



# Pérdida de coeficiente intelectual en hijos de alfareros mexicanos

Daniel Estrada-Sánchez,<sup>a</sup> Bret Ericson,<sup>a</sup> Cuauhtémoc Arturo Juárez-Pérez,<sup>b</sup> Guadalupe Aguilar-Madrid,<sup>b</sup> Lina Hernández,<sup>a</sup> Sandra Gualtero,<sup>a</sup> Jack Caravanos<sup>c</sup>

## Intelligence quotient loss in Mexican pottery artisan's children

**Background:** In Mexico, artisans frequently use lead oxide or greta in order to produce utensils, which are destined to preparation and storage of food and drinks. Additionally, the risk of lead poisoning of artisans and their families is greater than in general population, and within these families, children are the most susceptible to lead poisoning. The aim of this study was to estimate IQ loss in Mexican children from potter families exposed to lead.

**Methods:** Lead concentrations in soil were determined in 19 potter's homes that functioned as pottery workshops in seven Mexican states between 2009 and 2012. This information was used to estimate blood lead levels through the integrated exposure uptake biokinetic (IEUBK) model. The loss of IQ points was then estimated according to the Lanphear and Schwartz models.

**Results:** The mean lead concentration found in the workshops' soil was 1098.4 ppm. Blood lead levels estimated in children under 8 years old were 26.4 µg/dL and the loss of IQ points comprised from 7.13 to 8.84 points depending on the model.

**Conclusions:** It is possible that 11 children from families of artisans in Mexico may be losing between 7.13 to 8.84 IQ points, due to lead exposure in their houses-workshops. This loss in IQ points could have important health, economic and social impacts.

### Keywords Palabras clave

Ceramics	Cerámica
Lead	Plomo
Occupational exposure	Exposición ocupacional
Child	Niño
Environmental health	Salud ambiental

Los orígenes y usos de esmaltes con contenido de óxido de plomo para vidriar la cerámica se remontan a la antigua Grecia y han seguido relativamente sin cambios hasta hace pocos años.<sup>1</sup> Aunque su uso ha disminuido a nivel mundial, actualmente son empleados para producir artesanías en varios países en Latinoamérica,<sup>2</sup> el Norte de África y Medio Oriente.<sup>1</sup> En América, los españoles introdujeron el vidriado con plomo en el siglo XVI, lo que ofreció una alternativa a la cerámica bruñida.<sup>3</sup> A casi cinco siglos de distancia, el vidriado con plomo se usa en al menos 20 estados de México.<sup>2</sup> La Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos (Food Drug Administration o FDA por sus siglas en inglés) determinó los niveles máximos permitidos de plomo en cerámica, en un rango de 0.5 a 3 µg/mL, según su uso.<sup>4</sup> En México, la *NOM-004-SSA1-2013* establece que se debe evitar el uso de plomo para producir alfarería vidriada utilitaria.<sup>5</sup> Sin embargo, tanto en el sector formal como en el informal, los alfareros continúan usando frecuentemente el óxido de plomo, o greta,<sup>6</sup> para producir utensilios, los cuales se destinan a la preparación y el almacenamiento de alimentos y bebidas. Estos utensilios son usados en todo el país, predominantemente entre la población pobre; sin embargo, por cuestiones de tradición, también son empleados por las clases media y alta mexicanas.

La mayoría de la alfarería en México se produce en hornos de baja temperatura (entre 850 y 1000 °C). Por lo tanto, estos no alcanzan los grados de fusión para formar silicatos de plomo insolubles que sean resistentes al ataque químico de alimentos y líquidos ácidos. Bajo estas condiciones, el plomo es biodisponible y puede ser fácilmente liberado en alimentos y bebidas al contacto con el vidriado.<sup>7</sup> Los alimentos ácidos como el jitomate, el café, el chile y el jugo de limón aceleran el proceso de lixiviación del plomo.<sup>8</sup> En 1991, Ávila *et al.*<sup>9</sup> determinaron que 58% del riesgo atribuible a niveles de plomo en la sangre de las mujeres mexicanas se debió al uso de la alfarería vidriada con plomo para preparar, servir y almacenar comida y bebidas. En una revisión hecha por Caravanos *et al.* (2014) se estimaron niveles de plomo en

<sup>a</sup>Pure Earth, Nueva York, Estados Unidos

<sup>b</sup>Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México, México

<sup>c</sup>Hunter College, City University of New York/School of Public Health, Nueva York, Estados Unidos

