

MEDICIÓN DE PLOMO EN PINTURAS DE PARQUES PÚBLICOS EN TORREÓN, COAHUILA, UNA CIUDAD DEL NORTE DE MÉXICO

Lead measurement in public parks in Torreón, Coahuila, a northern city of Mexico

Efraín RÍOS-SÁNCHEZ¹ y Gonzalo Gerardo GARCÍA-VARGAS^{1,2*}

¹ Centro de Salud Ambiental, Secretaría de Salud del Estado de Coahuila, Av. Matamoros 456 Oriente, Colonia Centro, 27000 Torreón, Coahuila, México.

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Las Palmas y Sixto Ugalde s/n, Colonia Revolución, 35050 Gómez Palacio, Durango, México.

*Autor para correspondencia: ggarcia.vargas@ujed.mx

(Recibido: septiembre de 2024; aceptado: febrero de 2025)

Palabras clave: juegos infantiles, intoxicación, contaminación, ambiente.

RESUMEN

El plomo (Pb) es un metal pesado que contamina el ambiente, y las pinturas son una fuente importante de contacto con este metal. Por ello, el objetivo de este trabajo fue detectar y cuantificar los niveles de Pb presentes en pinturas y suelos superficiales en parques y plazas públicas de la ciudad de Torreón, Coahuila, México, con el propósito de explorar fuentes alternativas de exposición en los niños de la ciudad. Fueron seleccionados 13 sitios públicos para la medición de Pb en pinturas en juegos infantiles, bancas, mesas, cordones de banquetas, estructuras decorativas y suelo natural superficial. Se empleó fluorescencia de rayos X en la modalidad de cuantificación de Pb para pinturas y suelos, según el caso. Doce de los 13 parques estudiados presentaron al menos una medición de Pb superior al valor de referencia de 1 mg/cm² establecido por el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de EUA para pinturas, siendo los colores blanco, azul y amarillo los que presentaron los mayores niveles de Pb (7.5, 7.0 y 6.8 mg/cm², respectivamente), en tanto que sólo un parque presentó niveles de Pb superiores a 400 ppm en polvo superficial. En conclusión, en este trabajo se documenta el uso de pinturas contaminadas con Pb para el mantenimiento de sitios públicos en áreas de juego infantiles, así como la presencia del Pb en polvos superficiales, lo cual representa una fuente de exposición importante de los niños a este metal pesado.

Key words: playground, poisoning, pollution, environment.

ABSTRACT

Lead (Pb) is a heavy metal that contaminates the environment, with paint being a major source of exposure to this metal. Therefore, the aim of this study was to detect and quantify Pb levels in paints and superficial soils in public playgrounds in Torreón, Coahuila, Mexico, with the purpose of exploring alternative sources of Pb exposure. Thirteen public places were selected for the analysis of Pb in playground games, benches, tables, sidewalk paint, decorative structures, and natural superficial soil. A Niton XL3t XRF analyzer was used to quantify Pb according to the manufacturer's

instructions. Twelve of the 13 playgrounds studied had at least one Pb measure higher than the reference level of 1 mg/cm^2 established by the USA Department of Housing and Urban Development for paints, being the colors white, blue and yellow the ones that showed the highest Pb levels ($7.5, 7.0$ y 6.8 mg/cm^2 , respectively), while only one playground showed Pb levels higher to 400 ppm in superficial dust. In conclusion, this research documents the use of Pb-based paints for the maintenance of public places in playgrounds, as well as the presence of Pb in superficial dust, which represents a considerable exposure source to this heavy metal for children.

INTRODUCCIÓN

El plomo (Pb) es un metal pesado que se utiliza para generar aleaciones metálicas en la producción de tuberías, proyectiles, municiones, revestimientos de cables, láminas y desarrollo de baterías para automóviles (ATSDR 2020). Es resistente a la corrosión generada por el aire y el agua, por lo que es empleado como pigmento en pinturas y barnices para cerámicas, ya que mejora y fija el color, incrementa su resistencia a la oxidación y acelera la velocidad del secado (O'Connor et al. 2018). Desafortunadamente las pinturas sufren un desgaste natural por efecto del tiempo se degradan, pulverizan y contaminan el ambiente. Esta fuente es reconocida como una ruta importante de exposición a Pb y se han documentado los efectos en la salud infantil desde 1904 (Kessler 2014), por lo cual se han establecido diversas estrategias, como la limitación del uso de este metal en pinturas y su eliminación progresiva de estos productos en todos los países del mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) determinó que el Pb y sus derivados fueran considerados entre los 10 productos químicos más preocupantes para la salud pública. En 2009, la Segunda Conferencia Internacional sobre Gestión de Productos Químicos designó al Pb como un asunto político emergente. Finalmente, en 2011 la OMS creó la Alianza Mundial para Eliminar la Pintura con Pb con el objetivo de eliminar progresivamente la fabricación, importación y venta de pinturas que contengan Pb mediante controles jurídicamente vinculantes en todos los países. A pesar de estos esfuerzos internacionales, en marzo de 2023 únicamente 93 países disponían de leyes sobre la pintura con Pb, entre los cuales se encontraba México (WHO 2023).

