

Evaluación de la exposición a plomo en trabajadores informales colombianos que reciclan baterías

Avaliação da exposição a chumbo em trabalhadores informais colombianos que reciclam baterias

Assessment of Lead Exposure of Colombian Informal Workers who Recycle Batteries

Sonia Mireya Díaz¹, Eliana Téllez Avila¹, Ruth Marien Palma¹, Diana María Narváez², Marcela Varona Uribe³

¹ Grupo Salud Ambiental y Laboral. Dirección de Investigación en Salud Pública. Instituto Nacional de Salud, Bogotá D.C. Colombia.

² Laboratorio de Genética Humana. Universidad de los Andes, Bogotá D.C. Colombia.

³ Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad del Rosario, Bogotá D.C. Colombia.

Cita: Díaz SM, Téllez Avila E, Palma RM, Narváez DM, Varona Uribe M. Evaluación de la exposición a plomo en trabajadores informales colombianos que reciclan baterías. Rev. Salud ambient. 2022; 22(1):35-43.

Recibido: 27 de mayo de 2021. **Aceptado:** 1 de diciembre de 2021. **Publicado:** 15 de junio de 2022.

Autor para correspondencia: Sonia Mireya Díaz

Correo e: sdiaz21@gmail.com

Grupo Salud Ambiental y Laboral. Dirección de Investigación en Salud Pública. Instituto Nacional de Salud, Bogotá D.C. Colombia.

Financiación: El estudio fue financiado por el Instituto Nacional de Salud de Colombia.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y a la redacción del artículo. Asimismo todos los autores aprobaron su versión final.

Resumen

La exposición ocupacional y ambiental a plomo (Pb) representa un problema de salud pública y contribuye a la carga de morbilidad mundial. En Colombia la práctica ilegal del reciclaje de baterías constituye una fuente importante de exposición a Pb. El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de exposición a Pb en trabajadores del sector informal de reciclaje de baterías en Cundinamarca - Colombia. Este estudio descriptivo transversal incluyó 120 individuos seleccionados aleatoriamente en dos grupos: uno con exposición ocupacional y otro grupo de personas no expuestas. Se determinaron los niveles de Pb en muestras de sangre. Se realizó una encuesta para obtener información sociodemográfica, ocupacional, de higiene industrial y hábitos toxicológicos. El intervalo de edad más frecuente en el grupo expuesto fue de 35-48 años, el tiempo medio de trabajo con baterías fue de 14,5 años (media aritmética) y los niveles de Pb en sangre fueron mayores que en el grupo no expuesto ($p < 0,001$). El nivel educativo, el uso de elementos de protección personal y la manipulación de sustancias de riesgo en el trabajo fueron predictores significativos de los niveles de Pb en la población de estudio. Los resultados sugieren que los trabajadores deben incrementar sus acciones de autocuidado para evitar la pérdida de años de vida, apoyándose en medidas de higiene, tendientes a minimizar la exposición laboral.

Palabras Clave: plomo; trabajadores informales; exposición ocupacional; reciclaje.

Resumo

A exposição ocupacional e ambiental ao chumbo (Pb) representa um problema de saúde pública e contribui para a carga de morbilidade mundial. Na Colômbia, a prática ilegal de reciclagem de baterias constitui uma importante fonte de exposição ao Pb. O objetivo deste trabalho foi determinar o grau de exposição ao Pb em trabalhadores do setor informal de reciclagem de baterias em Cundinamarca - Colômbia. Este estudo descritivo transversal incluiu 120 indivíduos selecionados aleatoriamente em dois grupos: um com exposição ocupacional e outro grupo de pessoas não expostas. Determinaram-se os níveis de Pb em amostras de sangue. Foi realizado um questionário para obter informação sociodemográfica, ocupacional, de higiene industrial e hábitos toxicológicos. A faixa etária mais frequente no grupo exposto foi de 35 a 48 anos, o tempo médio de trabalho com baterias foi de 14,5 anos

(média aritmética) e os níveis de Pb no sangue foram maiores do que no grupo não exposto ($p < 0,001$). A escolaridade, o uso de equipamentos de proteção individual e a manipulação de substâncias perigosas no trabalho foram preditores significativos dos níveis de Pb na população estudada. Os resultados sugerem que os trabalhadores devem aumentar as suas ações de autocuidado para evitar a perda de anos de vida, com base em medidas de higiene que visem minimizar a exposição ocupacional.

Palavras-chave: chumbo; trabalhadores informais; exposição ocupacional; reciclagem.