Comunicación con: Daniel Estrada-Sánchez

Teléfono: (55) 4756 3570

Correo electrónico: daniel@pureearth.org

Recibido: 20/04/2016

Aceptado: 23/06/2016

**Introducción:** en México, los alfareros continúan usando frecuentemente el óxido de plomo o greta para producir utensilios, los cuales se destinan a la preparación y almacenamiento de alimentos y bebidas. Adicionalmente, el riesgo de intoxicación por plomo de los alfareros y sus familias es mayor que en la población general, y en tales familias, los niños son los más susceptibles a la intoxicación por plomo. El objetivo del estudio fue estimar la pérdida de puntos de coeficiente intelectual (CI) en hijos de alfareros mexicanos expuestos al plomo.

**Métodos:** durante el periodo de 2009 a 2012 se determinaron las concentraciones de plomo en suelo de 19 casas-talleres de alfareros en siete estados mexicanos. Esta información se utilizó para estimar el nivel

de plomo en sangre, por medio del modelo biocinético integrado de absorción por exposición (IEUBK, por sus siglas en inglés). Posteriormente, se calcularon los puntos perdidos de CI según los modelos de Schwartz y Lanphear.

**Resultados:** la concentración promedio de plomo en suelo fue de 1098.4 ppm. Se estimó un nivel de plomo en sangre de 26.4  $\mu\text{g}/\text{dL}$  para menores de 8 años. La pérdida de puntos de CI estimada fue 7.13 y 8.84, según el modelo utilizado.

**Conclusión:** es posible que al menos 11 niños de familias alfareras mexicanas estén perdiendo entre 7.13 y 8.84 puntos de CI, debido a la exposición al plomo en sus casas-talleres, lo que supone importantes impactos económicos, sociales y de salud.

## Resumen

sangre de 8.85  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en áreas urbanas y 22.24  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en áreas rurales, y se identificó que la minería, la fundición y, en mayor medida, la alfarería eran fuentes principales de exposición.<sup>10</sup>

Otros estudios han documentado el impacto en la salud de adultos y niños en México, debido a la fabricación de alfarería vidriada<sup>7</sup> y han reportado concentraciones superiores a 20  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de plomo en sangre en familias de alfareros en Tzintzuntzan, Michoacán,<sup>11</sup> y de más de 30  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en una comunidad alfarera del estado de Veracruz.<sup>12</sup> Los niños son más susceptibles a la intoxicación por plomo que los adultos.<sup>13</sup> Adicionalmente, el riesgo de intoxicación por plomo de los alfareros y sus familias es mayor debido a la exposición ambiental al plomo, a los alimentos cocinados en alfarería vidriada con plomo, la malnutrición, el uso del espacio laboral para la vivienda, las malas prácticas en el manejo del óxido de plomo y al hecho de que el plomo se convierte en una fuente endógena de exposición.<sup>12,14,15</sup>

Asimismo, la relación entre el nivel de plomo en sangre y las alteraciones en el coeficiente intelectual ha sido ampliamente estudiada.<sup>16</sup> El metaanálisis de Schwartz<sup>17</sup> encontró que el plomo afecta las neurotransmisiones y se asocia con un decremento de 2.6 puntos de coeficiente intelectual (CI) con niveles de entre 10 y 20  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de plomo en sangre.

Varios autores han estudiado la asociación existente entre los niveles de plomo en suelo y en sangre,<sup>15,18,19,20,21</sup> debido a la exposición ambiental al tóxico.

De la literatura revisada no se encontraron estudios relativos al impacto del plomo en el CI de la comunidad infantil alfarera, la cual representa la población más vulnerable al uso de plomo en la alfarería del barro vidriado. Por ello, el presente estudio estimó la pérdida de puntos de CI, a partir de niveles de plomo en suelo para niños que viven en hogares de alfareros, la cual es una variable más que se debe considerar en

la carga de la enfermedad de la población expuesta ambiental y ocupacionalmente al plomo.

## Métodos

Se llevó a cabo un estudio transversal entre noviembre de 2009 y marzo de 2012 en el cual Pure Earth (antes Blacksmith Institute) realizó mediciones de plomo en suelo en 25 viviendas de alfareros, en siete estados de México (Colima, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala), como parte de las actividades de identificación y clasificación de sitios contaminados, con la intención de remediar el problema.<sup>22,23</sup> Se contactó a los jefes de familia que trabajaron previamente en programas del Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART) y, por medio de dicha institución y Pure Earth, se les invitó a participar. La selección de la muestra fue por conveniencia, ya que solo participaron aquellos alfareros que lo consintieron y que estaban interesados en conocer los niveles de plomo en el suelo de sus casas-talleres. De los 25 talleres que participaron previamente con FONART, 19 fueron seleccionados para el estudio, debido a que las actividades de aplicación y traslado del óxido de plomo (greta) dentro de esas viviendas, se llevaban a cabo en un lugar cerrado para descartar variables atmosféricas que disminuyeran significativamente los niveles de plomo en el suelo exterior.