En México se han realizado esfuerzos para disminuir la exposición a este metal, desde el inicio de su eliminación en las gasolinas en 1990 hasta su eliminación total en 1997 (Caravanos et al. 2014). En 1991 se implementó el programa estratégico para la sustitución del Pb y combustible en la alfarería

vidriada tradicional, cuyo objetivo fue sustituir el Pb empleado en el vidriado por materiales inocuos para generar una alternativa de loza de barro libre de Pb (FONART 2024). Otra ruta de exposición importante es el polvo contaminado proveniente de las industrias minero-metalúrgicas (Benin et al. 1999, García Vargas et al. 2001), como es el caso de la ciudad de Torreón, Coahuila, México, donde hay una fundidora primaria de Pb, plata y zinc de gran tamaño, cuyas emisiones de Pb al ambiente provocaron altos niveles de este metal en sangre en niños residentes cercanos a la fundidora (Calderón-Salinas et al. 1996, García Vargas et al. 2001, Albalak et al. 2003). Como resultado de lo anterior, la fundidora implementó una serie de acciones de remediación ambiental, las cuales disminuyeron esta importante fuente de exposición a Pb. Sin embargo, aún queda mucho por hacer para generar evidencias que demuestren la existencia de otras fuentes de exposición relevantes que contribuyan a concentraciones tóxicas de Pb en sangre en los niños. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue detectar y cuantificar los niveles de Pb presentes en pinturas de áreas de juego infantiles en parques y plazas públicas de la ciudad de Torreón.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se incluyeron 13 parques y plazas públicas de la ciudad de Torreón, Coahuila, México (población aproximada de 720 000 habitantes [INEGI 2020]), que fueron estudiadas entre julio de 2022 y febrero de 2023. El estudio de cada plaza pública incluyó el análisis de las pinturas empleadas en juegos infantiles, estructuras metálicas decorativas, bancas metálicas y de concreto, postes y porterías de fútbol, y señalética en cordones de banquetas, realizando cada medición por duplicado en cada una de las superficies. Se registró el color de la pintura, el tipo y la parte de la estructura medida. Se tomó como límite máximo de Pb el valor establecido por el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano

de EUA (HUD, por sus siglas en inglés) de 1 mg/cm^2 (HUD 2012).

Para cada lectura se seleccionó un área lisa sin raspaduras, se limpió el área usando toallitas húmedas D-Wipe Towels (Esca Tech, EUA), para posteriormente realizar la medición por duplicado. Fueron seleccionados al menos tres sitios distintos en cada estructura. Adicionalmente, se realizó la cuantificación de Pb en suelo natural superficial de los parques y plazas, realizando dos tipos de muestreo a este nivel: el primer muestreo se hizo alrededor del juego infantil o estructura cuando al menos una lectura de las realizadas en el mismo se encontraba en niveles superiores a 1 mg/cm^2 ; el segundo muestreo se realizó por medio de una muestra compuesta de toda el área de estudio donde hubiera suelo natural. En ambos casos, se tomaron muestras de suelo de las cuatro esquinas del área de estudio y una muestra del centro, evitando tomar ramas, hojas de árboles, basura, piedras o cualquier otro elemento que pudiera interferir con la medición. Las cinco muestras de tierra fueron colocadas en un contenedor de acero inoxidable y fueron homogenizadas durante varios segundos con movimientos circulares, mezclando la parte superior e inferior con el fin de generar una muestra compuesta representativa del área de estudio. Posteriormente se tomaron aproximadamente 50 g de tierra que fueron colocadas en una bolsa de polietileno para realizar la cuantificación de Pb por duplicado, de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo de medición que se describen más adelante (Thermo Scientific 2010). Los materiales para la recolección de suelos fueron lavados con agua destilada inmediatamente después de su uso y antes de ser empleados. Se tomó como límite el establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (SEMARNAT 2007) para remediación, que para el caso del Pb es de 400 ppm. La determinación de los niveles de Pb se realizó mediante el equipo X-Ray Fluorescence (Thermo-Niton modelo XL3t) en la modalidad de cuantificación de Pb para pinturas y suelos según el caso. Este equipo portátil permite la medición de diferentes elementos empleando la emisión de rayos X en una zona $< 1 \text{ cm}^2$ con una penetración variable de 0.1 a 1 mm según la matriz a analizar. A esta profundidad únicamente se analizan las partículas contenidas en las capas superiores. En el caso particular de la medición de Pb, se estima que el 99 % de la medición es derivada de los primeros 2 mm de profundidad que analiza el equipo (Laperche y Lemière 2021).

El equipo portátil para la detección y cuantificación de Pb fue calibrado antes del inicio del estudio y evaluado con estándares certificados (Lead Paint

QC Reference Sample, 500-934) que son incluidos por el fabricante en el mismo equipo para las matrices estudiadas y son específicos para el modelo utilizado. La información oficial del fabricante especifica que el límite de detección y cuantificación del equipo varía según la matriz en que sea evaluado. En una matriz de hierro, el límite de detección es de 30 ppm, en matrices de aluminio es de 12 ppm y en matrices de polietileno y policloruro de vinilo es de 5 ppm y 15 ppm, respectivamente (Thermo Scientific 2013)