Abstract

Occupational and environmental exposure to lead (Pb) is a public health issue that contributes to the global burden of disease. In Colombia, the illegal practice of battery recycling is an important source of lead exposure. The aim of this paper was to determine the degree of exposure to lead of workers in the informal battery recycling sector in Cundinamarca, Colombia. This descriptive cross-sectional study included 120 randomly selected individuals divided in two groups: one made up of occupationally exposed workers and another one consisting of unexposed people. Lead levels in blood samples were determined. A survey was conducted to obtain sociodemographic, occupational, industrial hygiene and toxicological habit information. The most common age range in the exposed group was 35 to 48 years of age, the average time working with batteries being 14.5 years (arithmetic mean); blood lead levels were higher than in the non-exposed group ($p < 0.001$). The educational level, the use of personal protective equipment and the handling of hazardous substances at work were significant predictors of blood lead levels in the study population. The results suggest that workers should step up their self-care practices to prevent the loss of years of life, relying on hygiene measures for minimizing occupational exposure.

Keywords: lead; informal workers; occupational exposure; recycling.

INTRODUCCIÓN

El plomo (Pb) es un metal tóxico ampliamente disperso en el ambiente que ha sido utilizado desde la prehistoria por su maleabilidad, ductilidad, flexibilidad y resistencia a la corrosión^{1,2}. Es un elemento sin función fisiológica conocida en los seres humanos, pero cuyos efectos adversos inciden sobre una diversidad de procesos bioquímicos esenciales, provocando importantes efectos en salud³.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha incluido al Pb dentro de los diez productos químicos causantes de serias complicaciones en salud pública, las cuales advierten acerca de la realización de una intervención puntual y oportuna⁴, ya que la intoxicación por Pb es completamente prevenible⁵. Se estima que la exposición ambiental crónica a Pb es la responsable de 143 000 muertes cada año y del 0,6 % de la carga de morbilidad en el mundo⁶. Según datos de 2017, proporcionados por el Instituto de Saneamiento y Evaluación Sanitaria de la Universidad de Washington, se considera que la exposición a Pb a largo plazo ocasiona la pérdida de 24,4 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) y 1,06 millones de muertes, en donde la mayor carga se atribuye a los países de bajos y medianos ingresos. También estimó que en 2016, la exposición a Pb fue la causa del 63,2 % de los casos de alteraciones en el desarrollo intelectual, así como de la carga mundial de cardiopatía hipertensiva con un 10,3 %, cardiopatía isquémica con el 5,6 % y con el 6,2 % de

accidentes cerebrovasculares, en el total de la población expuesta⁴.

La intoxicación por plomo (saturnismo, plumbosis o plumbemia) se define con base en sus efectos sobre la salud dentro de los cuales están los neurotóxicos, nefrotóxicos, hematológicos y de la función reproductiva y en las determinaciones de este metal en sangre. Desde el punto de vista laboral, para la población ocupacionalmente expuesta, el valor límite permisible para la población adulta es de 20 $\mu\text{g}/\text{dL}$, dado por la *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH)⁷. Para los niños el valor es de 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ establecido por el Centro de Control de Enfermedades de Atlanta (CDC)^{8,9}. La contaminación por Pb, no está limitada solo a los trabajadores expuestos, sino que se extiende a la población en general¹⁰, cuya vía de ingreso es la oral e inhalatoria, por la ingesta de comida, o inhalación de partículas del aire y del suelo¹¹. La exposición ocupacional se produce principalmente por vía inhalatoria o dérmica en labores de extracción, tratamiento, preparación y empleo del Pb o sus aleaciones¹². El órgano más sensible por la exposición a Pb es el cerebro en desarrollo¹³ y maduro, el sistema hematológico, el cardiovascular, sistema gastrointestinal, renal, neuromuscular y hematopoyético¹³⁻¹⁶. El Pb se une a los glóbulos rojos y se deposita en cerebro, riñón, médula ósea y huesos^{9,17}.

En Colombia, los trabajadores de la economía informal aprovechan las baterías usadas de manera inadecuada e incluso ilegal pues está prohibido el reciclaje informal de

las baterías¹⁸. La exposición a Pb tanto ocupacional como ambiental constituye un problema de salud pública, siendo una causa importante de morbilidad^{14,16,18}. En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar el grado de exposición a Pb en trabajadores informales dedicados al reciclaje de baterías en Cundinamarca - Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio descriptivo transversal realizado en Cundinamarca - Colombia, en el que se incluyeron 120 individuos mediante un muestreo no aleatorio por captación. La muestra se dividió en dos grupos, uno con exposición ocupacional que fue constituido por trabajadores de fábricas de reciclaje de baterías, y otro grupo de personas no expuestas intencionalmente a plomo, integrado por maestros, estudiantes, comerciantes, amas de casa.

Se calculó el tamaño de muestra con un poder del 80 %, un nivel de significancia del 95 % y una prevalencia esperada del 60 %¹⁶, obteniéndose un tamaño de 60 individuos expuestos a Pb. De acuerdo con esto, se tomó un individuo no expuesto por cada expuesto. Los expuestos cumplieron los siguientes criterios de inclusión: haber trabajado en el sector informal de reciclaje de baterías durante al menos 6 meses antes de iniciar el estudio y ser mayores de 18 años. Para los no expuestos el criterio fue no trabajar en ninguna actividad relacionada con exposición a Pb.

