uso <i>actual</i> de barro vidriado			
Sí	57	2.8 (2.5, 3.2)	<0.01
No	43	1.3 (1.1, 1.5)	
Frecuencia de uso barro vidriado			
Nunca	43	1.3 (1.1, 1.5)	<0.001
1-3 veces/mes	17	2.0 (1.6, 2.6)	
1-6 veces/semana	28	3.2 (2.7, 3.7)	
1 o más veces/día	12	3.5 (2.4, 5.0)	
Características de recién nacidos			
Sexo			
Mujer	48	2.0 (1.7, 2.4)	0.93
Hombre	52	2.0 (1.7, 2.4)	
Edad gestacional (semanas)			
<37	9	2.5 (1.8, 3.5)	0.23
≥37	91	2.0 (1.8, 2.2)	
Peso normal (>2500 gr)	87	2.0 (1.8, 2.2)	0.47
Bajo peso (<2500 gr)	13	2.3 (1.6, 3.1)	

* El estudio se realizó en Morelos, México entre abril y septiembre de 2015

‡ Valor p, T-test para variables continuas

SSM: Servicios de Salud de Morelos

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

20% de la variabilidad de las concentraciones de PbS de los RN, siendo ésta la variable que más contribuyó a esta explicación.

Las mediciones de PbS obtenidas por los dos métodos analíticos utilizados (Lead Care® y EAA) mostraron una correlación de 0.8 ($p < 0.01$).

Discusión

Este estudio constituye la primera evidencia sobre los niveles de PbS al nacimiento en una muestra poblacional representativa de los nacimientos que atienden los SSM y el IMSS en el estado de Morelos, los cuales represen-

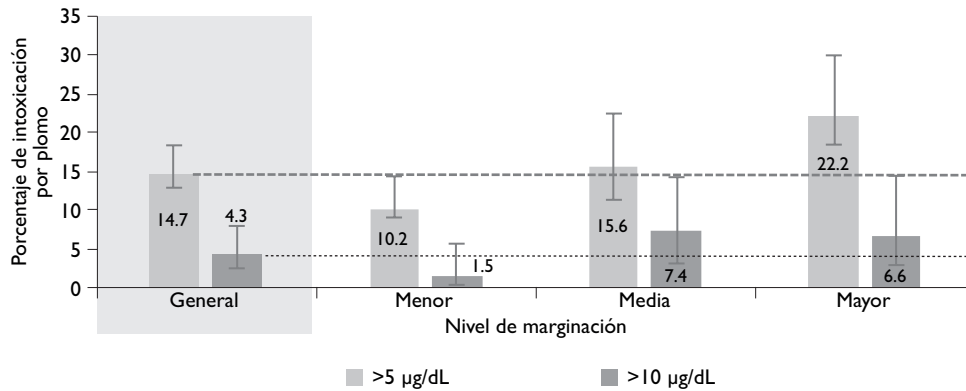


FIGURA 1. PREVALENCIAS DE INTOXICACIÓN POR PLOMO Y NIVEL DE MARGINACIÓN EN RECIÉN NACIDOS DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO, 2015

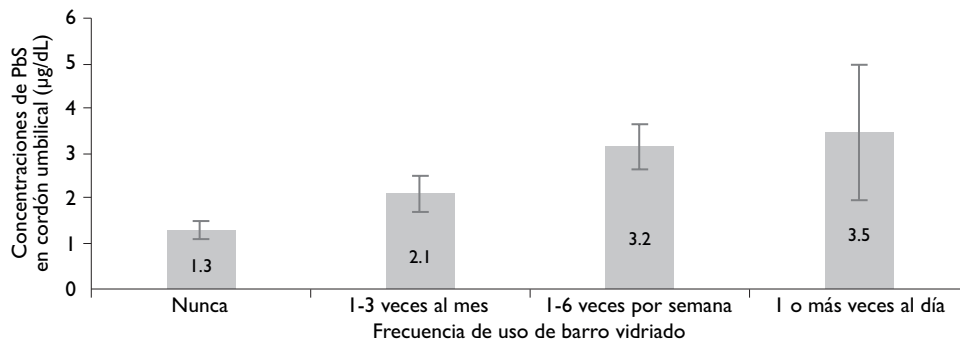


FIGURA 2. CONCENTRACIONES DE PLOMO EN SANGRE DE CORDÓN UMBILICAL Y FRECUENCIA DE USO DE BARRO VIDRIADO EN RECIÉN NACIDOS DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO, 2015

tan 75.1% del total de los nacimientos que ocurren en el estado.