La totalidad de las familias que participaron en el estudio pertenecían al estrato social D y subsistían principalmente de la producción de alfarería. En todos los casos se observó que los espacios para la producción son compartidos con áreas de vivienda, por lo que el área donde se aplica el óxido de plomo es de uso común para la familia.

El proceso para determinar la pérdida de puntos de CI como resultado de la exposición al plomo en

los talleres de los alfareros incluyó la evaluación de la concentración del plomo en el suelo en los talleres de alfarería, el cálculo de los niveles de plomo en sangre (con base en el modelo biocinético integrado de absorción por exposición —IEUBK, por sus siglas en inglés—) y, por último, la estimación de pérdida de puntos del coeficiente intelectual.<sup>21,24</sup>

### Niveles de plomo ambiental

Esta investigación analizó el suelo dentro y alrededor de las casas-talleres de cada familia de artesanos, y se tomaron en promedio 10 muestras en cada taller. Un instrumento portátil de fluorescencia de rayos X (XRF, por sus siglas en inglés) fue usado para analizar la concentración de plomo del suelo superficial (Equipo: INNOV-X Alpha 6500, Woburn, Massachusetts). Este equipo mide de forma instantánea 21 metales en matrices sólidas y semisólidas de suelo.

A los propietarios de cada uno de los talleres participantes se les informó sobre los riesgos asociados a la exposición ambiental y ocupacional al plomo, así como sobre las estrategias para minimizar esta exposición. Los resultados fueron dados a conocer a los dueños de los talleres durante las evaluaciones, debido a que el tiempo de respuesta del XRF es de 15 a 30 segundos.

Como resultado de lo anterior, se aconsejó a los dueños dejar de usar óxido de plomo en todos los casos en los que existieron lecturas de plomo en suelo superiores a 400 ppm, nivel recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés).

Por otra parte, se eliminaron seis casas-talleres del análisis, debido a que sus operaciones se llevaban a cabo exclusivamente en exteriores, por lo que el suelo estaba sujeto a la dispersión o arrastre del plomo por influencias climáticas. En consecuencia, el análisis de carga de enfermedad se basó en 149 lecturas de 19 talleres de alfarería (cuadro I).

### Niveles de plomo estimados

Se utilizó el modelo biocinético integrado de absorción por exposición, en la versión IEUBK win v1.1 build 11. Este modelo tóxico-cinético se puede obtener de manera gratuita y es ampliamente usado para predecir los niveles de plomo en sangre de niños de entre seis meses y siete años de edad, con base en los niveles ambientales de plomo.<sup>25,26</sup> El modelo IEUBK fue desarrollado por la EPA para estimar el efecto de las emisiones de las fundidoras de plomo y para evaluar las actividades de remediación en los sitios del programa Superfund.<sup>27</sup> Es usado en diversas aplicaciones y en la investigación científica y, por lo tanto, ha sido revisado por expertos.

El modelo IEUBK utiliza factores biocinéticos estándar de absorción como valores predeterminados, pero permite editar los valores de absorción de plomo de fuentes de aire, suelo, agua y alimentación, así como la cantidad de agua ingerida, el volumen de aire inhalado y la absorción gastrointestinal por grupos de edad.<sup>28</sup> También permite introducir el nivel de plomo que hay en la sangre de la madre. En este caso, se usó el modelo empleando valores predeterminados de cero (0) para aire, agua, alimentos y sangre

**Cuadro I** Casas-talleres de cerámica artesanal participantes ( $n = 19$ ), estados de la república y población (de noviembre de 2009 a marzo de 2012)