Se recolectó información a través de un instrumento de captura, que incluyó variables sociodemográficas como edad, sexo, nivel de estudios, tipo de afiliación al sistema de salud (contributivo/subsidiado); ocupacionales como tiempo de trabajo en el sector, tipo de actividad, tipo de capacitación o inducción en el manejo de Pb y de los elementos de protección personal (EPP), algunas medidas de higiene como consumo de alimentos durante la jornada y lavado de manos, variables toxicológicas como consumo de cigarrillo y alcohol, posibles exposiciones extralaborales y exposición a otros contaminantes ambientales, diferentes al Pb.

Se tomó una muestra de 5 mL de sangre a cada participante en tubos con heparina libres de metales pesados. Para realizar la determinación de Pb en sangre se utilizó el equipo *Lead Care II*® de *Meridian Bioscience*, equipo que permitió hallar en tiempo real la concentración del Pb existente en sangre de forma semicuantitativa, y cuyo intervalo de detección está entre 3,3 a 65 µg/dL¹⁹. Las muestras que estuvieron por encima de este límite máximo de concentración, fueron procesadas por espectrofotometría de absorción atómica, lo que permitió corroborar la exactitud y precisión del método analítico utilizado, generando un

alto nivel de confiabilidad de las pruebas realizadas⁶. Para la evaluación de riesgo ocupacional por exposición a plomo, se tuvo en cuenta el valor límite admisible para Pb en sangre de 20 µg/dL, establecido por la ACGIH⁷.

La normalidad de los datos se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk y se encontró que no eran normales. Se calculó la media aritmética y la desviación estándar para las variables cuantitativas, y la frecuencia y el porcentaje para las variables cualitativas. Se compararon las variables entre el grupo de expuestos y no expuestos mediante la prueba de Chi cuadrado y los niveles de Pb mediante la prueba de Mann-Whitney. Se analizaron los niveles de Pb en el grupo expuesto mediante la prueba de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney, y se realizó un análisis de regresión múltiple para determinar predictores de los niveles de Pb en la población expuesta. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y se realizaron los análisis estadísticos con el software STATA 14.2 y Prism7.

Previo a la recolección de datos y a la toma de muestras biológicas, los trabajadores firmaron un consentimiento informado. El proyecto de investigación del cual se deriva esta publicación, tuvo en cuenta las normas establecidas en la Declaración de Helsinki²⁰ y la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud colombiano²¹, siendo clasificada como una investigación de riesgo mínimo. El estudio fue aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Salud colombiano (código del aval: 0032010).

RESULTADOS

En la tabla 1 se resumen las principales características del grupo de expuestos y no expuestos a Pb. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos con respecto a la edad, sexo, sistema de seguridad social en salud y hábitos de consumo de cigarrillo y alcohol. El nivel educativo y la manipulación de sustancias químicas en el trabajo fueron los factores que presentaron una diferencia estadística entre los dos grupos de exposición.

En cuanto a los expuestos se encontró que el tiempo medio que reportaron estar trabajando en reciclaje de baterías fue de $14,5 \pm 10,9$ años. Según la información reportada por estos trabajadores, se encontró que clínicamente el sistema con mayor número de signos y síntomas referidos correspondió al sistema neurológico, seguido de los asociados con el sistema digestivo y en órganos de los sentidos principalmente en ojos y boca. Los síntomas manifestados por los participantes incluyeron: cefalea 50,0 % (30/60), ardor o irritación en los ojos 40,0 % (24/60), aumento de sueño e irritabilidad 35,0 % (21/60), sabor metálico en la boca y hormigueo en manos 30,0 % (18/60), nerviosismo y pérdida de memoria 28,3 % (17/60), hormigueo en pies 21,7 % (13/60) y dificultad para concentrarse 16,7 % (10/60). En cuanto a las medidas de higiene en el lugar de trabajo,

Tabla 1. Características de la población de estudio ($n=120$) dividida entre expuestos ($n=60$) y no expuestos ($n=60$) a Pb. Prueba de Chi-Cuadrado