Para el análisis de los datos se empleó el programa STATA v. 17. El análisis general descriptivo de los niveles de Pb se realizó en función de la ubicación de la plaza, el color de la pintura, etc., empleando estadísticas descriptivas para variables cuantitativas continuas como promedios, desviación estándar, mediana y cuartiles, así como frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Se realizaron análisis de correlación entre las variables. Se consideró la distribución de la variable para elegir pruebas paramétricas o no paramétricas y emplear el estadístico adecuado, presentando su respectivo intervalo de confianza al 95 %. Se considera un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Se estudiaron 97 estructuras de diferentes tipos en 13 parques y plazas públicas, como juegos metálicos infantiles (resbaladeros, columpios, sube y baja, pasamanos, entre otros), bancas metálicas y de concreto, postes, cordonería y pisos. Solo en una plaza no se obtuvieron mediciones superiores a 1 mg/cm^2 de Pb en pinturas de las estructuras estudiadas, mientras que en las restantes se presentó al menos una estructura con mediciones $> 1 \text{ mg/cm}^2$ de Pb en la superficie. Se detectó la presencia de Pb en superficies pintadas en el 36 % de los juegos infantiles estudiados, 41 % de las bancas (metálicas y de concreto), 35 % de los cordones de banquetas que fueron consistentemente de color amarillo, 66 % de los postes y 21 % de otras estructuras del sitio (**Cuadro I**). En la única plaza pública donde se encontró pintado en suelo, no se determinaron concentraciones de Pb superiores al límite establecido.

En el análisis del contenido de Pb por color de la pintura (**Cuadro II**) se encontró presencia de Pb en todos los colores a excepción del café y el beige. Los colores que presentaron los niveles de Pb más altos fueron el blanco (7.5 mg/cm^2), el azul (7.0 mg/cm^2) y el amarillo (6.8 mg/cm^2). No se identificó una relación entre el color de la pintura y la cantidad de Pb.

CUADRO I. GENERALIDADES DE LAS ESTRUCTURAS ESTUDIADAS.

Plaza (colonia)	Estructuras medidas	Mediciones > 1 mg/cm ² de Pb	Pb Mediana (Q1-Q3) (mg/cm ²)	Valores mínimos y máximos de Pb (mg/cm ²)
1. Manuel Acuña (Jardines de california)	8 juegos infantiles	13/27 = 48.15 %	0.28 (0.07-2.15)	0.01-5.20
	2 bancas	2/4 = 50 %	1.15 (0.01-2.97)	0.01-3.65
	1 cordones	0/5 = 0 %	0.02 (0.01-0.09)	0.01-0.46
2. Primero de mayo (Primero de mayo)	8 juegos infantiles	33/57 = 57.89 %	1.3 (0.5-1.75)	0.01-3.05
	2 bancas	4/9 = 44.44 %	0.95 (0.65-1.55)	0.35-2.05
	1 cordón	2/2 = 100 %	2.20 (1.95-2.45)	1.95-2.45
	1 otro	0/18 = 0 %	0.06 (0.03-0.20)	0.01-0.60
3. Francisco I Madero (Francisco I Madero)	6 juegos infantiles	3/24 = 12.5 %	0.02 (0.01-0.19)	0.01-1.89
	2 bancas	0/4 = 0 %	0.02 (0.01-0.03)	0.01-0.03
	1 cordón	0/2 = 0 %	0.08 (0.07-0.10)	0.01-0.10
4. Centro comunitario (Eduardo Guerra)	3 juegos infantiles	0/10 = 0 %	0.01 (0.01-0.16)	0.01-0.75
	1 banca	0/2 = 0 %	0.80 (0.47-0.86)	0.74-0.86
	1 cordón	1/1 = 100 %	1.85 (1.85-1.85)	1.85
5. Plaza Peñoles (Eduardo Guerra)	6 juegos infantiles	8/21 = 38.1 %	0.45 (0.23-1.38)	0.01-2.37
	1 banca	0/2 = 100 %	0.74 (0.73-0.75)	0.73-0.75
	1 cordón	1/1 = 100 %	2.51 (2.51-2.51)	2.51
6. Vicente Guerrero (Vicente Guerrero)	2 bancas	2/2 = 100 %	2.85 (1.05-4.65)	1.05-4.65
	3 postes	5/6 = 83.33 %	5.93 (4.39-7.0)	0.16-7.48
	1 suelo	0/1 = 0 %	0.84 (0.84-0.84)	0.84
	2 otro	2/2 = 100 %	3.46 (2.71-4.2)	2.71-4.20
7. Plaza de la Mujer (Lázaro Cárdenas)	4 juegos infantiles	0/13 = 0 %	0.01 (0.01-0.025)	0.01-0.75
	3 bancas	7/9 = 77.78 %	1.50 (1.00-2.40)	0.01-3.15
	1 poste	3/4 = 75 %	1.70 (0.69-2.31)	0.11-2.50
8. Santiago Ramírez (Santiago Ramírez)	5 juegos infantiles	8/15 = 53.33 %	1.50 (0.01-2.10)	0.01-3.40
	1 banca	2/3 = 66.66 %	2.60 (0.55-3.75)	0.55-3.75
	1 otro	0/2 = 0 %	0.30 (0.02-0.59)	0.02-0.59
9. Ferrocarrilera (Hogares Ferrocarrileros)	2 bancas	0/4 = 0 %	0.04 (0.01-0.07)	0.01-0.08
	1 poste	0/2 = 0 %	0.00	0.00
	6 otros	4/4 = 100 %	1.90 (1.55-2.07)	1.35-2.10
10. Vencedora (Vencedora)	3 juegos infantiles	6/14 = 42.86 %	0.82 (0.35-1.20)	0.01-2.85
	1 banca	3/3 = 100 %	2.00 (1.20-2.6)	1.20-2.60
	1 cordón	2/2 = 100 %	6.80 (6.80-6.80)	6.80
	1 otro	1/2 = 50 %	0.81 (0.32-1.30)	0.32-1.30
11. Las margaritas (Las margaritas)	7 juegos infantiles	5/25 = 20 %	0.50 (0.21-0.85)	0.01-2.10
	5 bancas	4/16 = 25 %	0.14 (0.01-1.75)	0.01-6.06
	2 otros	0/4 = 0 %	0.00	0.00
12. Bosque Urbano (Las Etnias)	3 juegos infantiles	0/19 = 0 %	0.00	0.00
13. Línea Verde (La Merced, Villas la Merced, Residencial del Norte)	6 juegos infantiles	17/33 = 51.52 %	1.10 (0.90-2.10)	0.01-3.85
	2 cordones	0/2 = 0 %	0.00	0.00
	59 juegos infantiles	93/258 = 36.05 %	0.40 (0.02-1.50)	0.01-5.20
	20 bancas	24/58 = 41.38 %	0.73 (0.03-2.05)	0.01-6.06
	7 cordones	5/14 = 35.71 %	0.23 (0.07-1.95)	0.01-6.80
	5 postes	8/12 = 66.67 %	2.31 (0.13-5.93)	0.01-7.48
	5 otros	7/32 = 21.88 %	0.16 (0.30-0.60)	0.01-4.20

