

Exportaciones peligrosas contribuyen a la contaminación del suelo en plantas de reciclaje de baterías de plomo en México



FEBRERO 2023

Autores

Perry Gottesfeld, Occupational Knowledge International

Sofia C. Chavez Arce, Casa Cem

Luis Macias Raya, Casa Cem

Occupational Knowledge International

4444 Geary Boulevard, Suite 208

San Francisco, CA 94118 USA

www.okinternational.org

info@okinternational.org

Casa Cem

Vías Verdes AC

Avenida Chapultepec 376

Colonia Moderna,

Guadalajara, Jalisco, México

CP. 44190

www.casacem.org

© Occupational Knowledge International 2023

Foto de Portada Google Maps: Google, © 2021

Resumen ejecutivo

México tiene estándares ambientales y ocupacionales menos estrictos que en los EE. UU. para la industria del reciclaje de baterías de plomo. Adicionalmente, en México se invierte poco en hacer cumplir las regulaciones en materia de medio ambiente. La falta de estándares de protección y la débil vigilancia de su cumplimiento se han citado como razones por las que México es el destino de entre el 75 y el 95% de las baterías usadas que se exportan anualmente desde EE. UU.

Para evaluar el potencial que tienen las emisiones de las chimeneas y las emisiones fugitivas para contaminar las áreas alrededor de las plantas de reciclaje de baterías de plomo, recolectamos 28 muestras de suelo para analizar la contaminación por plomo alrededor de las plantas de reciclaje de baterías de plomo seleccionadas. Encontramos que 16 muestras (57%) excedieron la Norma Oficial Mexicana para áreas industriales (800 ppm). La concentración de plomo promedio (media aritmética) en los lugares muestreados fue de 4,897 partes por millón (ppm), seis veces lo que establece la normatividad mexicana. Los resultados oscilaron entre 89 y 43,000 ppm. Nuestro estudio apunta a la necesidad de contar con una normativa más estricta para las plantas de reciclaje de baterías de plomo en México y la mejora de su vigilancia y cumplimiento.

Hallazgos adicionales de este informe incluyen lo siguiente:

- Del 2011 a 2021, las exportaciones de baterías de plomo usadas de EE. UU. a México aumentaron un 18%;
- Aproximadamente el 75% de las baterías de plomo usadas exportadas desde los EE. UU. en 2021 se enviaron a México para su reciclaje;
- Clarios (anteriormente Johnson Controls) fue responsable del 68% de todas las exportaciones de baterías de plomo usadas enviadas desde EE. UU. a México en 2021;
- Las muestras de suelo tomadas alrededor de las plantas de reciclaje de baterías de plomo en México tenían una concentración promedio de plomo de 4,897 ppm o más de seis veces lo que determina la Norma Oficial Mexicana.
- El nivel promedio de plomo en el suelo en los alrededores de la planta de García de Clarios, misma que recibió la mayor parte de baterías de plomo usadas de los EE. UU. que cualquier otra instalación, fue de 8,502 ppm o más de diez veces lo que determina la Norma Oficial Mexicana.
- El valor permisible para la concentración de plomo del aire ambiente en México es tres veces más alto que en los EE. UU.

Introducción

Casi todas las baterías de plomo se reciclan para recuperar el plomo y utilizarlo en baterías nuevas y otras aplicaciones. Sin embargo, se conoce que la industria del reciclaje de baterías de plomo emite altas concentraciones de plomo y otros metales que dan como resultado la contaminación del aire, el suelo y el agua. La industria también está plagada de exposiciones ocupacionales muy altas al plomo. Incluso, las plantas de reciclaje de baterías de plomo en los EE. UU. han sido fuentes importantes de contaminación del suelo que ha contribuido a la exposición al plomo en las comunidades circundantes. En California, una vieja planta de reciclaje que cerró en 2014, fue la responsable de contaminar un área que alberga a aproximadamente 100,000 personas y de propagar la contaminación a más de 10,000 propiedades en un radio de aproximadamente 2,7 km (California State Auditor, 2020).

Las baterías de plomo usadas en los EE. UU. se reciclan en once plantas locales de fundición secundaria de plomo, pero una parte significativa de las baterías usadas se exporta para su procesamiento a Canadá, México y Corea del Sur. Estados Unidos es el mayor exportador mundial de baterías de plomo usadas (ILZSG, 2021). Datos de la Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos (US International Trade Commission o ITC por sus siglas en inglés) muestran que en los últimos años México recibió entre el 75 y el 95% de estas exportaciones (US ITC, 2022). La razón por la que una gran proporción de las exportaciones de EE. UU. se envían a México es que las regulaciones ambientales y su aplicación son menos restrictivas en México que en EE. UU. (ILZSG, 2021). La Figura 1 muestra el incremento de las baterías de plomo usadas enviadas a México después de que en EE. UU. se finalizó y se promulgó por primera vez en 30 años el Estándar Nacional de Calidad del Aire Ambiental para el plomo (NAAQS, por sus siglas en inglés).