Variable	Categorías	Expuestos <i>n</i> (%)	No Expuestos <i>n</i> (%)	<i>p</i> Valor	Total <i>n</i> (%)
Edad	20-34	20 (33,30)	24 (40,00)	0,455	44 (36,70)
	35-48	22 (36,70)	14 (23,30)		36 (30,00)
	49-62	15 (25,00)	19 (31,70)		34 (28,30)
	62 y más	3 (5,00)	3 (5,00)		6 (5,00)
Sexo	Masculino	49 (81,70)	46 (76,70)	0,500	95 (79,20)
	Femenino	11 (18,30)	14 (23,30)		25 (20,80)
Sistema de seguridad social en salud	Contributivo	58 (96,70)	55 (91,70)	0,214	113 (94,20)
	Subsidiado	2 (3,30)	2 (3,30)		4 (3,30)
	No afiliado	0 (0)	3 (5,00)		3 (2,50)
Educación	Primaria y analfabetismo	20 (33,30)	8 (13,30)	< 0,001	28 (23,30)
	Secundaria	36 (60,00)	10 (16,70)		46 (38,30)
	Educación superior	4 (6,70)	42 (70,00)		46 (38,30)
Fumar	Sí	9 (15,00)	10 (16,70)	0,840	19 (15,80)
	No	30 (50,00)	32 (53,30)		62 (51,70)
	Ex fumador	21 (35,00)	18 (30,00)		39 (32,50)
Consumo de alcohol	Sí	41 (68,30)	43 (71,70)	0,690	84 (70,00)
	No	19 (31,70)	17 (28,30)		36 (30,00)
Manipulación sustancias químicas en el trabajo	Ninguna	15 (25,00)	59 (98,30)	< 0,001	74 (61,70)
	Plomo	7 (11,70)	0 (0,00)		7 (5,80)
	Ácido sulfúrico/ Ácido de Batería	10 (16,70)	0 (0,00)		10 (8,30)
	Plomo + Ácido sulfúrico	25 (41,70)	0 (0,00)		25 (20,80)
	Tierras de metal, Zinc y Cobre y Sal de amoníaco	3 (5,00)	0 (0,00)		3 (2,50)
	Ácidos, Bases, Solventes	0 (0,00)	1 (1,70)		1 (0,80)

se indagó sobre el consumo de alimentos en el sitio de trabajo y el 23,3 % (14/60) reportó consumirlos. Respecto al lavado de manos y la ducha al finalizar la jornada de trabajo, el 78,3 % (47/60) de los trabajadores indicaron que éstas eran prácticas que desarrollaban siempre. Algunas observaciones realizadas durante el desarrollo del trabajo de campo por parte del grupo investigador, hicieron evidentes aspectos que incluyeron la ausencia de sistemas de cámaras de extracción de vapores, adecuados sistemas de ventilación, algunas prácticas de limpieza de sus áreas como barrer generando la dispersión de partículas de polvo en el ambiente, la disposición conjunta de las áreas para el consumo de alimentos y el lugar donde laboraban, entre otras; lo que permitió afirmar que las medidas de higiene y seguridad en estos lugares de trabajo son precarias y necesitan ser modificadas.

Con relación a los niveles de Pb en sangre, se encontró que los individuos expuestos presentaron niveles significativamente más altos que los no expuestos ($50,59 \pm 15,50$ y $3,59 \pm 0,98$ $\mu\text{g}/\text{dL}$, respectivamente $p < 0,001$). Se preguntó sobre antecedentes de intoxicación por Pb y se encontró que para los individuos ocupacionalmente expuestos que habían reportado una intoxicación previa ($n=11$), los niveles de Pb fueron muy similares a los encontrados en los individuos que no habían reportado intoxicación ($54,35 \pm 13,97$ y $49,74 \pm 15,83$, respectivamente).

Se observó que el 91,7 % (55/60) de los expuestos tenían niveles mayores a los recomendados por la ACGIH, y que, al analizar la media por cada oficio reportado en el proceso de reciclaje de baterías, se halló que todos tuvieron niveles superiores a 20 $\mu\text{g}/\text{dL}$, incluyendo trabajadores de áreas administrativas

Tabla 2. Comparación de los niveles de Pb en sangre en la población expuesta ocupacionalmente. Prueba de Kruskal-Wallis. DE: Desviación estándar, EPP: Elementos de Protección Personal. ^a Prueba de Mann-Whitney

Niveles de Pb (µg/L)		n (%)	Media (DE)	Mínimo	Máximo	p Valor
Por oficio actual	Administrativos	14 (23,30)	43,01 (19,17)	10,7	> 65	0,720
	Rejillador	20 (33,30)	50,26 (15,88)	14,5	> 65	
	Soldador	4 (6,70)	49,12 (21,42)	17,5	> 65	
	Guarda de seguridad	3 (5,00)	51,27 (13,37)	38,3	> 65	
	Operador piezas	5 (8,30)	54,46 (9,92)	44,3	> 65	
	Fundidor	9 (15,00)	58,10 (9,35)	42,3	> 65	
	Descargador	1 (1,70)	51,40	51,4	51,4	
	Ensamblador	3 (5,00)	57,57 (9,33)	47,1	> 65	
Por tipo de EPP	Sarandeador	1 (1,70)	58,30	58,3	58,3	
	Tipo de guantes					
	Carnaza y otro	13 (24,10)	54,42 (13,44)	17,5	> 65	0,337
	Carnaza y caucho	21 (38,80)	55,55 (11,56)	26,2	> 65	
	Caucho y otro	15 (27,80)	47,45 (15,23)	14,5	> 65	
	Nitrilo, PVC	5 (9,30)	51,38 (23,01)	10,7	> 65	
	Tipo de respirador					
	Un filtro	2 (3,80)	39,85 (15,91)	28,6	51,1	0,191
Por ropa de trabajo	Dos filtros	47 (88,70)	54,68 (12,06)	17,5	> 65	
	Tapabocas	4 (7,50)	43,5 (21,97)	14,5	> 65	
	Uso					
	Sí	53 (83,30)	52,36 (14,41)	10,7	> 65	0,024 ^a
	No	7 (11,70)	37,17 (18,05)	13,1	> 65	
	Frecuencia de cambio					
	Diario	7 (13,20)	38,68 (15,16)	10,7	54,9	0,050
	Una vez/semana	35 (66,00)	55,17 (13,61)	14,5	> 65	
Dos veces/semana	7 (13,20)	53,1 (12,75)	33	> 65		
Tres veces/semana	3 (5,70)	52,2 (15,83)	34,5	> 65		
Cuatro veces/semana	1 (1,90)	45,20	45,2	45,2		