Estado	Municipio	Población <sup>2</sup>	Talleres en la población (y estado) <sup>2</sup>	Talleres estudiados
Colima	Colima	24 939	5 (5)	1
Jalisco	El Grullo	21 825	10 (597)	2
México	San José del Arenal	875	(1189)	2
México	Tecomatepec	1549	(1189)	1
Michoacán	Capula	5086	600 (3435)	4
Michoacán	Santa Fé de la Laguna	4046	1000 (3435)	1
Oaxaca	Oaxaca	258 008	(2500)	1
Oaxaca	Santa María Atzompa	16 855	(2500)	2
Puebla	Zautla	18 567	1837 (1931)	2
Tlaxcala	Tenexyecac	2863	(480)	3
	Total	339 982	10 586 (México)	19

materna. Adicionalmente, se asumió que las concentraciones de plomo en el suelo exterior y del polvo en el interior eran los mismos. Los niveles predeterminados de ingesta de suelo, como 100 mg/día en el modelo IEUBK, fueron elevados a 400 mg/día, pues se consideró la mayor exposición a plomo en los lugares visitados, donde se observó, en todos los casos, un alto contenido de polvo, debido a pisos de tierra, caminos de terracería y banquetas sin pavimentar, lo cual aumenta la exposición a tóxicos.<sup>29</sup>

Para determinar la población de niños afectados en los 19 talleres, se asumió que todos los hogares estaban compuestos por cuatro personas, que es el número promedio de integrantes por familia en México. Adicionalmente, con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de 2010, se estimó que 15.2% de la población tiene entre 0 y 7 años de edad, lo que significa que alrededor de 11 niños entre 0 y 7 años viven en los 19 talleres.<sup>30</sup> Debido a la naturaleza del estudio y como un primer y único acercamiento con los alfareros, los jefes de familia no fueron cuestionados sobre el número de niños. La experiencia en campo de los investigadores indica que el estimado con datos del INEGI se aproxima a la realidad de forma conservadora y, por lo tanto, sirve como referente confiable.

### Estimación de pérdida de puntos de CI

Una vez que se estimó el nivel de plomo en sangre, se procedió a calcular su impacto sobre el CI. Para ello, se utilizaron dos metaanálisis: el estudio de Schwartz de 1994<sup>17</sup> y el de Lanphear *et al.* de 2005.<sup>31</sup>

El trabajo de Schwartz se basó en ocho estudios de investigación que monitorearon los niveles de plomo de 2702 niños de distintos estratos socioeconómicos y con niveles de plomo en sangre entre 10 y 20 µg/dL. El metaanálisis encontró que un incremento de 10 a 20 µg/dL de plomo en sangre se traduce en una pérdida de 2.57 puntos de CI. Con esta investigación, se determinó un modelo lineal para predecir el impacto en dicho rango, por lo que la pérdida de CI se puede calcular multiplicando el nivel de plomo en sangre por 0.257.<sup>16</sup>

Para estimar el efecto del plomo sobre el CI en niños con menos de 10 µg/dL de plomo en sangre, el metaanálisis de Lanphear *et al.* analizó estudios prospectivos que incluían a 1333 niños.<sup>31</sup> La investigación tuvo en cuenta múltiples variables que podían confundir la relación de la exposición al plomo y el CI, como el género del menor, el orden de nacimiento, el peso al nacer, la educación materna, la edad materna, el estado civil, la exposición prenatal al alcohol, la exposición prenatal al tabaco, así como un índice que refleja la calidad y cantidad de estimulación emocional y cognitiva en el hogar, medido por el programa de Observación del Hogar para la Medición del Ambiente

(HOME, por sus siglas en inglés). Se identificó que un modelo logarítmico-lineal predice el impacto en el CI. La ecuación de este modelo es pérdida de CI = beta \* ln (nivel concurrente de plomo en sangre / punto de corte), con una beta de -2.70 y un punto de corte de 1 µg/dL. El nivel de plomo en sangre estimado para cada casa-taller fue sustituido en ambas ecuaciones para predecir la disminución en el CI.<sup>31</sup>

## Resultados

### Niveles de plomo en el suelo de casas-talleres de artesanos

Se tomaron 149 lecturas en 19 talleres. El nivel de plomo promedio (media geométrica) en el suelo dentro de las casas-talleres de los artesanos fue de 1098.4 ppm, con un intervalo de confianza (IC) al 95% de 898-1343.5 ppm (cuadro II). Más de 50% de los talleres tuvieron lecturas máximas que superaron las 5000 ppm (cuadro II). En los casos en los que las concentraciones de plomo identificadas estuvieron por encima de los niveles recomendados por la EPA (400 ppm), se les aconsejó a los propietarios detener inmediatamente el uso de óxido de plomo.

Además de plomo, el equipo XRF también determina concentraciones de otros 38 elementos. De estos, ninguna de las lecturas arrojó niveles elevados de arsénico, cadmio, mercurio o de ningún otro tóxico relevante.

