



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO PROFESIONAL
ASIGNATURA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



NIVELES DE HEMOGLOBINA, HIERRO Y TRANSFERRINA EN
TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO EN UNA
EMPRESA RECUPERADORA DE ESTE METAL, UBICADA EN EL ESTADO
CARABOBO, DURANTE EL AÑO 2020

Autores:

Brito Leimar
Bujatto Dorelis
Calderón María

Tutores:

Dra. Leticia Figueira
Dr. Julio C. González

Asesora:

Dra. Santina Coccione

Valencia, abril 2022



ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por la Coordinación de la Asignatura Trabajo de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud – Sede Carabobo, para evaluar el trabajo titulado: **“NIVELES DE HEMOGLOBINA, HIERRO Y TRANSFERRINA EN TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO EN UNA EMPRESA RECUPERADORA DE ESTE METAL, UBICADA EN EL ESTADO CARABOBO, DURANTE EL AÑO 2020”**. Realizado por las estudiantes: Dorelis Bujatto, María Calderón y Brito Leimar, titulares de la Cedula de Identidad No. V- 24.499.725, V-24.974.877 y V-26.101.150 respectivamente; y tutorado por la Dra: Leticia Figueira titular de la Cédula de Identidad N°: V-17.065.615 y cotutorado por el Dr. Julio C. González titular de la Cédula de Identidad N°: V- 4.153.443. Hacemos de su conocimiento que hemos actuado como jurado evaluador del informe escrito, presentación y defensa del citado trabajo. Consideramos que reúne los requisitos de mérito para su **APROBACIÓN**.

En fe de lo cual se levanta esta Acta, en Valencia a los 7 días del mes de abril del año dos mil veintidós.

Prof. Santina Coccione
C.I: 10.063.311
Jurado Principal

Prof. Erick González
C.I: 16.582.294
Jurado Principal



Prof. Jenifer Remolina
C.I: 20.445.433
Jurado Principal

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Quienes suscriben, Dr. Julio C. González C.I: V- 4.153.443 y Dra. Leticia Figueira C.I: V-17.065.615, docentes del Departamento de Morfofisiopatología, Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, por medio de la presente hacemos constar que hemos aceptado la Tutoría del Proyecto de Investigación que lleva por título: **“NIVELES DE HEMOGLOBINA, HIERRO Y TRANSFERRINA EN TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO EN UNA EMPRESA RECUPERADORA DE ESTE METAL, UBICADA EN EL ESTADO CARABOBO, DURANTE EL AÑO 2020”**.

El cual será desarrollado en el quinto año de la carrera de Bioanálisis como Trabajo Especial de Grado por los bachilleres Brito Leimar C.I: V-26.101.150, Bujatto Dorelis C.I: V-24.499.725 y Calderón María C.I: V-24.974.877. Asimismo, certificamos que hemos tenido conocimiento del proyecto desde su inicio hasta su culminación, y consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser sometido a evaluación.

En Valencia, a los 4 días del mes de abril de 2022.



Dr. Julio C. González

C.I- 4.153.443



Dra. Leticia Figueira

C.I-17.065.615

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Quienes suscriben, Dr. Julio C. González C.I: V- 4.153.443 y Dra. Leticia Figueira C.I: V-17.065.615, docentes del Departamento de Morfofisiopatología, Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, por medio de la presente hacemos constar que hemos aceptado la Tutoría del Proyecto de Investigación que lleva por título: **“NIVELES DE HEMOGLOBINA, HIERRO Y TRANSFERRINA EN TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO EN UNA EMPRESA RECUPERADORA DE ESTE METAL, UBICADA EN EL ESTADO CARABOBO, DURANTE EL AÑO 2020”**.

El cual será desarrollado en el quinto año de la carrera de Bioanálisis como Trabajo Especial de Grado por los bachilleres Brito Leimar C.I: V-26.101.150, Bujatto Dorelis C.I: V-24.499.725 y Calderón María C.I: V-24.974.877. Asimismo, certificamos que hemos tenido conocimiento del proyecto desde su inicio hasta su culminación, y consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser sometido a evaluación.

En Valencia, a los 7 días del mes de abril de 2022.

Dr. Julio C. González
C.I- 4.153.443

Dra. Leticia Figueira
C.I- 17.065.615

DEDICATORIA

Queremos agradecer en primera instancia a Dios por su infinita bondad y amor, por las oportunidades brindadas, por los triunfos y momentos difíciles que nos han hecho crecer como persona y como profesional y gracias a ello hemos llegado a tan preciado momento en nuestras vidas.

A nuestros padres por sus valores, consejos, motivación, fortaleza y compañía a lo largo de nuestra formación académica, asimismo a nuestros hermanos y demás familiares por estar al pendiente de nuestras vidas y ser fuente de energía cuando la necesitamos.

A nuestros profesores por su orientación, apoyo y conocimientos que nos han brindado para llegar hasta donde hoy estamos, quienes creyeron en nosotros y en nuestra vocación de servicio como futuros Licenciados en Bioanálisis.

A nuestros amigos y compañeros de clases por su amistad, solidaridad, paciencia y comprensión en todo momento.

Brito Leimar
Bujatto Dorelis
Calderón María

AGRADECIMIENTOS

A nuestra casa de estudio “Universidad de Carabobo”, por habernos proporcionado las herramientas necesarias para desarrollarnos profesionalmente y así poder brindar ayuda a quienes los requieran, siempre con humildad.

A nuestros tutores académicos Dres. Julio César González y Leticia Figueira, quienes nos han brindado la orientación necesaria para la culminación de este trabajo de grado, así como también a nuestra tutora metodológica Dra. Santina Coccione. Al Laboratorio Clínico Julio Cesar González por el financiamiento brindado para la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la elaboración de este trabajo de grado.