que correspondieron al 23,0 % (14/60) de la población expuesta (tabla 2). Aunque la mayoría de los trabajadores manifestó usar ropa de trabajo para realizar sus labores, la cual se cambiaban al menos una vez por semana, sus niveles de Pb en sangre eran mucho mayores a los que no la usaban y se cambiaban a diario (tabla 2).

Se evaluó el efecto del uso de EPP sobre los niveles de Pb en los individuos expuestos y a pesar de que el 90 % (54/60) reportaron utilizarlos, sus niveles fueron significativamente más altos que los individuos que reportaron no usarlos ($52,48 \pm 14,41$ y $33,50 \pm 15,62$ µg/L, respectivamente $p = 0,008$; Figura 1A). Teniendo en

cuenta lo anterior, se analizó el tipo de EPP que se utilizaba y su efecto en los niveles de Pb. Se encontró que el 88,3 % (53/60) de los individuos que reportaban usar guantes presentaban niveles de Pb significativamente más altos que los individuos que reportaron no utilizarlos ($52,75 \pm 14,41$ y $41,48 \pm 3,82$ µg/L, respectivamente $p = 0,003$; Figura 1B), haciendo la diferenciación por el tipo material del guante utilizado. Cuando se evaluó el uso de respirador, se encontró que el 88,3 % (53/60) de los individuos reportaron su uso y que tenían también niveles significativamente más altos de Pb en sangre que los que no los usaban ($53,27 \pm 13,32$ y $30,24 \pm 16,66$ µg/L, respectivamente $p = 0,001$; Figura 1B), haciendo de

Figura 1. Efecto del uso de EPP en los niveles de Pb en sangre en población expuesta (Media, Error Estándar). Prueba de Mann-Whitney: (**) $p < 0,01$

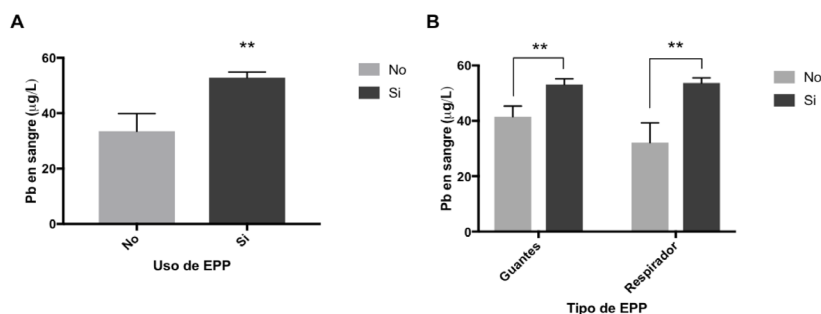


Tabla 3. Analisis de regresión para variables predictoras de niveles de Pb en sangre ($\mu\text{d}/\text{dL}$) en la población de estudio ($n=120$). $R^2 = 0,867$, $p < 0,001$

Variables	Coficiente	IC 95 %	p^a Valor	
Educación	Educación superior	1,000		
	Secundaria	2,857	-2,505 8,219	0,293
	Primaria y analfabetismo	7,986	2,091 13,880	0,008
Uso EPP	Sí	1,000		
	No	-20,094	-31,822 -8,367	0,001
Manipulación de sustancias en el trabajo	Ninguna	1,000		
	Plomo	8,356	-1,256 17,967	0,088
	Ácido sulfúrico/ Ácido de Batería	15,046	6,350 23,743	0,001
	Plomo + Ácido sulfúrico	10,154	3,091 17,216	0,005
	Tierras de metal, Zinc y Cobre y Sal de amoníaco	10,425	-2,423 23,273	0,111
	Ácidos, Bases, Solventes	1,158	-18,690 21,006	0,908

^a Ajustado por uso de ropa de trabajo

igual manera diferenciación por el tipo de respirador y número de filtros utilizados. Al analizar el tipo de guantes y respirador que usaban los trabajadores, se encontró que el valor más alto de plomo hallado se presentó en los trabajadores que usaban guantes de PVC y de carnaza, caucho y tela ($66 \mu\text{g}/\text{L}$), seguido por los que usaban guantes de carnaza y tela ($60,3 \mu\text{g}/\text{L}$). De igual forma con el uso y tipo de respirador utilizado se encontró que quienes usaban respirador de dos filtros presentaron concentraciones de plomo en sangre más altos ($55,08 \mu\text{g}/\text{L}$). Finalmente, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de Pb, con respecto al uso de estos elementos de protección personal (tabla 2).