Las exportaciones de baterías de plomo usadas de EE. UU. a México han crecido sustancialmente desde el año 2008, después de la reducción de los niveles permisibles en el Estándar Nacional de Calidad del Aire Ambiental para el plomo en los EE. UU., y continuaron aumentando en un 18% del año 2011 al 2021. Desde el año 2017 se requiere que los exportadores rastreen cada embarque e informen a la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA por sus siglas en inglés) anualmente sobre la cantidad y los destinos de las baterías de plomo usadas bajo las Reglas Universales de Exportación de Residuos (US EPA 2016). A partir de esta información, sabemos que una sola empresa, Clarios (anteriormente Johnson Controls), fue responsable del 68% de las

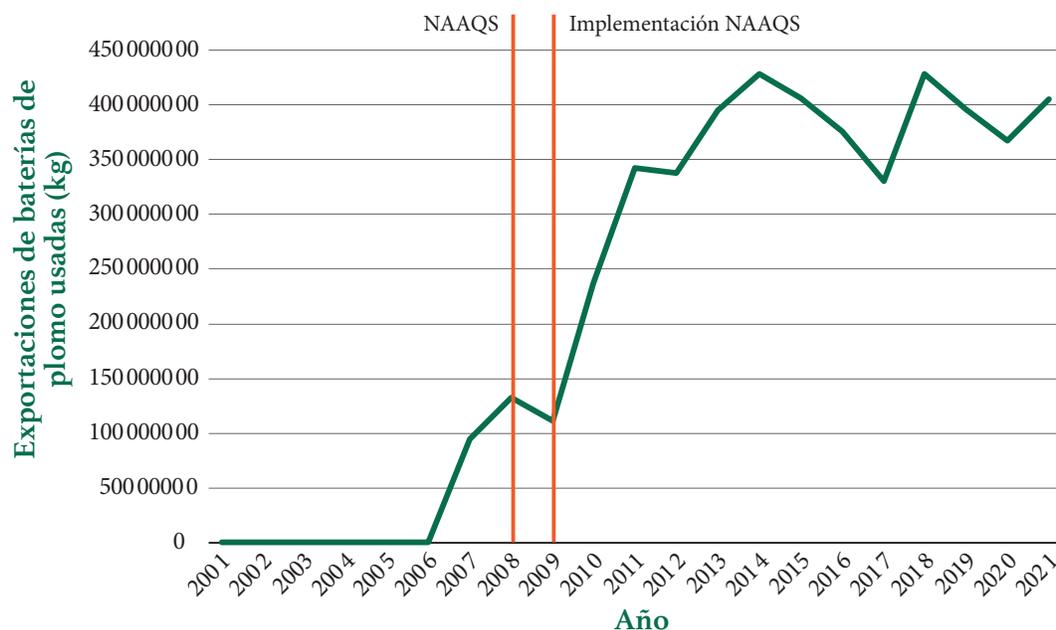


Figura 1: Exportaciones de baterías de plomo usadas de EE. UU. a México

Fuente: Comisión de Comercio Internacional de EE. UU., (dataweb.usitc.gov) para el código arancelario 8548100540

baterías de plomo usadas enviadas de EE. UU. a México en el año 2021 (datos no publicados recibidos de la EPA de EE. UU. a través de una solicitud de la Ley de Libertad de Información).

En el año 2021 México importó más de 515,000 toneladas métricas (TM) de baterías de plomo usadas de EE. UU. para procesar en ocho plantas (datos no publicados de la EPA de EE. UU.). La planta de Clarios en García fue el principal destinatario, ya que absorbió el 43% de estas exportaciones desde las operaciones estadounidenses de la empresa.

México ha sido el mayor importador de baterías de plomo usadas de EE. UU. durante muchos años y fue objeto de un informe en el año 2013 emitido por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (CCA 2013). Desde que se publicó dicho informe hace casi una década, las exportaciones a México han seguido aumentando. Es de hacerse notar que los datos disponibles del ITC de EE. UU. parecen informar cantidades de exportación de baterías de plomo usadas inferiores a las de los datos de la EPA de EE. UU. (disponibles desde el año 2017), mismas que provienen de los informes individuales de todos los exportadores.

La contaminación del suelo con plomo es un reflejo del plomo en el aire proveniente de las emisiones de las chimeneas y de las emisiones fugitivas

que se han asentado en las superficies. Durante la última década, EE. UU. redujo los niveles permisibles de plomo en el aire ambiental, lo que requirió que las instalaciones de reciclaje existentes invirtieran en mejores controles de contaminación, y esto redujo las concentraciones de plomo alrededor de estas instalaciones (Tanaka S, 2022). El valor normado para la concentración de plomo del aire ambiente en México fue, hasta el año 2021, diez veces más alto que el estándar en los EE. UU., actualmente la Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-2021 (vigente) establece una concentración de plomo en el aire ambiente más de tres veces mayor a la de los EE. UU.

Aunque México actualizó la norma para el control de emisiones atmosféricas en la fundición secundaria de plomo (Norma Oficial Mexicana NOM-166-SEMARNAT-2014) luego de la publicación del informe de la CCA, la regulación permitió un período de ocho años de transición para lograr que las empresas cumplieran con el límite máximo permisible de 0.2 mg/m^3 de plomo con muestreo trimestral requerido (México Semarnat, 2014). El nivel de 0.2 mg/m^3 debe entrar en vigor en enero del 2023, pero México carece de la capacidad de aplicación y de un programa de monitoreo ambiental suficiente para garantizar su cumplimiento.

Procedimiento de muestreo de suelos

Seleccionamos un total de siete plantas de reciclaje en dos estados de México para realizar pruebas. Cinco (71%) de las siete plantas evaluadas recibieron baterías de plomo usadas importadas de EE. UU. en el año 2021.

Las ubicaciones de muestreo se seleccionaron para que fueran representativas de las áreas de suelo expuesto en las cercanías de las plantas de reciclaje. Se procuró acceder a las áreas públicas de los cuatro puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) alrededor de las plantas y donde fue posible, tener en cuenta los patrones de dispersión y los vientos predominantes variables. Registramos las distancias aproximadas desde el límite de la propiedad, el muro o la cerca hasta los lugares de muestreo. En algunos casos, el acceso público se vio limitado debido a cercas u otras barreras. Las ubicaciones de las muestras variaron entre 1 y 385 metros desde los límites de la planta de reciclaje, según el acceso y las condiciones del sitio.