La prevalencia general de intoxicación al nacimiento ($>5\mu\text{g/dL}$) encontrada fue 14.7% (IC95%: 11.1, 19.3) y es aún mayor en la población más marginada del estado: 22.2% (IC95%: 14.4, 32.5), en donde coexisten deficiencias nutricionales de micronutrientes, condiciones que favorecen la asimilación gastrointestinal del Pb y potencian su efecto tóxico.²⁴

En ausencia de una intervención que elimine las fuentes de exposición, se puede inferir que la exposición continuará durante la infancia; y siendo ésta una etapa de elevada tasa de formación ósea, se favorecerá la acumulación de este metal. Si bien este estudio no permite demostrarlo, es de esperarse que estos RN puedan alcanzar en años posteriores los niveles de PbS referidos en estudios previos, como el de Caravanos y

colaboradores (MG de $5.36\mu\text{g/dL}$), donde se observa un incremento con la edad en los niveles de PbS, o el de Farías y colaboradores, ($7.23\mu\text{g/dL}$).

Los resultados encontrados en este estudio se pueden considerar muy elevados si los comparamos con otros estudios reportados en la literatura científica internacional. En 2016 se documentó un aumento de 4.0 a 10.6% ($p<0.05$) en la prevalencia de intoxicación por plomo (IPb) en niños mayores de cinco años entre 2013 y 2015 en Flint, Michigan, EUA como consecuencia del cambio en la fuente de suministro de agua potable.²⁵ Estos resultados merecieron una reacción enérgica y expedita por parte de las autoridades de ese país para resolver la situación que se reconoció como una emergencia sanitaria.²⁶

El primer paso para solucionar un problema es reconocerlo y cuantificar su magnitud. Este estudio aporta

información relevante para el estado de Morelos, que tuvo la disposición de profundizar en la comprensión del problema. Sin embargo, dado que en México no existe un sistema de monitoreo poblacional que mida los niveles de PbS, aún falta conocer la situación nacional. Una manera eficiente de conocer la magnitud del problema sería a través de la inclusión de la medición de PbS en las encuestas nacionales y estatales de salud. Esto permitiría emprender acciones para reducir disparidades relacionadas con factores de vulnerabilidad incremental tales como pobreza, desnutrición y problemas concurrentes de salud. Recomendamos replicar este estudio en estados que tienen una alta producción y arraigo cultural del uso de BV como Puebla, Oaxaca, Estado de México y Jalisco, entre otros.

La inversión de recursos es mínima en comparación con los costos sociales y económicos que se pueden prevenir. La prevención a la exposición a Pb es costo-efectiva, con retornos en beneficios sociales de entre 17 y 221 dólares por cada dólar invertido en el control de riesgos.²⁷ En términos de salud, resultan más costosas las consecuencias de no controlar la exposición de la población en riesgo y con secuelas de salud a largo plazo en términos de inteligencia, crecimiento, atención, y más adelante en su vida, en el desarrollo de enfermedades crónicas. En México, estas pérdidas se han estimado en una reducción de 5 puntos de CI en 15% de la población como consecuencia de la exposición al Pb.⁷ En términos económicos, los costos totales anuales estimados atribuibles a la exposición infantil al Pb en México son de 32 mil millones de dólares con pérdidas económicas equivalentes a 1.85% de PIB anual.²⁸

El presente estudio encontró que la principal fuente de exposición en población general es la loza de BV con Pb, y que su uso sigue siendo altamente prevalente en la población de mujeres embarazadas en Morelos, con una clara relación entre frecuencia de uso de BV de la madre y los niveles de PbS (figura 2). Eliminar esta fuente de exposición es posible, pero requiere de un esfuerzo multisectorial coordinado que incluya a instancias de gobierno en distintos niveles de los sectores salud, desarrollo social y trabajo productivo y comercial en relación con la producción y comercialización de loza de BV a fin de emprender acciones que promuevan entornos saludables. La solución debe considerar los efectos en salud, pero también debe reconocer y promover el rol fundamental de la producción de BV como actividad productiva y como una expresión cultural de México.