La tabla 3 muestra los posibles predictores de los niveles de Pb en sangre de la población de estudio. Luego de un análisis multivariado, las variables de educación, uso de EPP y manipulación de sustancias químicas en el trabajo, se incluyeron en el modelo final. Estas variables

explicaron el 86,7 % de la varianza total y los factores que más aportaron al modelo fueron primaria y analfabetismo, el no uso de EPP y la manipulación de ácido sulfúrico. Este modelo se ajustó por uso de ropa de trabajo.

DISCUSIÓN

El reciclaje de baterías en Colombia es un proceso artesanal que se inicia con la compra callejera de las baterías en desuso, de las cuales se recupera el plástico, el ácido y todas las piezas que contienen Pb metálico como bornes, las rejillas, las placas y los puentes¹⁶. Estas son fundidas en ambientes precarios a altas temperaturas, donde no existe ventilación adecuada, debido a que son lugares cerrados. La liberación de vapores de Pb en estas industrias genera contaminación laboral y ambiental, pudiendo llegar a aire, agua, suelos y alimentos por su ubicuidad²².

En el presente estudio el 60 % de los expuestos tenían estudios de secundaria, lo cual concuerda con el número de años promedio nacional para mayores de 15 años que es de 9,41 años de educación²³. Sin embargo, es posible que el nivel educativo y socioeconómico bajo tenga alguna relación con una pobre percepción del riesgo entre estos trabajadores, los cuales no toman en serio las medidas de protección y de higiene industrial, acentuada por el hecho de ser fábricas que no acatan la normatividad del país que está vigente sobre este tema.

El tiempo promedio reportado durante el cual los trabajadores llevaban desarrollando actividades relacionadas con reciclaje de baterías fue de 14,5 años, indicando una exposición crónica que a futuro puede producir efectos sobre la salud. Estos resultados fueron similares a los encontrados por Ogbenna et al., quienes observaron que la permanencia en el desarrollo de estas actividades por muchos años, en donde la eliminación descuidada o el almacenamiento de materiales con Pb y un saneamiento inadecuado, son factores que también pueden aumentar la vulnerabilidad a la toxicidad de este metal. En consecuencia, estos trabajadores presentan signos y síntomas que pueden ser tratados medicamente, pero que sin embargo persisten, ya que ellos continúan con sus labores cotidianas y por consiguiente con la exposición²³.

De acuerdo con las manifestaciones clínicas y sintomatología relacionada con la presencia de niveles de Pb, es necesario mencionar que no existen concentraciones de este metal en sangre que puedan ser consideradas como inocuas²⁵. De igual forma, su exposición crónica incluye la presencia de algunos síntomas que no son específicos de intoxicación por Pb y que pueden ser similares a los de otras patologías²⁶. Este estudio coincide con otros, en que los principales signos y síntomas presentes cuando hay exposición a Pb corresponden a los asociados con el sistema neurológico, incluyendo cefalea, irritabilidad, somnolencia, dificultad para concentrarse, dolor abdominal tipo cólico, sabor metálico en la boca, anorexia y vómitos^{25,27,28}. Al igual que en otros estudios, se menciona la importancia de establecer medidas de higiene y seguridad en el lugar de trabajo, adquirir prácticas y hábitos tanto a nivel individual como colectivo y de la empresa, que podrían ayudar a disminuir la exposición a este metal tóxico y la vulnerabilidad de la exposición^{29,30}.

Con relación a los niveles de Pb, en el 2017, se realizó un estudio descriptivo en niños de Nepal y se hallaron niveles promedio muy superiores a los permitidos³¹ y muy similares a los encontrados en un estudio realizado en la misma área de este estudio en niños expuestos de manera paraocupacional²³. En nuestro estudio se encontraron niveles de Pb en sangre superiores a los permitidos en los trabajadores que laboraban en el reciclaje de baterías y mayores a los niveles de los individuos que no lo hacían,

considerando la exposición al Pb como una condición de riesgo que debe ser controlada para evitar efectos en la salud de los trabajadores de este sector. Similares resultados han sido reportados por otros autores³², donde se muestra que en el reciclaje de baterías existe una alta exposición a este metal, lo que amerita la generación una estrategia de intervención, que asegure el compromiso y la participación por parte de todos los actores del Sistema de Seguridad Social Integral, así como de los mismos trabajadores.

Se hizo un comparativo de niveles de Pb por actividad realizada dentro de la fábrica y se encontró que los trabajadores administrativos tuvieron valores similares a los que trabajaban dentro de la planta de producción, lo que puede deberse a las deficientes condiciones en el lugar de trabajo como las precarias medidas de higiene y seguridad industrial que fueron observadas durante la ejecución del trabajo de campo, constituyéndose en fuente de exposición que pueden favorecer la contaminación del personal que labora en las oficinas.