Se utilizó un protocolo de muestreo estándar para recolectar suelo a los 0-3 cm de la superficie en ubicaciones representativas en la línea de la cerca o en la pared de la fábrica que representaran el acceso público más cercano a cada instalación. Las ubicaciones de las muestras individuales se seleccionaron por conveniencia para que fueran representativas de las condiciones del suelo expuesto. En cada lugar de muestreo, recolectamos de 5 a 8 submuestras del suelo expuesto dentro

de un área de un metro cuadrado como una muestra compuesta que se colocó en un tubo de muestreo de plástico de 25 ml etiquetado y sellado.

La dirección de cada instalación se registró junto con las coordenadas de ubicación de una unidad de GPS portátil. La información sobre el uso del suelo en el área circundante a las plantas se registró a partir de la observación directa y de la revisión de imágenes aéreas satelitales. También se tomaron fotografías para documentar el uso del suelo en los lugares de muestreo representativos. Las Figuras 2-5 muestran ubicaciones representativas del muestreo del suelo en cuatro de las plantas incluidas en este informe.

Se recolectaron un total de 28 muestras de suelo en áreas aledañas a los límites de las instalaciones. Las muestras se transportaron por vía aérea al Laboratorio EMSL (Cinnaminson, NJ, EE. UU.) para su análisis. Las muestras se importaron a EE. UU. con el número de autorización P330-20-00038 del Departamento de Agricultura de EE. UU. Las concentraciones de plomo total se analizaron mediante Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS) de llama con el método SW 846 3050B/7000B de la EPA.

Resultados y discusión

La concentración media aritmética de plomo en el suelo para las 28 muestras fue de 4,897 partes por millón (ppm) y osciló entre 89 y 43,000 ppm (consulte la Tabla 1). El nivel medio de las ubicaciones analizadas alrededor de las instalaciones muestreadas fue de 1,035 ppm. Seis de las siete plantas tuvieron al menos una muestra que excedía las 800 ppm para suelos de uso industrial (Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004).

La EPA de EE. UU. define las 800 ppm de plomo en suelo como la concentración de referencia para sitios no residenciales. California define las 320 ppm como la concentración de referencia para propiedades comerciales o industriales. Sin embargo, los objetivos de saneamiento generalmente se establecen en función de las condiciones específicas del sitio y varían según los resultados de una evaluación de riesgos para la salud humana tomando en consideración la población expuesta, la duración de la exposición, la bioaccesibilidad y otros factores.

Es importante tener en cuenta que se aplican estándares más estrictos de contaminación del suelo con plomo en las áreas residenciales. Tanto en EE. UU. como en México, el nivel de referencia es de 400 ppm para niveles de plomo en suelos residenciales (Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004). En California, el gobierno estatal tiene un nivel de referencia residencial de 80 ppm.

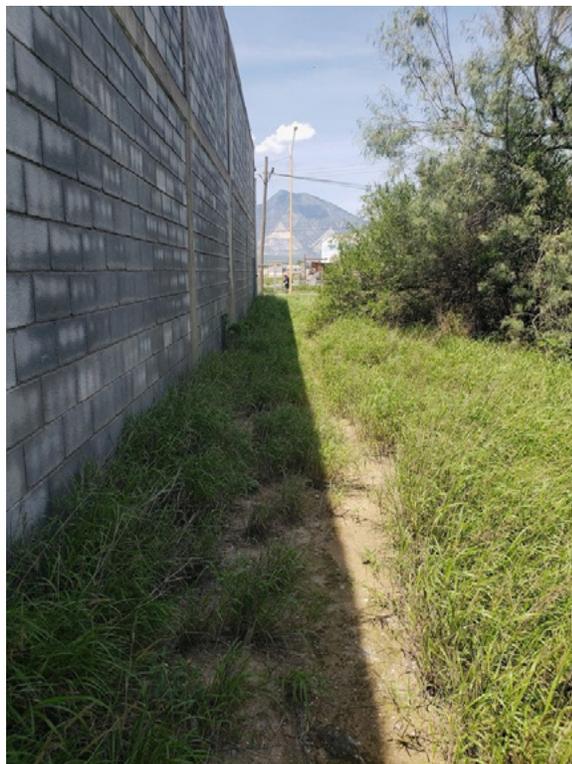


Figura 2: RECMAT de México: Nivel de plomo en suelo del muro este, 1,800 ppm



Figura 3: Clarios García: nivel de plomo en suelo del muro norte, 13,000 ppm



Figura 4: RIASA Grupo Gonher: Nivel de plomo en el suelo de la cerca sur, 1,600 ppm



Figura 5: Corporación Pipsa: nivel de plomo en el suelo de la cerca sur, 43,000 ppm

Las instalaciones muestreadas que importaron baterías de plomo usadas desde los EE. UU. en el año 2021 tuvieron una amplia contaminación de suelo por plomo en las áreas circundantes muestreadas. La Tabla 2 lista las instalaciones, los niveles promedio de plomo en el suelo y la cantidad (en toneladas métricas) de baterías de plomo usadas importadas y entregadas a cada una en 2021. Según datos del gobierno mexicano, nuestra encuesta incluyó cuatro de las cinco plantas de reciclaje de baterías de plomo más grandes de México con una capacidad mayor a 100,000 toneladas/año (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2022). Los resultados sugieren que algunas de las plantas más grandes analizadas tienen los niveles medios de plomo más altos en el suelo alrededor de sus instalaciones. Estas grandes plantas también importan las mayores cantidades de baterías de plomo usadas de los EE. UU. Los datos muestran una contaminación sustancial alrededor de las dos instalaciones de Clarios que están importando la mayoría de las exportaciones de baterías de plomo usadas de los EE. UU. a México (datos no publicados de la EPA).