Brito Leimar
Bujatto Dorelis
Calderón María

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice de tablas	VI
Índice de figura	VII
Resumen	VIII
INTRODUCCIÓN	9
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Población y muestra	14
Recolección y toma de muestras	14
Determinaciones bioquímicas	15
Análisis estadísticos	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características generales de los trabajadores expuestos y no expuestos al plomo que laboran en una empresa de recuperación de este metal ubicada en el estado Carabobo, durante el año 2020.	16
Tabla 2. Parámetros hematológicos, niveles séricos de hierro y transferrina en trabajadores expuestos y no expuestos al plomo que laboran en una empresa de recuperación de este metal ubicada en el estado Carabobo, durante el año 2020	17
Tabla 3. Concentración de plomo sanguíneo, parámetros hematológicos y niveles séricos de hierro y transferrina en trabajadores expuestos al plomo que laboran en una empresa de recuperación de este metal ubicada en el estado Carabobo, durante el año 2020.	19
Tabla 4. Concentración de plomo sanguíneo, parámetros hematológicos, niveles séricos de hierro y transferrina en trabajadores expuestos al plomo de acuerdo al grado de exposición a este metal.	20
Tabla 5. Correlación de Spearman del plomo con parámetros hematológicos, hierro y transferrina en los trabajadores que laboran en una empresa de recuperación de este metal ubicada en el Estado Carabobo, Venezuela, durante el año 2020.	21

ÍNDICE DE FIGURA

	Páginas
Fig.1. Concentración de plomo sanguíneo en trabajadores expuestos y no expuestos al plomo.	18



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO PROFESIONAL
ASIGNATURA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.



NIVELES DE HEMOGLOBINA, HIERRO Y TRANSFERRINA EN TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE AL PLOMO EN UNA EMPRESA RECUPERADORA DE ESTE METAL, UBICADA EN EL ESTADO CARABOBO, DURANTE EL AÑO 2020

Autores: Brito Leimar, Bujatto Dorelis, Calderón María.

Tutores: Dra. Leticia Figueira, Dr. Julio C. González.

Asesora: Dra. Santina Coccione.

Realizado en: Escuela de Bioanálisis, Facultad de Ciencias de la Salud, UC; y Laboratorio de Referencia González-Martínez

RESUMEN

El plomo es uno de los más importantes contaminantes ambientales al que está expuesta la población humana. La intoxicación por este metal puede generar problemas de salud ocupacional y de salud pública, sobre todo cuando se trabaja sin criterios de protección ocupacional. Debido a esto, es conocido que el plomo puede afectar el sistema hematopoyético y también generar diversas afecciones. El siguiente estudio tiene como objetivo relacionar los niveles sanguíneos de plomo con la concentración de hemoglobina, hierro y transferrina en adultos expuestos ocupacionalmente a este metal. Para ello, se evaluaron 92 trabajadores expuestos y no expuestos al plomo en una empresa recuperadora de este metal, ubicada en el Estado Carabobo durante el año 2020. Se tomaron muestras de sangre a ambos grupos y se determinó los niveles de plomo sanguíneo, hemoglobina, hematocrito, hierro y transferrina. Los resultados revelaron un aumento significativo del plomo en sangre ($p < 0,00001$) en los trabajadores expuestos en comparación con el grupo no expuesto; siendo mayor de acuerdo al nivel de exposición. No se evidenció diferencias entre los niveles de hemoglobina, hematocrito, hierro y transferrina entre los grupos sujetos a estudio, ni en los trabajadores expuestos al plomo de acuerdo al grado de exposición y antigüedad laboral. De igual manera no se evidenció correlación significativa entre la plumbemia con los parámetros hematológicos evaluados (hemoglobina, hierro y transferrina) ($p > 0,05$). Los resultados sugieren que la exposición ocupacional al plomo en estos trabajadores no ocasionó alteraciones en el estatus de hierro lo cual pudo ser debido al riguroso control que tienen los trabajadores.

Palabras claves: Plomo, hemoglobina, hierro, transferrina, exposición ocupacional.

INTRODUCCIÓN

El plomo (Pb) (del latín *plumbum*) es un metal gris, blando y maleable, presente de forma natural en la corteza terrestre (1), cuyas propiedades físico-químicas le permiten ser comúnmente utilizado en la industria (2), siendo la galena (sulfuro de plomo) el mineral más rico en este metal (3). Su forma inorgánica es utilizada como pigmento de pinturas, esmaltes y tinturas, las formas organoplomadas se emplean como aditivos de gasolina y antidetonantes, y cuando se encuentra en forma de aleación puede ser empleado en la fabricación de baterías, tuberías, recubrimientos de cables, latón, bronce o acero, en soldaduras o municiones (4). Su amplia distribución en el ambiente y elevada toxicidad, lo ha convertido en uno de los principales contaminantes ambientales con potencial patológico al que está expuesta la población humana (5).

El plomo puede ingresar al organismo a través del sistema respiratorio o puede ser ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal, y en menor proporción a nivel percutáneo (6). Asimismo, puede atravesar la placenta, la barrera hematoencefálica e incorporarse a los lactantes a través de la leche materna (7,8). Una vez que ocurre su inhalación o ingestión, este metal es distribuido por el torrente sanguíneo unido a los glóbulos rojos con una eficiencia del 95%, luego se desplaza hacia los tejidos blandos como el riñón, hígado, médula ósea y sistema nervioso central (SNC) donde puede permanecer por 40 días, mientras que en la sangre puede encontrarse alrededor de 35 días; sin embargo, su mayor fuente de almacenamiento son los huesos, donde puede permanecer por 27 años (9), e interferir con el metabolismo del calcio ocasionando hipocalcemia. Finalmente, el plomo incorporado se excreta por orina (80%) y en menor proporción a través de la piel, cabello, uñas, sudor y leche materna (3).