### Estimación de niveles de plomo en la sangre

Los niveles de plomo en la sangre se calcularon con el modelo IEUBK, con base en los valores preestablecidos de cero (0) para aire, agua, alimentos y sangre materna y utilizando la media geométrica total de los niveles de plomo en suelo de 1098.4 ppm (cuadro II), con el ya mencionado IC al 95% de 898-1343.5 ppm. Esto arrojó un nivel promedio de plomo en sangre de 26.4 µg/dL en niños menores de 8 años, con un IC al 95% de 23.2-29.8 µg/dL. Este resultado promedio es cinco veces mayor que el recomendado por el Centro de Control de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés: Centers for Disease Control and Prevention, de los Estados Unidos (5 µg/dL).<sup>32</sup>

### Estimación de la pérdida de CI

Con los modelos de Lanphear *et al.* y Schwartz se estimó que los 11 niños menores de ocho años de edad, que hipotéticamente estarían viviendo en las 19 casas-talleres, probablemente tendrían una pérdida

**Cuadro II** Niveles de plomo en suelo ( $\mu\text{g/g}$  o ppm) y número de lecturas por casas-talleres de alfarería de barro vidriado con plomo (2009-2012)

No. de la casa-taller	Lecturas de plomo en suelo	Media geométrica (ppm)	IC95% (ppm)	Mediana (ppm)	Cuartiles 25 y 75 (ppm)
1	10	949.2	596.5-1510.3	847.5	415, 4485
2	8	2055.4	733.7-5757.6	847.5	258, 4485
3	22	895.3	551.9-1452.5	892.5	200, 13928
4	12	1224.4	649-2310	1151.5	266, 7536
5	8	3707.4	1664.6-8256.9	2788	1014, 26955
6	4	1100.9	119.9-10112	738	203, 25806
7	9	1415.8	833.1-2406.1	1192	486, 5269
8	6	3133.6	800.9-12259.8	1961	327, 25141
9	4	781.4	347.4-1757.5	733	322, 2274
10	9	1396.6	657.5-2966.4	1148	435, 8392
11	5	2330.5	858.2-6328.6	3672	379.5, 6350
12	3	643.5	332.8-1244.4	626	364.5, 1168
13	7	428.5	232.6-789.6	319	187, 1970
14	5	2241.5	306.3-16403.1	532	291, 27176
15	3	502.5	412.5-612.2	523.5	415, 584
16	18	447.1	292.5-683.5	378.5	120, 6227
17	3	302.6	97.9-936.0	212	140, 934
18	6	1494.5	732-3051.2	1872	495, 3694
19	7	1448.6	863.4-2430.4	1548	596, 4767
Total	149	1098.4	898-1343.5	934	120, 34385

IC95% = intervalo de confianza al 95%

entre 7.13 (Schwartz) y 8.84 (Lanphear *et al.*) puntos de CI como resultado de este tipo de exposición al plomo (cuadro III).

## Discusión

Durante las últimas décadas, varios estudios han mostrado altos niveles de plomo en sangre en comunidades de alfareros en Jalisco, Michoacán y Veracruz.<sup>11,12,14</sup> Estos estudios han señalado que el incremento de los niveles de plomo en sangre está relacionado con tener el taller en el interior de la casa, cocinar en barro vidriado, ser niño, ser mujer y tener piso de tierra. El presente estudio estima una pérdida en promedio de 7.13 a 8.84 puntos de CI para hijos de alfareros de 19 talleres de alfarería.

En México existen 10 586 talleres registrados en el censo de alfareros del FONART.<sup>2</sup>

Con base en el tamaño promedio de una familia mexicana, se puede estimar que hay al menos 42 344 personas que viven en casas-talleres de alfareros en México. En caso de que las condiciones de este estudio fueran aplicables a todos los talleres registrados

ante FONART, se podría estimar que aproximadamente 6436 niños menores de ocho años (15.2% del total de la población)<sup>30</sup> estarían en riesgo de disminuir su coeficiente intelectual como consecuencia de la exposición a niveles elevados de plomo en sus casas-talleres. Dependiendo de la elección del modelo, esta pérdida podría variar entre 7.13 y 8.84 puntos en promedio para cada niño.

Por otro lado, esa disminución puede tener un impacto social negativo. En 1998,<sup>33</sup> Gottfredson describió el impacto de la pérdida de puntos del CI como la circunstancia más profundamente implicada con los resultados sociales adversos (la pobreza, la falta de bienestar, la ilegitimidad y el fracaso escolar).