Tabla 1: Concentraciones de plomo en el suelo

Instalación de reciclaje	Plomo ppm (mg/kg)
DIAN Procesos Metalúrgicos, S.A. de C.V.	580
DIAN Procesos Metalúrgicos, S.A. de C.V.	280
DIAN Procesos Metalúrgicos, S.A. de C.V.	89
DIAN Procesos Metalúrgicos, S.A. de C.V.	590
Eléctrica Automotriz Omega, S.A. de C.V.	3,100
Eléctrica Automotriz Omega, S.A. de C.V.	8,200
Clarios: Cienega de Flores facility	120
Clarios: Cienega de Flores facility	1,200
Clarios: Cienega de Flores facility	640
Clarios: Cienega de Flores facility	3,400
Clarios: Cienega de Flores facility	230
RECMAT de Mexico	590
RECMAT de Mexico	1,800
RECMAT de Mexico	1,100
Clarios: Garcia facility	9,400
Clarios: Garcia facility	12,000
Clarios: Garcia facility	15,000
Clarios: Garcia facility	13,000
Clarios: Garcia facility	960
Clarios: Garcia facility	650
Corporación Pipsa	240
Corporación Pipsa	1,500
Corporación Pipsa	43,000
Corporación Pipsa	16,000
Corporación Pipsa	740
RIASA Grupo Gonher	150
RIASA Grupo Gonher	970
RIASA Grupo Gonher	1,600
Promedio	4,897
Mediana	1,035

Tabla 2: Cantidad de baterías de plomo importadas desde EE. UU. a las plantas de reciclaje mexicanas incluidas en este estudio (2021)

Planta	Cantidad de baterías de plomo usadas importadas desde EE. UU. (TM) ⁱ	Número de envíos ⁱ	Capacidad (toneladas) ⁱⁱ	Nivel medio de plomo en el suelo (ppm)
DIAN Procesos Metalúrgicos	–	–	4,320	385
Eléctrica Automotriz Omega	–	–	94,000	5,650
RECMAT de Mexico	4,634	240	24,000	1,163
Corporación Pipsa	30,224	1,579	104,760	12,296
RIASA Grupo Gonher	59,244	3,256	121,804	907
Clarios: Cienega de Flores facility	130,049	6,547	254,085	1,118
Clarios: Garcia facility	220,070	9,974	252,000	8,502
Total	444,220	21,596		

Fuentes: (i) Obtenido a través de una solicitud de información a la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA) en la que se pidieron los informes anuales sobre la cantidad y los destinos de las baterías de plomo usadas exportadas según los requerimientos del Reglamento de Residuos Universales. (ii) Capacidad de las instalaciones reportada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2022.

En el año 2021, Clarios cerró su única planta de reciclaje en EE. UU., impactando 360 puestos de trabajo en Carolina del Sur y aumentando los envíos de baterías de plomo usadas a sus plantas en México (WPDE). Dado que la producción en la planta de Carolina del Sur no cesó hasta finales del primer trimestre del año 2021, es probable que este cierre refleje una cantidad aún mayor de exportaciones enviadas a México en el año 2022. Un informe del Grupo Internacional de Estudio de Plomo y Zinc (ILZSG) dice que la razón por la que estas baterías de desecho se exportan es porque México tiene estándares más permisivos y una verificación menos estricta para la industria de reciclaje de baterías de plomo que los EE. UU. (ILZSG, 2021). El informe explica que el crecimiento de las exportaciones de baterías de plomo usadas en los últimos años es un reflejo de los estrictos controles ambientales en EE. UU. y sus costos administrativos relacionados. También señala que EE. UU. es el destino de más del 80% de las exportaciones de plomo refinado de México.

Algunas de las plantas de reciclaje incluidas en este estudio comparten propiedades con instalaciones de producción de baterías de plomo u otras plantas químicas de plomo. La planta de Clarios en Ciénega de Flores también cuenta con una planta de fabricación de baterías de plomo. El sitio de RIASA

Grupo Gonher alberga una planta de fabricación de baterías de plomo. La planta de reciclaje de Omega parece compartir el sitio con Penox, que produce óxido de plomo y quizás otros productos químicos que contienen plomo. La información disponible indica que al menos en el año 2012 OMEGA era el arrendador y PENOX el arrendatario del inmueble donde se ubica (informe Penox 2012).

Las plantas de reciclaje de baterías de plomo en México operan con requisitos regulatorios menos estrictos que las instalaciones en los EE. UU. El informe de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) “¿Comercio tóxico?” publicado en el año 2013 destacó algunas de estas deficiencias, incluida la diferencia en las normas de de aire ambiente y en las de concentraciones de emisiones permitidas de las chimeneas. La Tabla 3 compara las principales normas ambientales y laborales mexicanas y estadounidenses que se relacionan con las plantas de reciclaje de baterías de plomo.