En vista de ello, el plomo puede acumularse en el organismo y generar afecciones a largo plazo en trabajadores expuestos ocupacionalmente; es por ello que diversos organismos internacionales establecen ciertos parámetros para minimizar los efectos tóxicos que pueda generar la exposición ocupacional de este metal. En este sentido, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) limita las concentraciones de

plomo cargado en el flujo sanguíneo de un trabajador a 40µg/dL, indicando que aquellos trabajadores que posean niveles por encima de 50µg/dL deben ser removidos del contacto ocupacional con plomo hasta que las concentraciones de este metal disminuyan por debajo de 40µg/dL (10). Por su parte, la norma COVENIN 2253:2001 limita las concentraciones ambientales de sustancias químicas en lugares de trabajo y el índice biológico de exposición (IBE); siendo el IBE de 30µg/dL (11).

A pesar de estos valores límites, no existe un nivel de concentración de plomo en sangre que pueda considerarse totalmente exento de riesgo. Sin embargo, el nivel de daño dependerá del grado de exposición; por lo tanto, el plomo puede causar diversos efectos en el organismo. La toxicidad aguda se presenta luego de una exposición respiratoria a altas concentraciones de este metal, con encefalopatía, insuficiencia renal y síntomas gastrointestinales. Por otra parte, la toxicidad crónica es la más frecuente, y se manifiesta con compromiso multi-sistémico, hematopoyético, del sistema nervioso, gastrointestinal, riñón y sistema reproductor (6).

Los daños neurológicos se evidencian cuando las concentraciones de plomo en sangre son >10 µg/dL, lo cual ocasiona retardo de las capacidades cognitivas en niños y en adultos que se refleja con un cuadro demencial, pérdida de visión, cefalea y dificultad en el habla (12). A nivel hepático altera las enzimas del citocromo P450 encargado de la detoxificación, y a su vez altera el metabolismo de los lípidos a través de la peroxidación de la membrana celular lipídica (3). Dentro del sistema renal produce nefropatías crónicas y fallo renal producto de la acumulación excesiva de este metal, su toxicidad se ve favorecida por el recambio óseo (13,14). Por su parte, las alteraciones del sistema reproductor debido a la exposición al plomo van desde abortos espontáneos, bebés con defectos neuronales hasta espermatogénesis alterada, daño en próstata y disminución en la libido. En trabajadores expuestos a plomo se han descritos trastornos como astenospermia, hipospermia y teratospermia (9).

Dentro de la línea hematopoyética, las principales células afectadas son los eritrocitos debido a la elevada afinidad que presenta este metal por la serie roja, interfiriendo en la síntesis del grupo hemo por inhibición selectiva de tres enzimas

implicadas en este proceso, la dehidratasa del ácido delta aminolevulínico (ALA-dehidrasa), coproporfirinógeno-III-oxidasa y ferroquelatasa. Esta inhibición ocurre cuando el plomo se combina con los grupos sulfhidrilo, amino e hidroxilo de los aminoácidos cisteína, lisina, ácido glutámico, ácido aspártico y tirosina de estas enzimas, produciendo una modificación en su estructura terciaria y como consecuencia una disminución de la actividad enzimática (15).

Uno de los blancos de acción tóxica del Pb son los precursores eritroides, como consecuencia de ello se esperaría un trastorno en el metabolismo del hierro en individuos expuestos laboralmente al plomo. De igual manera, se ha descrito que en la intoxicación por plomo existe una dificultad en la absorción intestinal de hierro, debido a que la misma se realiza mediante un transportador de cationes divalentes (DMT1) que no es específico para el hierro, sino que también transporta otros cationes como el plomo. Entonces, la intoxicación por plomo predispone a la deficiencia de hierro. Por otro lado, el plomo interfiere en el metabolismo de síntesis del grupo hemo, por lo que se produce una acumulación de hierro no utilizado dentro de los eritroblastos generando un déficit en su utilización y a su vez disminuyendo su absorción intestinal y transporte (15).

El hierro es un elemento esencial que juega un papel importante en la síntesis del grupo hemo, participa en el proceso de respiración celular al formar parte estructural de los centros ferro-sulfurados de los citocromos en la cadena respiratoria; además está presente en diversas enzimas como la catalasa, peroxidasa y oxigenasa, así como también en el anillo de protoporfirina de la hemoglobina, característica que le brinda al hierro la capacidad de participar en el transporte de oxígeno. Este metal posee dos estados de oxidación Fe^{+2} (ferroso) y Fe^{+3} (férico), su elevado potencial redox, junto a su facilidad para promover la formación de compuestos tóxicos altamente reactivos determina que su metabolismo sea controlado por un fino sistema regulador (16). El hierro se encuentra en dos compartimientos, uno funcional, donde participa en funciones metabólicas y está formado por diversos compuestos entre los que se incluyen la hemoglobina, mioglobina, la transferrina y enzimas; y el compartimiento de depósito constituido por la ferritina y la hemosiderina, que conforman las reservas corporales de este metal (16). La molécula

transportadora de hierro la transferrina, es una glucoproteína sintetizada por el hígado con una vida media entre 8-10 días, la cual se compone de dos subunidades polipeptídicas que contiene un sitio único de unión al hierro, así cada molécula es capaz de fijar dos moléculas de hierro férrico, denominándose transferrina diférrica, monoférrica o apotransferrina, esta última no contiene hierro. Por lo tanto, el hierro es fundamental durante algunos procesos bioquímicos en el organismo y una alteración del mismo conlleva estados desfavorables que comprometerían al transporte de oxígeno, la síntesis de enzimas, la respiración celular, entre otros (17). Por otra parte, trastornos metabólicos crónicos pueden resultar de un exceso o deficiencia de este metal (18).

Se ha descrito que el hierro sérico, la capacidad total de fijación del hierro (TIBC), el porcentaje de saturación de la transferrina y la ferritina sérica son empleados clínicamente para evaluar el estatus del hierro. La evaluación del estatus del hierro en trabajadores expuestos al plomo es importante, debido a que diferentes evidencias indican que la deficiencia de hierro no sólo perjudica el desempeño de los trabajadores, sino que incrementa la absorción y biotoxicidad del plomo en animales y humanos. Otros estudios han reportado que los bajos niveles de hierro en trabajadores expuestos no solo pueden ser atribuidos a la elevada concentración de plomo sanguíneo sino también a la baja ingesta dietética de hierro (18,19,20).