*Se considera que una medición de Pb es positiva cuando la cuantificación es > 1 mg/cm². En la categoría “otros” se consideran estructuras decorativas, bebederos de agua en uso o en desuso que eran pintados como parte del mantenimiento de la plaza y que presentaban desgaste por su uso.

CUADRO II. NIVELES DE PB POR EL COLOR DE LA PINTURA.

Color	Mediciones positivas* a Pb	Pb Mediana (Q1-Q3) (mg/cm ²)	Valores mínimos y máximos de Pb en pinturas (mg/cm ²)
1. Amarillo	40/94 = 42.55 %	0.71 (0.06-1.90)	0.01-6.80
2. Gris	8/15 = 53.33 %	1.05 (0.23-2.13)	0.01-4.64
3. Crema	2/3 = 66.7 %	1.45 (0.12-2.45)	0.12-2.45
4. Azul	26/52 = 50 %	1.00 (0.07-2.02)	0.01-7.00
5. Plateado	2/2 = 100 %	2.20 (2.05-2.35)	2.05-2.35
6. Café	0/5 = 0 %	0.35 (0.10-0.60)	0.08-0.70
7. Verde	21/71 = 29.58 %	0.09 (0.01-1.35)	0.01-3.75
8. Blanco	7/22 = 31.82 %	0.12 (0.03-1.30)	0.01-7.48
9. Morado	13/37 = 35.14 %	0.35 (0.01-1.65)	0.01-3.40
10. Rosa	9/22 = 40.91 %	0.41 (0.01-1.65)	0.01-3.40
11. Rojo	2/19 = 10.53 %	0.01 (0.01-0.50)	0.01-3.30
12. Naranja	7/22 = 21.21 %	0.27 (0.02-0.60)	0.01-3.15
13. Beige	0/1 = 0 %	0.16 (0.16-0.16)	0.16
Total	137/376 = 36 %	0.45 (0.02-1.55)	0.01-7.48

*Se considera que una medición de Pb es positiva cuando la cuantificación es > 1 mg/cm².

Respecto a los niveles de Pb en suelo superficial como muestra compuesta (**Cuadro III**), solo una plaza presentó concentraciones superiores a 400 ppm, por lo cual 13 de las 14 plazas estudiadas cumplieron con la normatividad mexicana vigente (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004) [SEMARNAT 2007]. No obstante, los resultados obtenidos no cumplieron con los nuevos lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de EUA (USEPA, por su sigla en inglés), los cuales disminuyeron el valor aceptable de Pb en suelo de áreas residenciales y juegos infantiles a 200 ppm al inicio de 2024 (USEPA 2024).

Asimismo, el nivel de Pb en suelos superficiales como muestra compuesta presentó una correlación negativa respecto a la distancia a la fundidora ($\rho = -0.4872$, $p = 0.0294$ [IC 95 % = -0.85 a -0.11]), que es considerada como la fuente principal de exposición a Pb en Torreón. A mayor distancia respecto a esta, los niveles de Pb en suelo superficial disminuyeron.

En contraparte, para evaluar el impacto de la cantidad de Pb en las pinturas de juegos infantiles con niveles de Pb superiores a 1 mg/cm² con relación al contenido de Pb en suelo superficial alrededor del juego infantil, se analizó la correlación entre ambos factores, misma que fue no significativa ($\rho = -0.1755$, $p = 0.3132$ [IC 95 % = -0.53 a 0.18]). En ambos casos la distribución de la variable fue no normal, por lo cual se optó por emplear la correlación de Spearman.