Se identificaron dos limitaciones en este estudio: 1) la representatividad se restringe a los nacimientos atendidos por el IMSS y los SSM y no considera los atendidos en el ISSSTE ni en el sector privado. Sin embargo, éstos representan 2.8 y 16.5%, respectivamente,

de los nacimientos en el estado.²⁹ La exclusión de estas dos poblaciones se debió a complicaciones logísticas y administrativas derivadas de la inclusión de una institución de carácter nacional (ISSSTE) y la dificultad de acceder a instituciones privadas, ambas condiciones no relacionadas con la exposición a barro vidriado. 2) No se cuenta con mediciones de plomo en aire y agua. Sin embargo, dado que los valores que se observaron en la población que no usa BV son comparables con las que ocurren en países más avanzados en términos del control de la exposición a plomo,³⁰ se consideraron contribuciones menores.

Los resultados aportan información que las autoridades del país podrían capitalizar para emprender acciones que disminuyan el rezago que existe en el tema de la intoxicación por Pb en México, y que afecta de forma desproporcionada a sectores vulnerables de la población. De acuerdo con la evidencia reciente se recomienda actualizar la Norma Oficial para fijar los límites de PbS por lo menos en 5 µg/dL, así como implementar un sistema de vigilancia de su cumplimiento.

Finalmente, se recomienda implementar estrategias de difusión entre la población para informar sobre los riesgos de la exposición y prevenirlos.

Reconocimiento

El estudio fue financiado por el INSP y la Comisión Europea/UNIDO a través de Pure Earth. Agradecemos las facilidades y el apoyo provisto por funcionarios y personal de la Secretaría de Salud de Morelos, los SSM y de la Delegación Estatal del IMSS Morelos, así como a las mujeres que aceptaron participar en el estudio. Asimismo, al Dr. Pável Korchaguin Piña-Pérez por su apoyo en la evaluación de recién nacidos y a José Antonio de la Rosa Parra por apoyo en el análisis estadístico.

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

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: Plomo [sitio de internet]. Ginebra: OMS, 2016. [consultado en abril de 2016]. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/es/
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Lead [sitio de internet]. Atlanta, GA: ATSDR, 2007 [consultado en abril de 2016]. Disponible: <http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=92&tid=22>
3. Gulson BL, Mizon KJ, Korsch MJ, Palmer JM, Donnelly JB. Mobilization of lead from human bone tissue during pregnancy and lactation—a summary of long-term research. *Sci Total Environ* 2003;303:79-104. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00355-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00355-8)