Por lo tanto, a pesar de que los efectos tóxicos del plomo han sido bien documentados, su relación con el metabolismo del hierro en la población ocupacionalmente expuesta en estudio no ha sido evaluada. Es por ello que en el presente estudio se planteó relacionar los niveles de hemoglobina, hierro y transferrina con las concentraciones sanguíneas de plomo en trabajadores ocupacionalmente expuestos en una empresa recuperadora de este metal, ubicada en el estado Carabobo, durante el año 2020.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Relacionar los niveles sanguíneos de plomo con la concentración de hemoglobina, hierro y transferrina en adultos expuestos ocupacionalmente al plomo en una empresa recuperadora de este metal, ubicada en el Estado Carabobo, durante el año 2020.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Determinar los niveles sanguíneos de plomo en trabajadores expuestos y no expuestos ocupacionalmente a este metal.
2. Determinar las concentraciones de hemoglobina, hierro y transferrina en trabajadores expuestos y no expuestos ocupacionalmente al plomo.
3. Comparar los valores sanguíneos de plomo, hemoglobina, hierro y transferrina en ambos grupos de acuerdo al tiempo de exposición.
4. Asociar las concentraciones sanguíneas del plomo con los niveles de hemoglobina, hierro y transferrina en el grupo de estudio y en los no expuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población y muestra

La investigación realizada fue de tipo no experimental, descriptiva, correlacional y de corte transversal; donde se analizó la relación plomo con el metabolismo del hierro. La muestra estuvo conformada por 92 trabajadores expuestos y no expuestos al plomo en una empresa recuperadora de este metal, ubicada en el Estado Carabobo durante el año 2020.

Para la toma de muestra fueron revisados todos los protocolos experimentales y se cumplió con la Declaración de Helsinki para experimentación con seres humanos (1964 y revisión 2013) y sólo se realizó en aquellos sujetos que firmaron el consentimiento informado, todo esto en apego a la Ley del ejercicio de la Medicina, del Bioanálisis y a las Normas de Investigación Clínica del Ministerio del Poder Popular para la Salud y el Desarrollo Social.

Recolección de muestra

Los trabajadores expuestos ocupacionalmente al plomo y sus controles no expuestos que laboran en una empresa recuperadora de este metal, ubicada en el Estado Carabobo, fueron citados en la compañía entre las 7 y 8 de la mañana. A cada trabajador se le tomó una muestra de sangre periférica previo ayuno de 12 horas mediante venopunción directa en la región antecubital utilizando tres tubos de ensayo, dos con anticoagulante (EDTA y heparina) y otro sin anticoagulante. Posteriormente, uno de los tubos (sin anticoagulante) fue centrifugado a 3.000 rpm durante 15 minutos, reservando el suero, el cual se congeló a -70°C hasta el momento de su procesamiento, el cual fue destinado para la determinación sérica de hierro y transferrina. El tubo de sangre completa (con heparina) fue destinado para la determinación de plomo, y el tubo con EDTA para la determinación de hemoglobina y hematocrito. Los trabajadores fueron clasificados de acuerdo a la antigüedad laboral.

Determinaciones bioquímicas:

Las determinaciones séricas de hierro y transferrina se realizaron por el método colorimétrico, empleando el estuche comercial de Wiener Lab. (21). La determinación de Pb se realizó empleando el método de quelación-extracción/espectrofotometría de absorción atómica, el cual se fundamenta en la formación de un complejo de plomo con pirrolidinditiocarbamato amónico (APDC). El complejo formado se extraerá con metilisobutilcetona (MIBK) en muestras de sangre previamente tomadas en tubos con heparina como anticoagulante. El plomo contenido en la fase orgánica se determinará por espectrofotometría de absorción atómica con llama a una longitud de onda de 283,3 nm (Perkin-Elmer, Alemania) (22). La determinación de hemoglobina se realizó por el método colorimétrico, empleando una solución comercial del reactivo de Drabkin, el cual contiene cianuro y ferrocianuro potásico que reacciona con la sangre y oxida la hemoglobina presente en la muestra a metahemoglobina y posteriormente a cianometahemoglobina. La intensidad de color de este último compuesto se midió fotocolorimétricamente a 540 nm (23).

Análisis Estadístico

Los resultados fueron expresados como la media \pm desviación estándar (Valor mínimo - máximo). Se evaluó la distribución de los datos a través de la inspección visual y las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov y Jarque-Bera. Se empleó el análisis de U de Mann - Whitney para comparar los grupos sujetos a estudio, y el coeficiente de correlación de Spearman para relacionar las variables sujetas a estudio. Se consideró significativo $p < 0,05$. El análisis de los resultados y la elaboración de los gráficos se realizaron empleando el programa GraphPadPrism versión 5.

RESULTADOS

Las características generales de los trabajadores expuestos y no expuestos al plomo se exponen en la Tabla 1, donde se evidencia que, de los 92 trabajadores en estudio, 15% de ellos representaron al grupo control, siendo el 57,14% del género masculino y el 42,86% del género femenino, por su parte el 85% restante corresponde al grupo de trabajadores expuestos; siendo 91,03 % del género masculino y 8,97% del género femenino respectivamente. Asimismo, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas en la edad de los trabajadores y su antigüedad laboral entre los dos grupos sujetos a estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los trabajadores expuestos y no expuestos al plomo que laboran en una empresa de recuperación de este metal. Los resultados de la edad y antigüedad fueron expresados como la media \pm desviación estándar de la media (Valor mínimo - máximo).