DISCUSIÓN

La contaminación ambiental por Pb en Torreón es un tema ampliamente estudiado. Sus causas, efectos en la salud y fuentes de exposición han sido descritos desde hace tiempo (García Vargas et al. 2001, 2014, Rubio-Andrade et al. 2011). Según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2022, la prevalencia de intoxicación por Pb ($\geq 5 \mu\text{g/dL}$) en menores de 4 años fue del 16.8 % (IC 95 %: 13.6-20.5) lo cual representa un total de 1407498 niños y niñas de México (Bautista-Arredondo et al. 2023). Dicha encuesta reporta que una fuente importante de exposición a Pb es la loza de barro, circunstancia que ha sido detallada en trabajos recientes (Téllez-Rojo et al. 2019). Sin embargo, pocos trabajos se han realizado para identificar otras fuentes importantes de exposición.

En México no hay una norma que limite el uso de Pb en pinturas, con excepción de la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006 (SSA 2008), que marca los lineamientos de etiquetado de pinturas para concentraciones superiores a 600 ppm de Pb en la parte no volátil; esta norma indica que se deberá incluir una leyenda prohibiendo utilizar el producto en objetos y artículos escolares, cosméticos y áreas de juegos infantiles y guarderías. Posteriormente el 27 de enero de 2020, se publicó el proyecto de la NOM-003-SSA1-2018 (SSA 2020), en la cual se limita el uso de Pb en pinturas y productos a una concentración no mayor a 90 ppm. Esta disminución concuerda con lo recomendado

CUADRO III. NIVELES DE PB EN MUESTRAS COMPUESTAS DE SUELO SUPERFICIAL.*

Plaza	Concentración de Pb en muestra compuesta de suelo superficial (ppm) Media ± DE (mínimo-máximo)
1. Manuel Acuña n = 2	126 ± 17.60 (113.50-138.50)
2. Primero de Mayo n = 5	240.40 ± 4.70 (184.20-311.20)
3. Francisco I Madero n = 1	318
4. Centro Comunitario n = 1	299.50
5. Plaza Peñoles n = 1	37.50
6. Vicente Guerrero n = 1	547
7. Plaza de la Mujer n = 1	164.50
8. Santiago Ramírez n = 1	160.50
9. Ferrocarrilera n = 0	ND
10. Vencedora n = 1	298
11. Las Margaritas n = 1	43
12. Bosque Urbano n = 1	15.5
13. Línea Verde n = 4	77.70 ± 48.70 (30-120)
Total n = 20	182.40 ± 132.60 Mediana: 162.50 Q1-Q3: 78.20-287 Mínimo: 15.50 Máximo: 547

*Todos los valores de Pb en polvo superficial son la media aritmética de muestras compuestas de cinco puntos. Cuando n = 1 significa que solo había un área con suelo natural en la plaza. Cuando n > 1 significa que había más de un área con suelo natural.

En la plaza 9, Ferrocarrilera, no se pudieron determinar los niveles de Pb en suelo superficial debido a que esta plaza pública no cuenta con suelo natural.
ND: no determinado, DE: desviación estándar.

por la Alianza Mundial para Eliminar la Pintura con Pb de la OMS, que establece 90 ppm de Pb en pinturas decorativas y residenciales como el límite de mayor protección (WHO 2023). Sin embargo, al

tratarse de un proyecto de norma, carece de efectos obligatorios. Fue sometido a consulta con el público en general y las partes interesadas, a quienes se ha invitado a revisarlo y proporcionar comentarios y

sugerencias, por lo cual, a la fecha de publicación de este estudio, no se ha publicado la norma definitiva.

De manera complementaria, la NOM-004-SSA1-2013 (SSA 2014) establece las especificaciones sanitarias para el uso de los compuestos de Pb, que especifica lo siguiente: “Se deberá evitar el uso de compuestos con Pb en pinturas para exteriores e interiores de inmuebles habitacionales, oficinas, escuelas, hospitales y guarderías”. Sin embargo, permite su uso para “recubrimientos para artes gráficas, por ejemplo, productos comercializados para uso exclusivo en anuncios espectaculares, señalamiento vial y usos similares”. Estas restricciones no son totalmente coherentes, ya que la norma permite el uso de Pb para mantenimiento de estructuras públicas, lo cual impacta los niveles de Pb en polvos. Asimismo, la NOM-252-SSA1-2011 (SSA 2012) establece un límite de biodisponibilidad de PB de 90 ppm en juguetes y artículos escolares; sin embargo, la norma excluye “Juegos o juguetes destinados al uso colectivo en parques, patios, sitios de juego o áreas recreativas”. Lo anterior pone en evidencia la inconsistencia entre las distintas normas que rigen las políticas de uso del Pb en nuestro país, ya que por un lado trata de limitarlo, pero no considera todas las fuentes de exposición infantil. Si bien esta norma constituye un avance alentador, es necesario que las políticas en salud pública se revisen y se ajusten con el fin de garantizar el acceso a un ambiente sano y libre de contaminantes.