Los daños a la salud provocados por la exposición infantil al plomo también repercuten negativamente en la economía. El impacto se puede cuantificar a partir de los costos de salud pública, de la necesidad de recursos educativos adicionales y de la baja productividad debido al decremento en el CI. Los alfareros del barro vidriado presentan los niveles más altos de plomo en sangre, en comparación con otras poblaciones que están expuestas al plomo ocupacional y ambientalmente,<sup>34,35</sup> lo que incrementa el riesgo a su salud.

**Cuadro III** Niveles de plomo en suelo, niveles de plomo en la sangre y déficits del coeficiente intelectual en los niños que viven en las casas talleres de alfarería del barro vidriado con plomo

Niveles de plomo en suelo (ppm)	Niveles de plomo en la sangre µg/dL (< 8 años de edad)	Déficits de CI estimados (Schwartz)	Déficits de CI estimados (Lanphear)
1098.4 (media geométrica)	26.4	-7.13	-8.84
898 (95% más bajo)	23.2	-6.26	-8.49
1343.5 (95% superior)	29.8	-8.05	- 9.17

Un estudio realizado en 2002 por Landrigan *et al.*<sup>36</sup> examinó los costos financieros de cuatro enfermedades asociadas con la exposición de los niños a diferentes factores ambientales: la intoxicación por plomo, cáncer, asma y trastornos del desarrollo. El estudio encontró que la exposición ambiental relacionada con estas enfermedades genera aproximadamente 2.8% del total de los costos anuales de atención de salud en los Estados Unidos, lo que equivale a un costo de 54.9 mil millones de dólares.

Este estudio es importante para entender el riesgo que presenta el uso del óxido de plomo para los alfareros y sus familias.

#### Limitaciones del estudio

Este estudio está basado en la evaluación de niveles de plomo en suelo de 19 talleres y corresponde a una muestra por conveniencia, por lo que no es una muestra representativa del total de talleres que existen en los estados participantes, ni de todo México. Por lo tanto, los resultados no se pueden generalizar a los talleres de alfarería de todo el país.

Los investigadores notaron varios elementos que pueden influir en el riesgo a la exposición al plomo, los cuales pueden ser muy diferentes entre los talleres de los artesanos y, por lo tanto, las estimaciones realizadas en este estudio podrían variar. Estos elementos incluyen el número de habitantes, el porcentaje de niños en cada casa-taller, el volumen de producción, la distribución del espacio laboral-residencial, los materiales de los pisos de la casa-taller, las condiciones hidrográficas, los roles de trabajo, las prácticas de manejo de la greta, los hábitos de higiene, el número de niños que no están en el círculo familiar con acceso a los sitios contaminados y el uso de alfarería vidriada con greta para cocinar. Es probable que los resultados del estudio subestimen la magnitud y el alcance del problema, ya que los cálculos solo incluyen una vía de exposición al plomo (suelo) y no tuvieron en cuenta otras vías de exposición importantes, como la ingesta de alimentos contaminados con plomo y la fuente endógena ósea de la madre al producto *in utero*. Adicionalmente, este estudio analizó una sola determinación de las concentraciones de plomo en suelo, lo cual no es representativo de la exposición a lo largo de la vida en cada

casa-taller y no analizó otras variables que pudieran confundir la relación de la exposición al plomo con la pérdida de puntos del CI, como las edades de los niños, la escolaridad, el estado nutricional, entre otras.

#### Conclusión

El presente estudio se enfocó en los puntos del coeficiente intelectual perdidos en hijos de alfareros y puede servir como una línea base para profundizar en el conocimiento del impacto del plomo en el CI, debido al oficio de la alfarería. Por otro lado, el plomo puede tener otros efectos adversos en múltiples sistemas del cuerpo humano, como el neurológico, el hematológico, el gastrointestinal, el cardiovascular y el renal.<sup>37</sup> Por ello los hijos de los alfareros del barro vidriado con plomo son una población en gran riesgo, por lo que debería desarrollarse con ellos un programa de vigilancia epidemiológica para cuidar de su salud, junto con la de los mismos alfareros.

Es necesario mejorar el conocimiento que se tiene sobre el costo social, económico y de salud del vidriado a base de plomo en México, aplicar las normas vigentes para eliminar del mercado este tipo de producto y concientizar a los consumidores sobre la importancia de comprar y utilizar únicamente alfarería libre de plomo; por lo tanto, es necesario que una política gubernamental permanente y efectiva logre sustituir la greta con plomo por sales no tóxicas.

#### Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias a los alfareros participantes, así como al apoyo de la Annenberg Foundation, Vista Hermosa Foundation, el FONART (en especial a Mario Lugo Covarrubias Pérez), Richard Fuller, John Keith, Kevin Chatham-Stephens y Rosalía Fascinetto Dorantes.

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

## Referencias

- Greene K. Late Hellenistic and early Roman invention and innovation: The case of lead-glazed pottery. *Am J Archaeol.* 2007;111:653-71.
- Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART). *Cómo detectar la presencia de plomo en cazuelas, ollas, platos y jarros de barro esmaltado.* México: FONART; 2008. Disponible en: <http://alfareria.org/sites/default/files/images/ManualPruebas.pdf> [Consultado el 9 de abril de 2016].
- López G. *Cerámica mexicana.* México, DF: Everest; 1983.
- Food and Drug Administration (FDA). *Pesticide and chemical contaminants. Compliance program guidance manual.* USA: FDA; 2005. Disponible en <http://www.fda.gov/downloads/Food/ComplianceENforcement/ucm073204.pdf> [Consultado el 16 de abril de 2016].
- Secretaría de Salud (SSA). *Norma oficial mexicana-nom-004-ssa1-1993. "Salud ambiental, limitaciones y requisitos sanitarios para el uso de monóxido de plomo (litargirio), óxido rojo de plomo (minio) y del carbonato básico de plomo (albayalde)".* México: SSA; 1993. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/004ssa13.html> [Consultado el 16 de abril de 2016].
- Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías. *Uso de plomo en la alfarería en México.* Nueva York: Blacksmith Institute; 2010. Disponible en: <http://alfareria.org/sites/default/files/images/InformePbAlfareria2010.pdf> [Consultado el 16 de diciembre de 2015].
- Romieu I, Palazuelos E, Ávila MH, Ríos C, Muñoz I, Jiménez C, et al. Sources of Lead Exposure in Mexico City. *Environ Health Perspect.* 1994 Apr;102(4):384-9.
- Feldman N, Lamp C, Craigmill AL. Lead leaching in ceramics difficult to predict. *California Agriculture* 53(5):20-23. Disponible en <http://californiaagriculture.ucanr.org/landingpage.cfm?articleid=ca.v053n05p20&fulltext=yes>
- Ávila-Hernández 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 Aug;94:117-20.
- Caravanos J, Dowling R, Téllez-Rojo M, Cantoral A, Kobrosly R, Estrada D, et al. Niveles de Plomo en Sangre en México y su Implicación para la Carga Pediátrica de la Enfermedad. *Ann Glob Heal.* 2014; 80(4):e1,e11.
- Olaiz-Fernández G, Rojas-Martínez R, Fortoul TI, Palazuelos E. High blood lead levels in ceramic folk art workers in Michoacan, Mexico. *Arch Environ Occup Health.* 1997;52(1):51-5.
- Chantiri-Pérez JN, Azamar-Arizmendi RA, Galván-Ruíz R, Lozada-Hernández MA. Niveles de plomo en mujeres y niños alfareros. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana.* Enero-junio 2003; 3(1). Disponible en [https://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol3\\_num1/articulos/niveles\\_plo-mo\\_muj\\_ninos\\_alfareros.html](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol3_num1/articulos/niveles_plo-mo_muj_ninos_alfareros.html)
- Buck G, Damstra T, Díaz-Barriga F, Faustman E, Hass U, Kavlock R, et al. Toxicokinetics. In: Buck G, Damstra T, Díaz-Barriga F, Faustman E, Hass U, Kavlock R, et al. Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. Ginebra: World Health Organization; 2006. pp.31-33.
- Molina-Ballesteros G, Zúñiga-Charles MA, García de Alba JE, Cárdenas-Ortega A, Solís-Cámara PR. Exposición a plomo en una población de alfareros. *Arch Investig Medica.* 1980;11(1):147-55.
- Molina-Ballesteros G, Zúñiga-Charles MA, Cárdenas-Ortega A, Solís-Cámara PR, Solís-Cámara PV. Concentración de plomo en sangre de niños de familias alfareras / Lead concentration in the blood of children in families of potters. *Bol Of Sanit Panam.* 1982;92(1):33-40.
- Kaufman A. Do low levels of lead produce IQ loss in children? A careful examination of the literature. *Arch Clin Neuropsychol.* 2001;16(4):303-41. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0887617700000846>
- Schwartz J. Low-level lead exposure and children's IQ: a meta-analysis and search for a threshold. *Int J Environ Resour Res.* 1994;65:42-55.
- Mielke HW, Gonzales CR, Powell E, Jartun M, Mielke PW. Nonlinear association between soil lead and blood lead of children in metropolitan New Orleans, Louisiana: 2000-2005. *Sci Total Environ.* 2007 Dec 15;388(1-3):43-53.
- Zahran S, Mielke HW, Gonzales CR, Powell ET, Weiler S. New Orleans before and after Hurricanes Katrina/Rita: a quasi-experiment of the association between soil lead and children's blood lead. *Environ Sci Technol Lett.* 2010;44(12):4433-40.
- Laidlaw MAS, Taylor MP. Potential for childhood lead poisoning in the inner cities of Australia due to exposure to lead in soil dust. *Environ Pollut [Internet].* 2011;159(1):1-9.
- Caravanos J, Chatham-Stephens K, Ericson B, Landrigan PJ, Fuller R. The burden of disease from pediatric lead exposure at hazardous waste sites in 7 Asian countries. *Int J Environ Resour Res.* Elsevier; 2013 Jan;120(2012):119-25.
- Ericson B, Caravanos J, Chatham-Stephens K, Landrigan P, Fuller R. Approaches to systematic assessment of environmental exposures posed at hazardous waste sites in the developing world: the Toxic Sites Identification Program. *Environ Monit Assess.* 2013 Feb;185(2):1755-66.
- Caravanos J, Gualtero S, Dowling R, Ericson B, Keith J, Hanrahan D, et al. A simplified risk-ranking system for prioritizing toxic pollution sites in low- and middle-income countries. *Ann Glob Heal.* 2014;80(4):278-85.
- Chatham-Stephens K, Caravanos J, Ericson B, Landrigan P, Fuller R. The pediatric burden of disease from lead exposure at toxic waste sites in low and middle income countries. *Int J Environ Resour Res.* 2014;132:379-83.
- Hogan K, Marcus A, Smith R, White P, Al HET. Integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children: Empirical comparisons with epidemiologic data. *Environ Health Perspect.* 1998;106(6):1557-67.
- White PD, Van Leeuwen P, Davis BD, Maddaloni M,