Grupo	Control	Expuestos	p
N	14	78	
(% total)	(15)	(85)	
Género	Masculino	71	
	N (%)	(57,14)	(91,03)
	Femenino	6	7
	N (%)	(42,86)	(8,97)
Edad (años)	37,5 \pm 5,7 (26-64)	39,4 \pm 7,2 (23-67)	0,8914
Antigüedad (años)	10,3 \pm 2,9 (2,5-15,6)	11,4 \pm 2,5 (2,2-15,4)	0,0833

En la tabla 2 se observan los parámetros hematológicos, niveles séricos de hierro y transferrina en los trabajadores expuestos y no expuestos al plomo, donde se evidencia que no existe diferencias estadísticamente significativas en los niveles de estos parámetros entre los grupos sujetos a estudio.

Tabla 2. Parámetros hematológicos, niveles séricos de hierro y transferrina en trabajadores expuestos y no expuestos al plomo. Los resultados fueron expresados como la media \pm desviación estándar de la media (Valor mínimo - máximo).

Grupo	Control	Expuestos	p
Hb (g/dL)	14,21 \pm 1,23 (12,10-15,70)	14,77 \pm 0,92 (12,89-16,73)	0,1348
Hcto (%)	42,14 \pm 3,08 (37,00-47,00)	43,80 \pm 2,77 (37,00-50,00)	0,0679
CHCM (g/dL)	33,69 \pm 0,76 (32,70-34,89)	33,74 \pm 0,92 (32,02-35,79)	0,6915
Hierro (μ g/dL)	118,04 \pm 26,41 (83,57-168,94)	109,72 \pm 27,00 (66,28-194,06)	0,2448
Transferrina (μ g/dL)	322,67 \pm 39,83 (267,40-390,00)	304,21 \pm 35,25 (247,80-398,00)	0,1065

En cuanto a los valores sanguíneos de plomo, en la figura 1 se evidenció mayores concentraciones de plomo en sangre en los trabajadores expuestos a este metal con respecto a los controles ($p < 0,00001$).

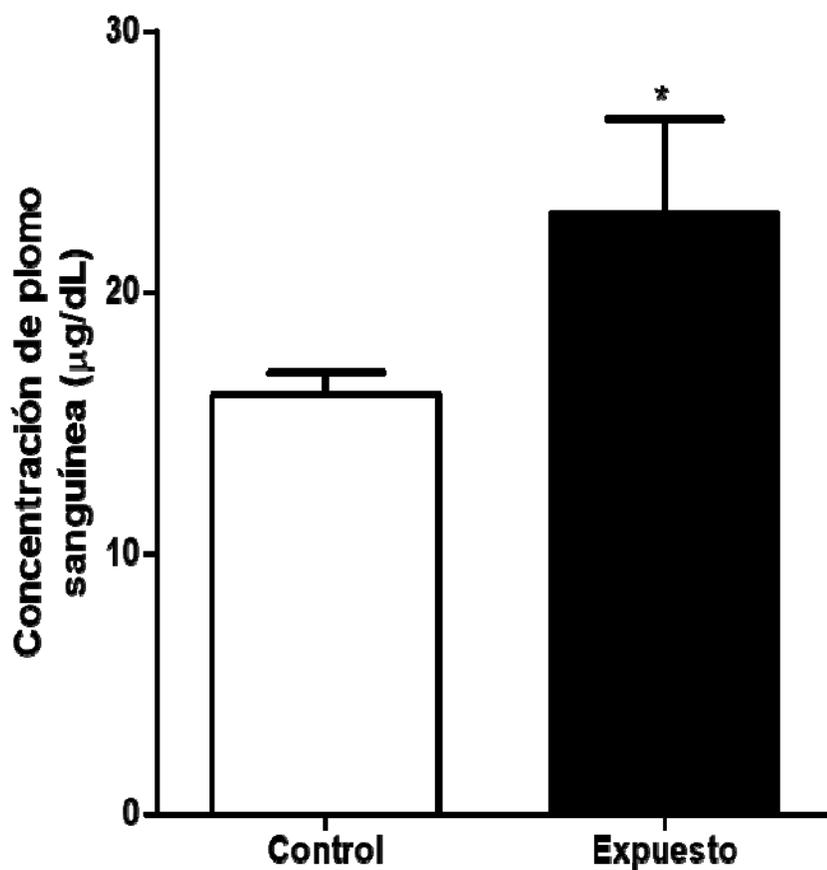


Fig.1. Concentración de plomo sanguíneo en trabajadores expuestos y no expuestos al plomo. Los resultados fueron expresados como la media \pm desviación estándar de la media. (N=14 control, N=78 expuestos). * $p < 0,00001$ vs. Grupo control.

En cuanto a las concentraciones de plomo, parámetros hematológicos, niveles de hierro sérico y la transferrina, de acuerdo a la antigüedad del trabajador en la empresa, se pudo apreciar que no existen diferencias en las concentraciones de estas variables entre los trabajadores expuestos al plomo de acuerdo a su antigüedad laboral (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de plomo sanguíneo, parámetros hematológicos y niveles séricos de hierro y transferrina en trabajadores expuestos al plomo de acuerdo a la antigüedad laboral. Los resultados fueron expresados como la media \pm desviación estándar de la media (Valor mínimo - máximo).

Variable	<10 años de antigüedad	>10 años de antigüedad	P
N	22	56	
Plomo ($\mu\text{g/dL}$)	23,77 \pm 3,67 (17,10-29,70)	22,76 \pm 3,56 (16,30-28,70)	0,3094
Hb (g/dL)	14,65 \pm 1,11 (13,00-16,73)	14,82 \pm 0,84 (12,89-16,20)	0,2812
Hcto (%)	43,46 \pm 2,48 (40,00-49,00)	43,93 \pm 2,88 (37,00-50,00)	0,3395
CHCM (g/dL)	33,67 \pm 0,90 (32,22-35,36)	33,77 \pm 0,93 (32,02-35,79)	0,7770
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	108,79 \pm 27,81 (67,72-155,25)	110,09 \pm 26,93 (66,28-194,06)	0,9072
Transferrina ($\mu\text{g/dL}$)	302,80 \pm 37,87 (247,80-387,00)	304,76 \pm 34,51 (256,10-398,00)	0,8416

Asimismo, se pudo apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de hierro sérico, transferrina y los parámetros hematológicos entre los trabajadores expuestos al plomo de acuerdo al grado de exposición al metal (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración de plomo sanguíneo, parámetros hematológicos, niveles séricos de hierro y transferrina en trabajadores expuestos al plomo de acuerdo al grado de exposición a este metal.