La detección de Pb en pinturas se ha documentado en otras partes del mundo, como en sudoeste de Inglaterra (Turner et al. 2016), Armenia, Brasil, Kazakstán y la India (Clark et al. 2014). En México, el reporte

de la organización civil Casa Cem documenta que en su muestra estudiada, el 45 % de las pinturas que se comercializan en nuestro país presentaban niveles de Pb por encima de 90 ppm (IPEN 2018), mientras que la pintura del 81 % de los juegos infantiles estudiados presentaron niveles superiores a la normativa (IPEN 2019).

En este trabajo, solo en una plaza pública no se encontraron niveles detectables de Pb en pinturas, lo cual sugiere la existencia de pinturas con niveles bajos de este metal. Los tres colores que presentaron mayor cantidad de Pb en esta investigación fueron el blanco, el azul y el amarillo. En el caso de este último, es importante destacar que se emplea para identificar cordones y señalizar espacios restringidos; asimismo, el blanco y el azul se emplean para señalizar, por ejemplo, los espacios para personas con capacidades especiales, por lo tanto, su uso en vía pública podría ser relevante.

Durante el trabajo en campo se identificaron estructuras que presentaban varias capas de pintura de diferentes colores y grosorres. Esto quiere decir que durante el mantenimiento se pintó por encima de la capa de pintura anterior, lo cual provoca la presencia de varias capas de diferentes composiciones (**Fig. 1**). Esto es relevante debido a que, por la naturaleza del instrumento de medición empleado, se estaría midiendo no únicamente la cantidad de Pb de la pintura superficial sino del conjunto de capas que contiene la estructura. Por lo anterior, sería complicado definir qué tipo de pintura contiene mayor cantidad de Pb una vez que esta fue aplicada, pero es posible determinar que la estructura contiene pinturas con Pb.



Fig. 1. Diferentes capas de pintura de varios colores pueden encontrarse en una misma estructura. La figura (a) corresponde a la plaza Primero de Mayo y la figura (b) corresponde a la plaza Manuel Acuña.

Este trabajo documenta que la pintura empleada en juegos infantiles contiene cantidades importantes de Pb. Debido a que los usuarios de estas estructuras son niños, es muy probable que el Pb llegue a sus manos y posteriormente a su boca, lo cual representaría un riesgo importante para la salud. Estas mismas pinturas son empleadas para decorar otras estructuras del mismo sitio como mesas, bancas, murales y cordones; por tanto, representan también una fuente importante de exposición para la población adulta. Por lo tanto, estos sitios de recreación no son seguros debido a los niveles de Pb encontrados en suelos y pinturas de juegos infantiles, mismos que potencialmente pueden estar en contacto con la población usuaria.

En cuanto al Pb en polvos superficiales, los resultados de este trabajo no respaldan que el Pb en pinturas de los juegos infantiles influya de manera positiva en la concentración de Pb en suelo superficial, mientras que la distancia de la plaza a la fundidora presenta una correlación negativa y significativa con el nivel de Pb en suelo superficial. El impacto de la fundidora sobre los niveles de Pb en los niños se describió desde 2001 reconociendo un área de impacto de 4.5 km alrededor de la planta (García-Vargas et al. 2001, Albalak et al. 2003), que es el radio en el que se encuentran la mayoría de los parques estudiados; a pesar de lo anterior, es importante destacar que el Pb en suelo superficial no supera los niveles establecidos por el HUD (400 ppm). Esto sugiere que las acciones de remediación ambiental realizadas por parte de la fundidora en Torreón para mitigar la fuente de exposición más importante en la ciudad tuvieron un efecto positivo, disminuyendo los niveles de Pb en sangre de la población en esa época, resultado que han documentado Rubio-Andrade et al. (2011) y Recio-Vega et al. (2012), y que se espera que continúe con esa tendencia en la actualidad.

Este trabajo aporta evidencia de la presencia de Pb en todas las plazas y parques públicos estudiados en Torreón, Coahuila, tanto en pinturas como en polvos superficiales; sin embargo, es importante reconocer algunas limitantes del estudio: se midió el Pb total, es decir, no se identificaron sus formas químicas, lo cual es relevante porque ciertas formas de Pb podrían tener una biodisponibilidad distinta. Además, el cromato de Pb es considerado por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer como carcinógeno para humanos y se ha empleado como pigmento en pinturas (Gottesfeld y Jacobs 2016). No obstante, se ha comprobado que, independientemente de la forma química en que se encuentre, el Pb encontrado en las pinturas de uso doméstico contribuye de manera significativa al Pb que se encuentra en polvos dentro

de los domicilios; a su vez, este último está significativamente asociado a los niveles de Pb en sangre en niños (Lanphear y Roghmann 1997, Safruk et al. 2017). Por ello, la presencia de Pb en pinturas implica una fuente importante de exposición.

Otro factor limitante de este trabajo es la metodología que se empleó para detectar y cuantificar el Pb. Si bien hay otras tecnologías para el análisis de metales contaminantes con mayor precisión y menor interferencia, los equipos portátiles, como el empleado en este estudio, tienen la practicidad de ser empleados en tiempo real directamente en el campo por técnicos que reciben una capacitación sencilla sobre su manejo. Además, son instrumentos no destructivos con las muestras y permiten la detección rápida de múltiples elementos tóxicos a niveles elevados (McIntosh et al. 2016). Esta técnica de análisis permite realizar estudios de cribado en los cuales, de ser necesario, se podrían identificar muestras sospechosas contaminadas por técnicas analíticas más costosas, pero con mayor sensibilidad.