Tabla 3: Comparación de normativa entre los EE. UU. y México

Emisiones de aire	EE.UU	México
Promedio ponderado de todas las chimeneas de la planta	0,2 mg/dscm ^a	0,2 mg/m ^{3 a}
Límite máximo permisible individual por chimenea	1,0 mg/dscm ^a	1,0 mg/m ^{3 d}
Concentración de plomo como contaminante atmosférico	0.15 µg/m ³ durante un periodo móvil de 3 meses (partículas totales en suspensión) ^b	0.5 µg/m ³ promediado anual (solo para PM10) ^e
Occupational	U.S.	Mexico
Valor límite de exposición al plomo del ambiente laboral	50 µg/m ³ promediados durante 8 horas ^c	50 µg/m ³ promediados durante 8 horas ^f
Nivel de plomo en sangre para extracción médica	50 µg/dl ^c	Sin estándar

Referencias:

- US EPA 40 CFR Part 63, National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants Secondary Lead Smelting; Final Rules (January 5, 2020)
- US EPA 40 CFR Parts 50, 51, 53, and 58 National Ambient Air Quality Standards for Lead; Final Rule November 12, 2008
- U.S. OSHA, Occupational Lead Standard (general industry) 1910.1025.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-166-SEMARNAT-2014, Control de emisiones atmosféricas en la fundición secundaria de plomo.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control.

Cuando la CCA hizo notar las deficiencias regulatorias mexicanas en su informe del año 2013, ambos países actualizaron su normatividad de aire ambiente, pero México permitió niveles diez veces mayores que en los EE. UU. Los controles de salud ocupacional en México también son mucho más permisivos que en los EE. UU., en donde se rigen bajo la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Sin embargo, dada la falta de vigilancia sobre el cumplimiento de las regulaciones ambientales en México, es poco probable que muchas empresas inviertan en equipos que controlen la contaminación, mismos equipos que serían necesarios para cumplir con una normatividad más estricta.

Niveles comparados de contaminación reportados en otros estudios

Los niveles de concentración de fondo de plomo en México han sido evaluados por otros. Hernández - Mendiola informó niveles medios de 16.6 ppm de muestras en 12 ubicaciones (Hernández-Mendiola, E., et al. 2022). De manera similar, los niveles de concentración de fondo de plomo a nivel mundial se han estimado en 16 ppm (Hooda, P; 2010).

Un estudio mexicano midió la contaminación del suelo en una planta de reciclaje de baterías de plomo cerrada en Tepetlaoxtoc y reportó niveles promedio de 41,893 ppm con un máximo reportado de 122,404 ppm. (González-Chávez, M; et al. 2019). Un estudio anterior que midió los niveles de plomo en el suelo de una área residencial cerca de una refinería de plomo y una fábrica de cristal de plomo reportó una concentración media de 467 mg/kg (Benin, A; et al. 1999). Otro estudio realizado en San Luis Potosí, México, a 1.5 km de una fundición primaria, reportó que el nivel medio de plomo era de 1,450 mg/kg con un máximo de 12,600 mg/kg (Carrizales, L; et al. 2006).

En otros países se han reportado niveles similares de contaminación del suelo en plantas de reciclaje y de fabricación de baterías de plomo. Por ejemplo, las muestras recolectadas cerca de una fundición secundaria de plomo en el norte de Francia mostraron valores de plomo en el suelo que oscilaban entre 880 y 9,030 mg/kg (Schneider, Arnaud R., et al. 2016). Las muestras recolectadas dentro de un kilómetro de distancia de una planta de reciclaje de baterías de plomo en China, incluyeron 25 muestras de suelo recolectadas de los 1-2 cm superiores de la superficie. Aunque los niveles medios de plomo en el suelo de estas 25 muestras de superficie eran relativamente bajos (de 100 mg/kg), los datos mostraron una relación estadísticamente significativa con la dirección y la distancia desde la planta (Zhang, et al. 2016). Las pruebas de concentraciones de

plomo en la superficie del suelo en un área fuera de una planta de reciclaje de baterías de plomo formalmente establecida en Banten, Indonesia, oscilaron entre 240 y 1,780 mg/kg a distancias de 300 a 600 metros de la planta (Adventini, N, et al. 2017). Dichas concentraciones de plomo de la superficie del suelo eran inversamente proporcionales a la distancia desde la fundición.

Un estudio que examinó la contaminación del suelo en las inmediaciones de 15 plantas de reciclaje de baterías de plomo en siete países africanos identificó niveles de plomo en el suelo de hasta 48,000 mg/kg. El nivel medio fue de 2,600 mg/kg (Gottesfeld, P; et al. 2018).

Varios estudios han señalado que los niveles de plomo en la capa superior del suelo alrededor de las plantas de reciclaje de baterías de plomo disminuyen con la profundidad. Un estudio francés realizado cerca de una planta de reciclaje de plomo encontró concentraciones de plomo en la capa superior del suelo de 1,930 mg/kg que disminuyeron rápidamente a niveles de concentraciones de fondo a una profundidad de 60 cm por debajo de la superficie del suelo (Cecchi, et al. 2008). Un artículo de revisión que resume 160 estudios que informan sobre la contaminación del suelo por fundiciones no ferrosas mostró que el plomo es menos móvil en los suelos que el cadmio y el zinc (Ettler, Vojtěch. 2016). El mismo estudio también confirmó que la dirección predominante del viento es un factor clave en los patrones de dispersión y deposición en el suelo.

Varios estudios han demostrado que la contaminación del suelo cerca de las plantas de reciclaje de baterías de plomo puede provocar una exposición significativa al plomo en las comunidades circundantes (Daniell, William E., et al. 2015; Levallois, P., et al. 1991; Wang, Jung-Der, et al. al. 1992). Una revisión que resume diez estudios publicados mostró que los niveles promedio de plomo en la sangre entre los niños que viven cerca de las plantas de reciclaje de baterías de plomo en los países en desarrollo promediaron 29 µg/dl (Gottesfeld, P; 2011). En áreas de Los Ángeles California, que rodean la planta de reciclaje de baterías de plomo de Exide que se cerró en el año 2015, se reportaron niveles elevados de plomo en la sangre de los niños que habitan a menos de una milla de distancia de la planta. Un análisis realizado por el Estado de California demostró que el 3.5% de los niños dentro de esta zona tenían un nivel de plomo en la sangre superior a 4.5 µg/dl en comparación con el 1.95% de todo el condado de Los Ángeles (Departamento de Salud Pública de California, 2016).