Variable	Exposición baja – moderada al plomo	Exposición alta al plomo	P
N	32	46	
Plomo (µg/dL)	19,43 ± 1,57 (16,30-24,40)	25,56 ± 2,16 (18,40-29,70)	0,0001
Hb (g/dL)	14,81 ± 0,88 (13,13-16,73)	14,75 ± 0,96 (12,89-16,62)	0,7566
Hcto (%)	43,84 ± 2,87 (37,00-50,00)	43,76 ± 2,72 (38,00-48,00)	0,9674
CHCM (g/dL)	33,80 ± 0,99 (32,02-35,79)	33,71 ± 0,87 (32,12-35,36)	0,7221
Hierro (µg/dL)	110,73 ± 25,67 (70,77-167,14)	109,02 ± 28,15 (66,28-194,06)	0,7374
Transferrina (µg/dL)	299,99 ± 26,45 (257,00-368,00)	307,14 ± 40,29 (247,80-398,00)	0,8629

En la tabla 5 se puede observar la correlación de Spearman entre las variables sujetas a estudio en los trabajadores, en donde se aprecia que no existe correlación entre la plumbemia con los parámetros hematológicos, hierro y transferrina ($p > 0,05$).

Tabla 5. Correlación de Spearman del plomo con parámetros hematológicos, hierro y transferrina en los trabajadores que laboran en una empresa de recuperación de este metal ubicada en el Estado Carabobo, Venezuela, durante el año 2020.

	r	p
Pb & antigüedad	0,0419	0,6909
Pb & Hb	0,0197	0,8518
Pb & Hcto	0,0268	0,7992
Pb & CHCM	0,0419	0,6909
Pb & Hierro	-0,0749	0,4775
Pb & Transferrina	-0,1394	0,1848

DISCUSIÓN

Los problemas de salud laboral causados por el plomo suceden principalmente en la metalurgia primaria, secundaria y en la minería extractiva, así como en la industria informal de fabricación de acumuladores eléctricos por extracción secundaria de plomo a partir de baterías recicladas, cuyos componentes liberados durante su fabricación se acumulan en el ambiente ocasionando daños al ecosistema y al organismo humano que se encuentra expuesto, ya sea de forma directa o indirecta generando efectos a largo plazo si no se indican las medidas de control pertinentes para garantizar ambientes laborales óptimos (7,24,); por lo que, el uso de biomarcadores para el monitoreo del trabajador expuesto a tóxicos en metalurgia, ayuda en la mejora de las condiciones de trabajo, al reforzar la valoración del riesgo, previniendo las enfermedades laborales (25).

En este sentido, en el presente estudio se evidenció que el grupo expuesto ocupacionalmente al plomo mostró un aumento significativo en los niveles de plomo sanguíneo en comparación con el grupo control, no expuesto; siendo mayor la plumbemia de acuerdo al grado de exposición a este metal. Estos resultados están en conformidad con los reportados en otras investigaciones, puesto que Valbuena y col., realizaron un estudio en tres pequeñas industrias en la región de Bogotá-Colombia, determinando que los niveles de plomo sanguíneo en trabajadores ocupacionalmente expuestos eran mayores que los del grupo control (26). Asimismo, Mañay y col., determinaron los niveles de plumbemia en trabajadores expuestos al plomo en diversas industrias ubicadas en Uruguay, donde sus resultados muestran que un porcentaje mayor al 60% de la población estudiada, presentaron niveles de plomo superiores a 40µg/dL, resaltando la importancia de tener controles preventivos que disminuyan el grado de exposición a este metal (27). Por su parte, Ramírez, evaluó la exposición al plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías encontrándose que la concentración de plomo en sangre en los trabajadores expuestos superaba el límite establecido por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist), determinando una asociación positiva entre los niveles de plomo con

la ocupación fundidor- soldador, los síntomas y malos hábitos de higiene y seguridad en el trabajo (28).

Es conocido que el plomo puede afectar al sistema hematopoyético pues inhibe dos enzimas claves que participan en la síntesis del grupo hemo, la delta-aminolevulínico dehidrasa y la ferroquelatasa, ocasionando un aumento de la coproporfirina urinaria y de la protoporfirina eritrocitaria, esta última puede ser usada como marcador biológico en la intoxicación por plomo o en la deficiencia de hierro, también puede ocasionar alteraciones en la integridad de las membranas celulares (29). En ambos casos, la intoxicación por plomo tiene como consecuencia una anemia normocítica-normocrómica, que presenta un punteado basófilo característico en los hematíes (30).

Asimismo, se ha descrito que el plomo es capaz de interferir en la utilización biológica del hierro, en primer lugar porque actúa como un inhibidor de la enzima ferroquelatasa responsable de su incorporación al grupo hemo, lo cual produce aumento en los pools de transporte y reserva del mismo, pudiendo detectarse dichas alteraciones en sangre a través del estudio de la ferremia, CTFH, transferrina y ferritina sérica y en segundo lugar porque el plomo compite por el transportador que interviene en el mecanismo de absorción (DMT1) del hierro a nivel intestinal ((15).