A través del tiempo y por estudios relacionados, se ha asumido de forma empírica que los comportamientos de higiene personal son un modificador de la exposición al Pb en los trabajadores; sin embargo, esta práctica no es suficiente para evitarla. En este estudio, se encontró que los niveles de Pb en sangre fueron más altos en los trabajadores que usaban los EPP que en los que no los empleaban. Este resultado es bien importante si se tiene en cuenta que los EPP son una barrera de contención para el trabajador, sin desconocer que las medidas de higiene y seguridad industrial son la primera barrera de protección y deben ser óptimas para que los EPP puedan reducir el riesgo de exposición. Este hecho, puede explicarse porque de acuerdo con lo observado durante el desarrollo del trabajo de campo, no se utilizaban los elementos adecuados para reducir el riesgo o cuando se empleaban, no se guardaban de forma apropiada o no se hacía el recambio de estos (filtros y guantes) en los tiempos establecidos. De igual forma, las condiciones de higiene en estas empresas eran deficientes por lo que el riesgo de exposición puede ser mucho mayor no solo para el trabajador, sino para sus familias. Lo anterior corroborado también por otros estudios, en donde refieren la precariedad de las condiciones de higiene y seguridad ocupacional en las que se desempeñan los trabajadores en el sector industrial informal, así como el uso inadecuado de EPP y la ausencia de medidas colectivas de protección, como factores determinantes en la exposición a Pb^{33,34}. Es importante que las empresas dedicadas a esta labor refuercen las medidas de higiene y seguridad industrial implementando programas tendientes a minimizar la exposición laboral, entre las cuales se incluyen: actividades de vigilancia ambiental para la determinación de la concentración de este metal en cada puesto de trabajo; establecimiento de un programa para el seguimiento de los elementos de

protección personal que incluya criterios de selección, uso, mantenimiento y reposición acordes con el riesgo y con lo establecido en las hojas de seguridad de los productos, registros de la entrega y uso de estos elementos; cumplimiento de las normas que garanticen el control de conductas inadecuadas, como fumar y consumir alimentos en el puesto de trabajo y se refuerce el seguimiento a actividades consideradas como buenas prácticas, entre las cuales están ducharse al finalizar la jornada laboral, cambiarse diariamente de ropa de trabajo y que la ropa utilizada durante la jornada laboral se lave en la empresa; realizar seguimiento médico a los trabajadores de manera que se puedan identificar precozmente los efectos que en la salud se generen por la exposición a plomo y establecer programas de capacitación dirigidos a los trabajadores con el objeto que sean informados sobre los riesgos por exposición a plomo y sobre las prácticas de manejo seguro de este metal.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que en el proceso de reciclaje de baterías la exposición a Pb siguesiendo muy alta, lo que coincide con estudios llevados a cabo alrededor de 20 años atrás¹⁵. Los trabajadores deberán incrementar sus acciones de autocuidado como fundamentales para evitar la pérdida de años de vida, apoyándose en la aplicación de las medidas de higiene, contar con áreas independientes para comer, zonas de aseo personal y limpieza de ropa de trabajo, entre otras²⁷, y el uso adecuado de EPP y su mantenimiento. La exposición ocupacional a Pb sin criterios de higiene en el trabajo, la falta de conciencia acerca de su exposición y hábitos como comer, fumar o beber en el sitio de trabajo aumentan el riesgo de intoxicación³³. Se sugiere que, para poder evaluar la exposición acumulada a Pb, se incluyan estudios de cohorte que permitan observar el efecto de la exposición en el tiempo, ya que como este estudio fue de corte transversal, la exposición se midió en el momento del desarrollo del trabajo de campo y no representa exposición acumulada.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas del sector informal de reciclaje de baterías, a sus trabajadores, a las personas que hicieron parte del grupo de no expuestos, por su contribución para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el marco del desarrollo de este trabajo de investigación. El estudio fue financiado por el Instituto Nacional de Salud.