En el caso de las plantas mexicanas de reciclaje de baterías de plomo incluidas en este estudio, varias locaciones se encuentran dentro de un radio de 2 KM de las áreas residenciales. No hay información disponible sobre los niveles de plomo en sangre en estas comunidades.

Conclusiones y Recomendaciones

Las comunidades cercanas a las instalaciones de las recicladoras analizadas en este estudio, pueden tener contaminación del suelo y polvo por las emisiones de plomo en el aire proveniente de estas plantas. Se deben de realizar pruebas de suelo en áreas residenciales y parques públicos aledaños para determinar el alcance de la contaminación. Además, los niños que residen en estas áreas pueden verse afectados sin siquiera ser conscientes de este riesgo. Existe la necesidad de realizar análisis de plomo en la sangre entre los niños de estas comunidades de alto riesgo que se encuentran cerca de las plantas de fabricación y reciclaje de baterías de plomo. México ha realizado recientemente una encuesta nacional en la que se ha medido el plomo en la sangre, pero se requiere realizar pruebas específicas adicionales centrándose en las comunidades cercanas a las empresas que utilizan plomo.

La contaminación del suelo por plomo identificada en las áreas alrededor de estas plantas de reciclaje de baterías de plomo, sugiere que existen serias deficiencias en la regulación y el control de las emisiones de las fundiciones secundarias de plomo en México. Se necesita más vigilancia y control para determinar si estas instalaciones cumplen con los estándares regulatorios actuales. Adicionalmente, se necesita tomar acciones de transparencia para que las comunidades locales puedan estar al tanto de las emisiones de plomo de estas instalaciones. Muchas de estas plantas no informan las emisiones anuales de plomo como lo exige el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en México, mismo que requiere un informe anual de emisiones al aire, eliminación de desechos y otras emisiones similares al Inventario de Emisiones Tóxicas de EE. UU. (TRI). Para sumar aún más a las deficiencias en el reporte de información al RETC, México cambió los requisitos de informes para el plomo en 2013 (Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013) que parece haber limitado los informes a las emisiones de plomo respirable. Dado que las preocupaciones basadas en la salud generalmente se relacionan con el plomo total en el aire y esa es la forma en que está regulado en otros países, es difícil de evaluar los limitados datos proporcionados después del cambio regulatorio en México.

La contaminación del suelo a menudo varía considerablemente en distancias cortas y puede verse afectada por alteraciones del suelo debido al paisajismo y construcciones anteriores en el área inmediata. Dado nuestro pequeño tamaño de muestra, no es posible clasificar los sitios por nivel de peligro o sacar conclusiones sobre el alcance de la contaminación que se indica en la Tabla 2. La planta de Corporación Pipsa tuvo el nivel más alto de contaminación por plomo (12,296 ppm) y fue la cuarta importadora más grande de baterías de plomo usadas desde EE. UU. en el año 2021. La planta de RIASA Grupo Gonher

fue el tercer mayor importador, pero tuvo un nivel medio de plomo en el suelo considerablemente más bajo (907 ppm).

Quizás una de las instalaciones más contaminantes es el sitio de Clarios en Ciénega de Flores, cerca de Monterrey, México, que tuvo una concentración media de plomo en el suelo de 1,118 ppm. En el año 2013, la CCA indicó que esta instalación tenía las emisiones de plomo en el aire más altas entre todas las plantas de reciclaje que reportaron al RETC. La CCA estimó que las emisiones de las plantas mexicanas de reciclaje de baterías de plomo eran unas 20 veces más altas que las de plantas similares en EE. UU.

En el año 2011, Johnson Controls había reconocido deficiencias en la planta de Ciénega de Flores y había indicado que la instalación requería una inversión de \$70 millones de dólares para mejorar sus hornos y controles ambientales. En el año 2013, la compañía dijo que necesitaba dos años más para completar las mejoras, pero no se encontró información ni ningún anuncio que indicara si alguna vez se llevaron a cabo las mejoras planificadas. (CEC, 2013, p. 46 y Johnson Controls, 30 de agosto de 2011)

Se encontraron concentraciones significativamente más altas de plomo con un promedio de 8,502 ppm en muestras de suelo adyacentes a la planta de Clarios en García, misma que solo ha operado desde el año 2011. A diferencia de algunas de las plantas más pequeñas que incluimos o la planta más antigua que Clarios había comprado en La Ciénega, la planta de García fue construida por Johnson Controls al mismo tiempo que invirtieron en la gran planta de reciclaje en Florence, Carolina del Sur. En el caso de la planta de los EE. UU., los reguladores insistieron como condición para obtener un permiso de aire para operar la planta, que la empresa diera a conocer los datos de monitoreo del aire a los reguladores estatales, quienes publicaron rápidamente esta información en su sitio web. Como resultado, la planta de EE. UU. operó quizás con la mayor transparencia de todas las plantas de reciclaje de baterías de plomo.

Es bien sabido que los costos de instalación, operación, mantenimiento y de prueba del equipo de control de la contaminación pueden ser sustanciales y esa es la razón por la que tales inversiones solo son rentables en plantas grandes que operan cerca de su capacidad. Estos costos adicionales en los EE. UU. pueden explicar por qué Clarios decidió cerrar su planta en Carolina del Sur y, en cambio, enviar las baterías usadas recolectadas de sus operaciones en los EE. UU. a sus instalaciones en México. Sin embargo, la contaminación encontrada alrededor de sus plantas mexicanas y sus datos de emisiones al aire autoinformados al RETC, sugieren que la compañía opera estas instalaciones con equipos de control de contaminación inferiores a los que se permitirían para plantas comparables en los EE. UU.