Las alteraciones tanto hematológicas como en el estatus del hierro han sido evidentes en algunos estudios; en este sentido Kim y col., determinaron los niveles de plomo, hemoglobina, hematocrito, las concentraciones de hierro sérico, la capacidad total de unión al hierro y el porcentaje de saturación de transferrina en trabajadores expuestos y sus controles encontrando que los parámetros hematológicos estaban disminuidos en el grupo expuesto así como también se evidenció una disminución en sus niveles de hierro y aumento de la TIBC, por lo que un nivel alto de plomo en la sangre está asociado con una función deficiente del hierro(31). Asimismo, Vivante y col., evaluaron el impacto de la exposición directa al plomo sobre las concentraciones de hierro, ferritina, protoporfirina zinc (ZPP) y hemoglobina al comparar estos niveles pre y post exposición de la población en estudio, resultando normales los parámetros hematológicos, no obstante el nivel de hierro y ferritina estuvo disminuido; lo cual sugiere que el envenenamiento por plomo puede causar agotamiento del hierro; y que éste puede agravar el envenenamiento por

plomo (32). En cuanto a la interferencia del plomo en la absorción del hierro, Barton y col., demostraron que ambos metales compiten por un transportador de metales ubicado en la mucosa intestinal, los sitios de unión compartidos en esta proteína pueden explicar por qué al incrementar los niveles de hierro dietético disminuye la absorción de plomo, y su deficiencia lo aumenta. (33). Sin embargo, los efectos de la exposición del plomo sobre el sistema hematopoyético, así como en el estatus del hierro se hacen evidente cuando existe una exposición alta y prolongada al plomo (29).

Considerando lo antes descrito, en el presente estudio no se encontró correlación entre la plumbemia con los parámetros hematológicos, hierro y transferrina; ni diferencias estadísticamente significativas en estas variables entre ambos grupos de estudio (controles y expuestos) y de acuerdo al grado de exposición y antigüedad laboral; tal y como lo reportaron Lilis y col., quienes determinaron niveles de hemoglobina, hierro, ZPP y TIBC en trabajadores expuestos y no expuestos al plomo, encontrando que la mayoría de la población estudiada presentaba valores de hierro sérico dentro de los parámetros de referencia, a pesar de que estos trabajadores habían tenido una exposición prolongada al plomo (más de 10 años) (34).

Por consiguiente, los resultados obtenidos en el presente estudio podrían deberse al riguroso control de la plumbemia que tienen los trabajadores en la empresa, pues de acuerdo a la OMS y OSHA las cantidades de plomo cargado en el flujo sanguíneo de un trabajador no deben sobrepasar los $40 \mu\text{g.dL}^{-1}$, y aquellos trabajadores con niveles por encima de $50 \mu\text{g.dL}^{-1}$ deben ser removidos del contacto ocupacional con plomo hasta que el nivel de Pb disminuya por debajo de $40 \mu\text{g.dL}^{-1}$ (35). En Venezuela, las pautas nacionales establecidas por las normas COVENIN 2253:2001 y 2277:2001 establecen como IBE un nivel de $30 \mu\text{g.dL}^{-1}$ para los trabajadores expuestos. (11,36)

Por lo tanto, en conclusión, la exposición ocupacional al plomo en una empresa de recuperación de este metal fue capaz de incrementar la plumbemia en el grupo expuesto a niveles que no excedieron el IBE de acuerdo a la pauta nacional; sin embargo, la exposición ocupacional al plomo no fue capaz de alterar los parámetros hematológicos ni el estatus de hierro en los trabajadores expuestos a este metal, lo cual pudo deberse al control de los mismos.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se observó que la exposición ocupacional al plomo (Pb) en trabajadores que laboran en una empresa de recuperación de este metal a partir de baterías, ubicada en el Estado Carabobo (Venezuela), fue capaz de elevar la plumbemia respecto al grupo control no expuesto, sin embargo en estos trabajadores ocupacionalmente expuestos y clasificados de acuerdo a su antigüedad laboral no hubo diferencias estadísticamente significativas en dicha variable, del mismo modo no hubo diferencias significativas entre los niveles de hemoglobina, hierro y transferrina entre ambos grupos en estudio.

Con respecto a la correlación del plomo con los parámetros hematológicos y el estatus del hierro, no hubo diferencia significativa entre los trabajadores (expuestos y controles) de la empresa, lo cual se puede deber al buen control que posee la industria en cuanto al uso del plomo como materia prima, garantizando condiciones seguras a sus trabajadores.

Estos hallazgos respaldan la importancia de cumplir con las normas de seguridad e higiene laboral, así como la regulación del uso de sustancias tóxicas a nivel industrial que representen un riesgo para la salud, garantizando un ambiente laboral óptimo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que las empresas y el Estado continúen implementando medidas para que los trabajadores expuestos utilicen el equipo de protección adecuado, y monitoreen de forma continua la concentración de plomo en el ambiente, así como también sus niveles sanguíneos en los trabajadores expuestos, a fin de garantizar condiciones óptimas de seguridad laboral y evitar riesgos para la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Azcona-Cruz MI, Ramírez R, Vicente-Flores G. Efectos tóxicos del plomo. *Rev Esp Med Quir* 2015; 20: 72-77.
2. Pérez C, Riverón G, Fernández I, Castillo N, Martínez O, Gutiérrez R. Marcadores de estrés oxidativo y genotoxicidad en trabajadores cubanos con exposición ocupacional prolongada al plomo. *Rev Cub Salud Trabajo* 2015; 16(3):20-25.
3. Rodríguez A, Cuéllar L, Maldonado G, Suardiaz M. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Rev Cubana Inv Biomed* 2016; 35: 251-271.
4. Geney Celis CA, Barbosa Devia MZ, Díaz Gómez A del D, Perez-Castiblanco DM, Osorio García SD, González Álvarez YC. Menores de 17 años con concentraciones de plomo por exposición ambiental en Bogotá. *Univ Med* 2016; 57 (2): 182-92.
5. Garza A, Chávez H, Vega R, Soto E. Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo. *Salud Mental* 2005; 28 (2): 48-57.
6. Valdivia M. Intoxicación por Plomo. *Rev Soc Per Med Inter* 2005; 18 (1): 22-27.
7. Who.int [Internet]. Ginebra: OMS; 2018 [citado 23 Ago 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
8. Rodríguez-Fuentes T. Sericeous lead behavior in children exposed to it in Camagüey city. *Rev. Arch Med Camagüey* 2019; 23(1):64-74.
9. Mosquera Tellez J, Bautista F. Exposición ocupacional al plomo: aspectos toxicológicos. *Av. Enferm* 2005; 23(1): 31-44.
10. Osha.gov [Internet]. Washington, DC: OSHA; 2013 [citado el 26 Ago 2018]. Disponible en: <https://www.osha.gov/SLTC/lead/>
11. COVENIN 2253:2001 Concentraciones Ambientales permisibles de Sustancias Químicas en lugares de trabajo e Índice Biológico de Exposición.