CONCLUSIÓN

De las 13 plazas analizadas, en 12 se detectó la presencia de pinturas con Pb, mientras que el 30 % de los suelos estudiados presentaron concentraciones de Pb superiores a los límites establecidos por normativas internacionales de 200 ppm (USEPA 2024). Estos hallazgos sugieren que dichos sitios representan un riesgo significativo de contribuir a niveles de Pb en sangre superiores al umbral nacional de 5 µg/dL, especialmente en poblaciones vulnerables. Este escenario pone de manifiesto la urgente necesidad de revisar y actualizar las normas nacionales con el fin de proteger de manera más efectiva a grupos sensibles, como la población infantil.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Grupo de Protección Ambiental de la empresa Met-Mex Peñoles por su colaboración en la realización de este estudio, así como por las sugerencias técnicas que mejoraron este trabajo.

REFERENCIAS

- Albalak R., Hart M.R., Noonan G., Buchanan S., Jones R.L., Flanders D.W., Gotway-Crawford C., Kim D.,

- Dignam T., Daley W.R., Jarrett J., Eduardo E. y McGeehin M.A. (2003). Blood lead levels and risk factors for lead poisoning among children in a Mexican smelting community. *Archives of Environmental Health* 58 (3), 172-183.
- ATSDR (2020). Toxicological profile for lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry [en línea]. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/95222> 03/05/2024
- Bautista-Arredondo L.F., Trejo-Valdivia B., Estrada-Sánchez D., Tamayo-Ortiz M., Cantoral A., Figueroa J.L., Romero-Martínez M., Gómez-Acosta L.M., Cuevas-Nasu L. y Téllez-Rojo M.M. (2023). Intoxicación infantil por plomo en México: otras fuentes de exposición más allá del barro vidriado (Ensanut 2022). *Salud Pública de Mexico* 65 (1), S197-S203. <https://doi.org/10.21149/14798>
- Benin A.L., Sargent J.D., Dalton M. y Roda S. (1999). High concentrations of heavy metals in neighborhoods near ore smelters in northern Mexico. *Environmental Health Perspectives* 107 (4), 279-284. <https://doi.org/10.1289/EHP.99107279>
- Calderón-Salinas J.V., Valdez-Anaya B., Charles-Mazúñiga y Albores-Medina A. (1996). Lead exposure in a population of Mexican children. *Human and Experimental Toxicology* 15 (4), 305-311. <https://doi.org/10.1177/096032719601500406>
- Caravanos J., Dowling R., Téllez-Rojo M.M., Cantoral A., Kobrosly R., Estrada D., Orjuela M., Gualtero S., Ericson B., Rivera A. y Fuller R. (2014). Niveles de plomo en sangre en México y su implicación para la carga pediátrica de la enfermedad. *Annals of Global Health* 80 (4), e1-e11. <https://doi.org/10.1016/J.AOGH.2014.10.005>
- Clark C.S., Kumar A., Mohapatra P., Rajankar P., Nyocz Z., Hambartsumyan A., Astanina L., Roda S., Lind C., Menrath W. y Peng H. (2014). Examination of lead concentrations in new decorative enamel paints in four countries with different histories of activity in lead paint regulation. *Environmental Research* 132, 233-243. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2014.03.006>
- FONART (2024). Fonart trabaja desde hace más de 30 años con la comunidad artesanal y diversas instituciones para erradicar el uso de plomo en la alfarería. Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías [en línea]. <https://www.gob.mx/fonart/articulos/fonart-trabaja-desde-hace-mas-de-30-anos-con-la-comunidad-artesanal-y-diversas-instituciones-para-erradicar-el-uso-de-plomo-en-la-alfareria> 28/08/2025
- García-Vargas G.G., Rubio A.M., del Razo L.M., Borja A.V., Vera A.E. y Cebrián M.E. (2001). Lead exposure in children living in a smelter community in Región Lagunera, Mexico. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 62 (6), 417-429. <https://doi.org/10.1080/00984100150501150>
- García-Vargas G.G., Rothenberg S.J., Silbergeld E.K., Weaver V., Zamoiski R., Resnick C., Rubio-Andrade M., Parsons P.J., Steuerwald A.J., Navas-Acién A. y Guallar E. (2014). Spatial clustering of toxic trace elements in adolescents around the Torreón, Mexico lead-zinc smelter. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 24 (6), 634-642. <https://doi.org/10.1038/jes.2014.11>
- Gottesfeld P. y Jacobs D.E. (2016). Letter to the editor. Re: Andrew Turner, Emily R. Kearl, Kevin R. Solman. Lead and other toxic metals in playground paints from South West England. *Science of The Total Environment* 562, 996-997. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.02.124>
- HUD (2012). Guidelines for the evaluation and control of lead-based paint in housing. Department of Housing and Urban Development [en línea]. https://www.hud.gov/program_offices/healthy_homes/lbp/hudguidelines 03/05/2024
- INEGI (2020). Presentación de resultados, Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Estadística y Geografía [en línea]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_coah.pdf 03/05/2024
- IPEN (2018). Plomo en pinturas a base de solventes para uso doméstico en México. International Pollutants Elimination Network [en línea]. https://ipen.org/sites/default/files/documents/pen-mexico-lead-report-v1_4-es.pdf 10/12/2024
- IPEN (2019). Plomo en juegos infantiles en México. International Pollutants Elimination Network [en línea]. <https://casacem.com/upload/9a8ecff8e308717d824834588b39a3e1.pdf> 10/12/2024
- Kessler R. (2014). Lead-based decorative paints: Where are they still sold and why? *Environmental Health Perspectives* 122 (4), A96-A103. <https://doi.org/10.1289/EHP.122-A96>
- Lanphear B.P. y Roghmann K.J. (1997). Pathways of lead exposure in urban children. *Environmental Research* 74 (1), 67-73. <https://doi.org/10.1006/enrs.1997.3726>
- Laperche V. y Lemière B. (2021). Possible pitfalls in the analysis of minerals and loose materials by portable XRF, and how to overcome them. *Minerals* 11 (1), 33-57. <https://doi.org/10.3390/MIN11010033>
- McIntosh K.G., Guimarães D., Cusack M.J., Vershinin A., Chen Z.W., Yang K. y Parsons P.J. (2016). Evaluation of portable XRF instrumentation for assessing potential environmental exposure to toxic elements. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 96 (1), 15-37. <https://doi.org/10.1080/03067319.2015.1114104>