Dado el limitado número de muestras recolectadas cerca de estas instalaciones de reciclaje de baterías de plomo, se recomienda realizar pruebas adicionales en las áreas que rodean todas las plantas de reciclaje de baterías de plomo en México y tomar las medidas adecuadas si se encuentra contaminación en tierras agrícolas o áreas residenciales.

Es imperativo que México tome medidas inmediatas para actualizar la norma de aire ambiente para plomo. También se necesitan inversiones en mayores niveles de vigilancia y control. México debe aumentar la transparencia y los requisitos de información para todas las plantas de fabricación y reciclaje de baterías de plomo para que se incluyan datos sobre emisiones de chimenea, pruebas de aire ambiental y emisiones anuales de plomo (bajo el sistema RETC). Además, México debe adoptar normas integrales de salud y seguridad en el trabajo para proteger a los trabajadores de estas instalaciones frente a las exposiciones en el aire y exigir pruebas periódicas de niveles de plomo en sangre y protección médica para los trabajadores sobreexpuestos al plomo.

México también debe mejorar la transparencia de esta industria extremadamente peligrosa. Como se señaló, el sistema RETC no funciona y permite que las empresas dejen de informar sus emisiones de manera consistente. Dada la falta de capacidad para hacer cumplir la ley, México debe requisitar exhaustivos informes similares a los que las autoridades estatales en Carolina del Sur solicitaron a la planta de reciclaje de baterías de plomo propiedad de Clarios en Florence. Todas estas plantas deberían proporcionar mediciones diarias de monitoreo de aire ambiental y mediciones trimestrales de emisiones de sus chimeneas para ser publicadas en línea. Los datos resumidos en cada instalación de reciclaje de baterías de plomo sobre los niveles de plomo en la sangre de los empleados, también deberían informarse anualmente. Sin identificar informes individuales, estos datos deberían incluir el número de pruebas, los niveles promedio, la mediana y el rango.

Al mismo tiempo, EE. UU. debe reconocer que permitir que las baterías de plomo usadas clasificadas como desechos peligrosos se exporten a México y a otros países, contribuye a la injusticia ambiental en el extranjero. Ya es tiempo de que los EE. UU. prohíba la exportación de este tipo de desechos peligrosos a instalaciones que operen con estándares ambientales más débiles y con poca vigilancia. Los esfuerzos en los EE. UU. bajo la Administración Biden para defender la justicia ambiental no deben detenerse en la frontera de los EE. UU., sino que deben implicar trabajar con otros países para mejorar los estándares en industrias extremadamente peligrosas.

Dado que el valor del plomo se establece globalmente en la Bolsa de Metales de Londres, esto equipara los beneficios económicos de extraer y refinar el plomo de las baterías de plomo usadas en cualquier parte del mundo. El reciclaje de baterías de plomo es un negocio rentable incluso cuando se lleva a cabo con estricta supervisión reglamentaria, controles de contaminación avanzados y disposiciones que cuiden de la salud ocupacional. No existe ninguna razón económica para que México retrase la regulación y el control de esta peligrosa industria para reducir significativamente la exposición de los trabajadores y las emisiones ambientales.

México y EE. UU. deben cooperar para mejorar la normatividad específica para esta industria con el fin de lograr una mejor protección a la salud pública y al medio ambiente. Las inversiones para controlar la exposición al plomo son extremadamente rentables comparadas con los gastos derivados de la remediación ambiental del suelo contaminado. También hay costos sustanciales asociados con la pérdida del potencial de aprendizaje de los niños, la resultante pérdida de ingresos económicos de por vida y los costos de atención médica para adultos relacionados con enfermedades cardiovasculares y otras complicaciones de salud.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a EMSL, Inc. por donar los análisis de las muestras.

Referencias

Adventini, N., et al. "Lead identification in soil surrounding a used lead acid battery smelter area in Banten, Indonesia." International Nuclear Science and Technology Conference Journal of Physics: Conf. Series 860. 2017.

Benin, A. L., Sargent, J. D., Dalton, M., & Roda, S. (1999). High concentrations of heavy metals in neighborhoods near ore smelters in northern Mexico. *Environmental Health Perspectives*, 107(4), 279-284.

Carrizales, L., Razo, I., Téllez-Hernández, J. I., Torres-Nerio, R., Torres, A., Batres, L. E., ... & Diaz-Barriga, F. (2006). Exposure to arsenic and lead of children living near a copper-smelter in San Luis Potosi, Mexico: Importance of soil contamination for exposure of children. *Environmental research*, 101(1), 1-10.

Cecchi, Marie, et al. "Multi-metal contamination of a calcic cambisol by fallout from a lead-recycling plant." *Geoderma* 144.1 (2008): 287-298.