12. Tirado LR, González-Martínez FD, Martínez LJ, Wilches LA, Caledón-Suárez JN. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en la salud. *Rev Nac Odontol* 2015; 11(21):83-99.
13. Bilotta M, Merodo P, Ortiz A. Exposure to lead contamination in battery assembly workshop. *Cienc. Trab* 2013; 15(48): 1-9.
14. Reilly R, Spalding S, Walsh B, Wainer J, Pickens S, Royster M, Villanacci J, Bert B. Little Chronic Environmental and Occupational Lead Exposure and Kidney Function among African Americans: Dallas Lead Project II. *Int. J. Environ. Res Public Health* 2018; 15(12):1-10.
15. Ventimiglia F. Alteraciones bioquímicas, hematológicas y de distribución y acumulación de plomo en un modelo animal y en humanos. Argentina: Universidad de La Plata; 2013.146 p.
16. Pérez G, Vittori D, Pregi N, Garbossa G, Nesse A. Homeostasis del hierro. Mecanismos de absorción, captación celular y regulación. *Acta Bioquím Clín Latinoam* 2005; 39: 301-314.
17. Sermini C, Acevedo M, Arredondo M. Biomarcadores del metabolismo y nutrición de hierro. *Rev Perú Med Exp* 2017; 34: 690-698.
18. Al-kazazz F, Al-Waali M. Effects of Lead on Hemopoietic and Iron Status in Iraqi Workers at Lead Batteries Factory. *Baghdad Sc. J.* 2013; 10(2): 388-395.
19. Kim HS, Lee SS, Hwangbo Y, Ahn KD, Lee BK. Cross-sectional study of blood lead effects on iron status in Korean lead workers. *Nutrition* 2003; 19(7):571-576.
20. Barton JC, Conrad ME, Nuby S, Harrison L. Effects of iron on the absorption and retention of lead. *J. Lab Clin Med* 1978; 92(2):536.
21. Alvino F, Barrancos L, Daza J, Mendieta A. Valoración de hierro, capacidad de fijación de hierro y transferrina en embarazadas. Hospital Gineco- Obstétrico y San Pedro Claver. Bolivia-Sucre; 2008.

22. National Institute for Occupational Safety and Health. Method 8003. Manual of Analytical Methods, Third Edition. Vol. 1. DHHS (NIOSH) Publications 84-100 (1984).
23. González M, Otero Y, García Y, Gómez M, García M, Llamas J. Validación de la técnica de cianometahemoglobina en la determinación de hemoglobina al trofin® deshidratado. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 2015; 46(2):182-190.
24. Pesantes K. Determinación de alteraciones morfológicas de células sanguíneas en personas expuestas a la contaminación laboral por Pb y Hg en trabajadores de la mina Cristo de Oro del sitio Muyuyaco, Cantón Ponce Enriquez, Provincia del Azuay, [Tesis]. Ecuador: Universidad Técnica de Machala; 2013. 60 p.
25. Acaro F, Cahuana M, Cahuana T. Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de trabajadores del cercado de Ica. *Ágora Rev Cient* 2014; 01(01):20-25.
26. Valbuena J, Duarte M., Marciales C. Evaluación de plomo en sangre de trabajadores de industrias de baterías. *Revista Colombiana de Química* 2001: 30-1.
27. Mañay N., Orosa E., Heller T., Pereira L., Cousillas A., Rampoldi O., Niveles de plumbemia en trabajadores expuestos al plomo en Uruguay y su relación con el tipo de actividad. *Acta Farmaceutica Bonarense* 1993; 12 (3):145-8.
28. Ramírez A. Workers lead exposure in informal batteries factories. *An Fac Med* 2008; 69(2):104-7.
29. Pérez T, Jaime A, Díaz H, Cabrera H, Villalba L. Evaluación biológica de la exposición laboral al plomo. *Rev Cubana Salud Pública* 2021; 47:1.
30. Landgan P. Current issues in the epidemiology and toxicology of occupational exposure to lead. *Environ Health Perspect* 1990;89:61-6.
31. Kim HS, Lee SS, Hwangbo Y, Ahn KD, Lee BK. Cross-sectional study of blood lead effects on iron status in Korean lead workers. *Nutrition* 2003; 19(7):571-576.
32. Vivante A, Hirshoren N, Shochat T, Merkel D. Association between Acute Lead Exposure in Indoor Firing Ranges and Iron Metabolism. *IMAJ* 2008; 10: 292-295

- 33.** Barton JC, Conrad ME, Nuby S, Harrison L. Effects of iron on the absorption and retention of lead. *J. Lab Clin Med* 1978; 92(2):536.
- 34.** Lilis R, Eisinger J, Blumberg W, Fischbein A, Selikoff J. Hemoglobin, Serum Iron, and Zinc Protoporphyrin in Lead-Exposed Workers. *Environmental Health Perspectives* 1978; 25: 97-102.
- 35.** Laborde A, Ben S, Tomasina F, González R, Tortorella M, Sponton F. Estudio epidemiológico de una población expuesta laboralmente a plomo. *Rev Med Urug* 2006; 22: 287-292.
- 36.** Norma Venezolana. Plomo. Medidas de higiene ocupacional. COVENIN 2277-2001 Primera Revisión. Fondonorma.