- Hogan KA, Marcus AH, et al. The conceptual structure of the integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children. *Environ Health Perspect.* 1998 Dec;106(Suppl 6):1513-30.
27. Environmental Protection Agency (EPA). Lead at Superfund Sites: Frequent questions from risk assessors on the Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) model. Washington, USA: EPA; 2013. Disponible en <https://www.epa.gov/superfund/lead-superfund-sites-frequent-questions-risk-assessors-integrated-exposure-uptake> [Consultado el 16 de diciembre de 2015]
  28. O'Flaherty EJ. A physiologically based kinetic model for lead in Children and Adults. *Environ Health Perspect.* 1998 Dec;106:1497-9.
  29. Sun L, Meinhold C. Gastrointestinal absorption of plutonium by the Marshall Islanders. *Health Phys.* 1997; 73(1):167-75.
  30. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo de población y vivienda 2010. México: INEGI; 2014. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/> [Consultado el 16 de diciembre de 2015]
  31. 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 Mar;113(7):894-9.
  32. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Blood lead levels in children. Atlanta, USA: CDC; 2010. Disponible en <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6213a3.htm> [Consultado el 16 de diciembre de 2015]
  33. Gottfredson LS. The general intelligence factor. *Sci Am Present.* 1998;9:24-9.
  34. Aguilar-Garduño C, Lacasaña M, Téllez-Rojo MM, Aguilar-Madrid G, Sanin-Aguirre LH, Romieu I, et al. Indirect lead exposure among children of radiator repair workers. *Am J Ind Med.* 2003;43(6):662-7.
  35. Dykeman R, Aguilar-Madrid G, Smith T, Juárez-Pérez CA, Piacitelli GM, Hu H, et al. Lead exposure in Mexican radiator repair workers. *Am J Ind Med.* 2002 Mar;41(3):179-87.
  36. Landrigan PJ, Schechter CB, Lipton JM, Fahs MC, Schwartz J. Environmental pollutants and disease in American children: Estimates of morbidity, mortality, and costs for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities. *Environ Health Perspect.* 2002 Jul;110(7):721-8.
  37. World Health Organization (WHO). International Programme on Chemical Safety. Lead. Switzerland: WHO; 2014. Disponible en [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/lead/en/](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/en/) [Consultado el 16 de diciembre de 2015]