California Department of Public Health, 2016, An Analysis of Children's Blood Lead Levels in the Area Around the Exide Site <https://dtsc.ca.gov/wp-content/uploads/sites/31/2018/03/An-Analysis-of-Children-s-Blood-Lead-Levels-in-the-Area-Around-the-Exide-Site.pdf>

California Environmental Protection Agency, Revised California Human Health Screening Levels for Lead, (September 2009) <https://oehha.ca.gov/media/downloads/crn/leadchhsl091709.pdf>

California Department of Toxic Substances Control. Removal action plan (clean-up plan). July 17, 2017. https://www.envirostor.dtsc.ca.gov/public/community_involvement/1385548233/FINAL_Removal_Action_Plan-Cleanup_Plan_17Jul2017.pdf

California State Auditor, 2020, The State's Poor Management of the Exide Cleanup Project Has Left Californians at Continued Risk of Lead Poisoning, (October 2020) <https://www.auditor.ca.gov/pdfs/reports/2020-107.pdf>

Centers for Disease Control and Prevention. Recommendations in "Low level lead exposure harms children: a renewed call of primary prevention." https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_030712.pdf

Commission for Environmental Cooperation (CEC). "Hazardous trade?: Examination of US-generated spent lead-acid battery exports and secondary lead recycling in Canada, Mexico, and the United States"; (2013) <http://www.cec.org/publications/hazardous-trade/>

Daniell, William E., et al. "Childhood lead exposure from battery recycling in Vietnam." *BioMed research international* 2015 (2015).

Ettler, Vojtěch. "Soil contamination near non-ferrous metal smelters: A review." *Applied Geochemistry* 64 (2016): 56-74.

González-Chávez, M. D. C. A., Carrillo-González, R., Cuellar-Sánchez, A., Delgado-Alvarado, A., Suárez-Espinosa, J., Ríos-Leal, E., ... & Maldonado-Mendoza, I. E. (2019). Phytoremediation assisted by mycorrhizal fungi of a Mexican defunct lead-acid battery recycling site. *Science of the Total Environment*, 650, 3134-3144.

Gottesfeld, Perry, and Amod K. Pokhrel. "Lead exposure in battery manufacturing and recycling in developing countries and among children in nearby communities." *Journal of occupational and environmental hygiene* 8.9 (2011): 520-532.

Gottesfeld, P., Were, F. H., Adogame, L., Gharbi, S., San, D., Nota, M. M., & Kuepouo, G. (2018). Soil contamination from lead battery manufacturing and recycling in seven African countries. *Environmental research*, 161, 609-614.

Gottesfeld, P. (2017). The lead battery: A growing global public health challenge. *American journal of public health*, 107(7), 1049.

Hernández-Mendiola, E., Martín-Romero, F., Meza-Figueroa, D., Hernández-Cruz, B., Martínez-Jardines, L. G., & Espino-Ortega, V. (2022). Arsenic and lead in the soils of San Antonio-El Triunfo mining district, BCS, México: a human health risk assessment. *Environmental Earth Sciences*, 81(2), 1-19.

Hooda, P. S. (Ed.). (2010). *Trace Elements in Soils*. Wiley, UK (p. 447).

International Lead Zinc Study Group (ILZSG), An Analysis of Used Lead Acid Battery (ULAB) Trade and Related Regulations in North America. February 2021. https://www.ilzsg.org/pages/document/p1/list.aspx?from=4&id=5&ff_aa_document_type=N

Johnson Controls, “Johnson Controls Announces Planned Investment in Its Automotive Battery Recycling Center in Cienega De Flores, Nuevo Leon, Mexico” August 30, 2011 <https://www.prnewswire.com/news-releases/johnson-controls-announces-planned-investment-in-its-automotive-battery-recycling-center-in-cienega-de-flores-nuevo-leon-mexico-128692183.html>

México. NORMA Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634085&fecha=29/10/2021#gsc.tab=0

México 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. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4964569&fecha=02/03/2007#gsc.tab=0

México NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-166-SEMARNAT-2014 Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de plomo, hidrocarburos totales, óxidos de nitrógeno y dioxinas y furanos, provenientes de los procesos de fundición secundaria de plomo, incluyendo los métodos de prueba correspondientes, así como las especificaciones de operación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5378252&fecha=09/01/2015#gsc.tab=0

Omanwa, Erick, Obed Nyabaro, and Patrick Tum. “Analysis of the levels of selected heavy metals in the vicinity of a lead batteries recycler plant in Athi-river, Kenya.” (2016)

Reporte PENOX Instalación de NUEVA planta de Calcinación para fabricar LITARGIRIO y Adición de Horno Calcinador en la ACTUAL planta de Calcinación para fabricar MINIO (2012). <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/nl/estudios/2012/19NL2012ID033.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2022. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos>

Tanaka, S., Teshima, K., & Verhoogen, E. (2022). North-South displacement effects of environmental regulation: The case of battery recycling. *American Economic Review: Insights*, 4(3), 271-88.

U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Assessment: U.S. Smelter and Lead Refinery, Inc. (USS Lead) East Chicago, Indiana, January 27, 2011.

U.S. Environmental Protection Agency, Hazardous Waste Export-Import Revisions final rule, 40 CFR Parts 260-273, November 28, 2016

U.S. Department of Health and Human Services, ATSDR, “Public Health Assessment for U.S. Smelter and Lead Refinery, Inc. (a/k/a USS Lead Refinery Inc.) East Chicago, Indiana”

U.S. International Trade Commission, (ITC) data for HS code 854810 recuperado de: <https://dataweb.usitc.gov>

Wang, Jung-Der, et al. “Lead contamination around a kindergarten near a battery recycling plant.” Bulletin of environmental contamination and toxicology 49.1 (1992): 23-30.

WPDE, Tonya Brown, Florence Recycling Plant Set to Close, Impacting 360 Jobs. January 20, 2021. <https://wpde.com/news/local/florence-recycling-plant-set-to-close-impacting-360-jobs>

Zhang, Feng, et al. “Investigation and Evaluation of Children’s Blood Lead Levels around a Lead Battery Factory and Influencing Factors.” International journal of environmental research and public health, 13.6 (2016): 541.