4. Goyer RA. Transplacental transport of lead. *Environ Health Perspect* 1990;89:101-105. <https://doi.org/10.1289/ehp.9089101>
5. Cortez-Lugo M, Téllez-Rojo MM, Gómez-Dantés H, Hernández-Avila M. Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana de la Ciudad de México. 1988-1998. *Salud Publica Mex* 2003;45(Suppl 2):S196-S202. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342003000800005>
6. Jiménez-Gutiérrez C, Romieu I, Ramírez-Sánchez AL, Palazuelos-Rendón E, Muñoz-Quiles I. Exposición a plomo en niños de 6 a 12 años de edad. *Salud Publica Mex* 1999;41(Suppl 2):S72-S81.
7. Caravanos J, Dowling R, Téllez-Rojo MM, Cantoral A, Kobrosly R, Estrada D, et al. Blood lead levels in Mexico and pediatric burden of disease implications. *Ann Glob Health* 2014;80(4):269-277. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.08.002>
8. Secretaría de Salud. 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. México: Diario Oficial de la Federación, 2002.
9. Centers for Disease Control and Prevention. New blood lead level information (Reference level) [sitio de internet]. Atlanta, GA: CDC, 2012 [consultado en abril de 2016]. Disponible en: http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/blood_lead_levels.htm
10. National Institute for Occupational Safety and Health. Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance. Reference blood lead level for adults. [sitio de internet]. Atlanta, GA: NIOSH/ABLES, 2015 [consultado en abril de 2016]. Disponible: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/ables/description.html>
11. National Toxicology Program. NTP Monograph on the Health Effects of Low-level Lead. North Carolina: NTP, 2012.
12. Téllez-Rojo MM, Bellinger DC, Arroyo-Quiroz C, Lamadrid-Figueroa H, Mercado-García A, Schnaas-Arrieta L, et al. Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than 10 microg/dL and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City. *Pediatrics* 2006;118(2):e323-e330. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-3123>
13. Cunningham E. What role does nutrition play in the prevention or treatment of childhood lead poisoning? *J Acad Nutr Diet* 2012;112:1916. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2012.09.003>
14. Iavicoli I, Fontana L, Bergamaschi A. The effects of metals as endocrine disruptors. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2009;12:206-223. <https://doi.org/10.1080/10937400902902062>
15. Rana SV. Perspectives in endocrine toxicity of heavy metals—a review. *Biol Trace Elem Res* 2014;160:1-14. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0023-7>
16. Lanphear BP, Hornung R, Khoury 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):894-899. <https://doi.org/10.1289/ehp.7688>
17. Ekong EB, Jaar BG, Weaver VM. Lead-related nephrotoxicity: a review of the epidemiologic evidence. *Kidney Int* 2006;70:2074-2084. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5001809>
18. Abadin H, Ashizawa A, Stevens YW, Lladós F, Diamond G, Sage G, et al. Toxicological Profile for Lead. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US), 2007.
19. Blacksmith Institute, Global Alliance on Health and Pollution. The poisoned poor: toxic chemicals exposures in low- and middle-income countries. [sitio de internet]. New York: GAHP, 2013 [consultado en abril de 2016]. Disponible en: <http://www.gahp.net/new/resources/pollution-andhealth/gahp-poisoned-poor/>
20. Farías 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):12668-12682. <https://doi.org/10.3390/ijerph111212668>
21. Consejo Nacional de Población. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. México: Conapo, 2011.
22. Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention. Low level lead exposure harms children: A renewed call for primary prevention. Atlanta GA: ACCLPP, 2012.
23. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-1993, Atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio y del recién nacido. Criterios y procedimientos para la prestación del servicio. México: Diario Oficial de la Federación, 1995.
24. Cantoral A, Téllez-Rojo MM, Levy TS, Hernández-Avila M, Schnaas L, Hu H, et al. Differential association of lead on length by zinc status in two-year old Mexican children. *Environ Health* 2015;14(1):95. <https://doi.org/10.1186/s12940-015-0086-8>
25. Hanna-Attisha M, LaChance J, Sadler RC, Champney-Schnepf A. Elevated Blood Lead Levels in Children Associated With the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response. *Am J Public Health* 2016;106(2):283-290. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2015.303003>
26. The White House, Office of the Press Secretary. President Obama Signs Michigan Emergency Declaration [sitio de internet]. Washington DC: The White House, 2016 [consultado en noviembre de 2016]. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/01/16/president-obama-signs-michigan-emergency-declaration>
27. Gould E. Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. *Environ Health Perspect* 2009;117:1162-1167. <https://doi.org/10.1289/ehp.0800408>
28. Attina TM, Trasande L. Economic costs of childhood lead exposure in low- and middle-income countries. *Environ Health Perspect* 2013;121:1097-1102. <https://doi.org/10.1289/ehp.1206424>
29. Dirección General de Información en Salud. Base de datos de Certificado de Nacimiento-Nacimientos ocurridos 2015 [sitio de internet]. México: Sistema Nacional de Información en Salud, 2016. Disponible en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/certnac_sinac2015.html
30. Brown MJ, Margolis S. Lead in drinking water and human blood lead levels in the United States. *MMWR Suppl* 2012;61(4):1-9.