- O'Connor D., Hou D., Ye J., Zhang Y., Ok Y.S., Song Y., Coulon F., Peng T. y Tian L. (2018). Lead-based paint remains a major public health concern: A critical review of global production, trade, use, exposure, health risk, and implications. *Environment International* 121, 85-101. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.052>
- Recio-Vega R., Valdez-Abrego C., Adame-López B. y Gurrola-Méndez A. (2012). Surveillance of elevated blood lead levels in children in Torreón, Coahuila, Mexico 1998-2010. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 215 (5), 507-513. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2011.10.009>
- Rubio-Andrade M., Valdés-Pérezgasga F., Alonso J., Rosado J.L., Cebrián M.E. y García-Vargas G.G. (2011). Follow-up study on lead exposure in children living in a smelter community in northern Mexico. *Environmental Health* 10 (1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-66>
- Safruk A.M., McGregor E., Aslund M.L.W., Cheung P.H., Pinsent C., Jackson B.J., Hair A.T., Lee M. y Sigal E.A. (2017). The influence of lead content in drinking water, household dust, soil, and paint on blood lead levels of children in Flin Flon, Manitoba and Creighton, Saskatchewan. *Science of The Total Environment* 593-594, 202-210. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.03.141>
- SEMARNAT (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Diario Oficial de la Federación, 2 de marzo.
- SSA (2008). Modificación de la NOM-003-SSA1-1993. Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes, para quedar como: NOM-003-SSA1-2006. Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Secretaría de Salud, México. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio.
- SSA (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-252-SSA1-2011. Salud ambiental. Juguetes y artículos escolares. Límites de biodisponibilidad de metales pesados. Especificaciones químicas y métodos de prueba. Secretaría de Salud, México. Diario Oficial de la Federación, 11 de abril.
- SSA (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA1-2013. Salud ambiental. Limitaciones y especificaciones sanitarias para el uso de los compuestos de plomo. Secretaría de Salud, México. Diario Oficial de la Federación, 14 de enero.
- SSA (2020). Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-003-SSA1-2018. Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas y productos relacionados. Secretaría de Salud, México. Diario Oficial de la Federación, 15 de octubre.
- Téllez-Rojo M.M., Bautista-Arredondo L.F., Trejo-Valdivia B., Cantoral A., Estrada-Sánchez D., Kraiem R., Pantic I., Rosa-Parra A., Gómez-Acosta L.M., Romero-Martínez M., Cuevas-Nasu L., Shamah-Levy T., Fuller R. y Tamayo-Ortiz M. (2019). Reporte nacional de niveles de plomo en sangre y uso de barro vidriado en población infantil vulnerable. *Salud Pública de México* 61 (6), 787-797. <https://doi.org/10.21149/10555>
- Thermo Scientific (2010). Thermo Fisher Scientific Niton analyzers user's guide v. 7.0.1 [en línea]. <https://www.tttenviro.com/wp-content/uploads/Manual-XL3-Series-v7.0.11.pdf> 03/05/2024
- Thermo Scientific (2013). Thermo Scientific Niton XL3 GOLDD Series XRF analyzers for consumer goods [en línea]. <http://tools.thermofisher.com/content/sfs/brochures/Niton-XL3t-GOLDD-Consumer-Goods-LODs-2013Feb05.pdf> 03/05/2024
- Turner A., Kearl E.R. y Solman K.R. (2016). Lead and other toxic metals in playground paints from South West England. *Science of The Total Environment* 544, 460-466. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2015.11.078>
- USEPA (2024). EPA strengthens safeguards to protect families and children from lead in contaminated soil at residential sites in Region 7. United States Environmental Protection Agency [en línea]. <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-strengthens-safeguards-protect-families-and-children-lead-contaminated-soil> 03/05/2024
- WHO (2023). Update on the global status of legal limits on lead in paint, March 2023. World Health Organization [en línea]. <https://www.who.int/publications/item/9789240078093> 03/05/2024