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz Gómez A. Alteraciones Neurológicas por Exposición a Plomo en Trabajadores de Procesos de Fundición, Soacha, 2009 [Trabajo de grado Magister en Toxicología]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2011. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6507/1/597822.2012.pdf>.
- Hon KL, Fung CK, Leung AK. Childhood lead poisoning: an overview. *Hong Kong Med J*. 2017;23(6):616-21; doi:10/gcsstm.
- Matte T. Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud Publica Mex*. 2003;45(2):S220-4.
- OMS. Intoxicación por plomo y salud. Notas descriptivas. 2019. [citado 1 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
- Leal C, Baltazar M, Lino M, Palazuelos E. Blood lead levels and poor school performance among children in México City. *Gac Med Mex*. 2007;143(5):377-81.
- OMS. Guía breve de métodos analíticos para determinar el contenido de plomo de la pintura. Organización Mundial de la Salud. 2013.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2020 TLVs® and BEIs®: based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices 8th Edition. Cincinnati; 2020 [citado 21 de julio de 2020]. Disponible en: <https://www.acgih.org/forms/store/ProductFormPublic/2020-tlvs-beis-with-8th-ed-doc>.
- CDC. Childhood Lead Poisoning Prevention. 2021 [citado 1 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/nceh/lead/data/blood-lead-reference-value.htm>.
- Organización Mundial de la Salud. Reciclaje de baterías de plomo-ácido usadas: consideraciones sanitarias [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2017 [citado 1 de octubre de 2021]. 51 p. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259445>.
- Rodríguez Rey A, Cuéllar L, Maldonado G, Suardiaz M. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Rev. Cuba. Investig. Biomed*. 2016;35(3):251-71.
- Sarathy Naidana P, Chakravarthi Burra K, Peesapati S. A study on lead toxicity among the workers in an unorganized sector of lead-acid battery industry. *Al Ameen J. Med. Sci*. 2013;6(4).
- Melinda M, Infantas V. Intoxicación por plomo. *Rev Soc Per Med Inter*. 2005;18(1).
- Caio S, Aschner M. Developmental Neurotoxicity of Lead. *Adv Neurobiol*. 2017;18:3-12.
- Shefa ST, Héroux P. Both physiology and epidemiology support zero tolerable blood lead levels. *Toxicol Lett*. 2017;280:232-7.
- Cárdenas O, Varona M, Núñez S, Ortiz J, Peña G. Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías de Bogotá, Colombia. *Salud Publ. Mex*. 2001;43:23-10.
- de Souza ID, de Andrade A, Dalmolin RJ. Lead-interacting proteins and their implication in lead poisoning. *Crit Rev Toxicol*. 2018;48(5):375-86.
- Kalahasthi R, Barman T, Rao HR. Assessment of the relationship between blood lead levels and hematological parameters among lead acid-storage battery plant workers. *J. Environ. Occup. Health*. 2012;1(1):1-5.
- Gómez M, Cremades O. Estudio del manejo del plomo en establecimientos de tipografía, reconstrucción de baterías y recicladores de chatarra en el Departamento del Quindío, Colombia. *Cienc. Trab*. 2013;15(46):7-11.
- ESA Biosciences, Inc. LeadCare II Blood Lead Analyzer. User's guide. 2007. [citado 1 de octubre de 2021]. 2007. Disponible en: <https://www.cliawaived.com/amfile/file/download/file/1127/product/3079/>.

20. Asamblea Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Sec. 64ª oct, 2013. [citado 1 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>.
21. Ministerio de Salud. Resolución No. 008430. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993. [citado 1 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>.
22. Saliu A, Adebayo O, Kofoworola O, Babatunde O, Ismail A. Comparative Assessment of Blood Lead Levels of Automobile Technicians in Organised and Roadside Garages in Lagos, Nigeria. *J. Environ. Publ. Health* 2015; e976563.
23. Echeverry J, Hurtado C, Gutiérrez M. Aspectos clínicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera paraocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, DC. *Biomédica*. 2008;28(1):116-25.
24. Ogbenna AA, Ayandokun OA, Roberts AA, Adewoyin AS, Famuyiwa CO. Hematologic profile of battery repair workers occupationally exposed to lead in Lagos, Nigeria. *Ann Trop Pathol*. 2017;8(2):68.
25. Ogbenna AA, Ayandokun OA, Roberts AA, Adewoyin AS, Famuyiwa CO. Hematologic profile of battery repair workers occupationally exposed to lead in Lagos, Nigeria. *Ann. Trop. Pathol*. 2017;8(2):68.
26. Poma PA. Intoxicación por plomo en humanos. *An. Fac. Med.* 2008;69(2):120-6.
27. Gabrielli T, Voitzuk A, Greco V, Osorio P, Alava J, Juárez F, et al. Paresia radial bilateral secundaria a exposición crónica a plomo: reporte de un caso. *Rev Toxicol*. 2020;37:17-8.
28. Expósito IC, Velásquez M. El plomo y sus efectos en la salud. *Acta Med. Centro*. 2014;8(3):141-8.
29. OIT. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo 2012 [citado 21 de julio de 2020]. Disponible en: http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/publications/WCMS_162039/lang--es/index.htm.
30. Arancibia B, Sauma C, Yañez K, Quezada D. Intoxicación por metales: consideraciones generales de mayor interés toxicológico sobre el plomo, mercurio y arsénico. *Rev.Inst. Med. Sucre*. 2014;81(144):33-41.
31. Ramírez A. Exposición a plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías. *An. Fac.Med. UNMSM*. 2008;69(2):104-7.
32. Nouioui MA, Araoud M, Milliand M-L, Bessueille-Barbier F, Amira D, Ayouni-Derouiche L, et al. Biomonitoring chronic lead exposure among battery manufacturing workers in Tunisia. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(8):7980-93.
33. Tapia E, Acaro E. Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de Trabajadores del mercado de Ica. *Ágora Rev Cien*. 2014;1(1):20-5.
34. Rivera K, Pernía B. Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías ubicadas en Guayaquil-Ecuador. *Enfoque UTE*. 2021;12(2):1-18.