



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA DE
PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS EN RELACION CON LA
EFICACIA DE MEDIDAS ASUMIDAS EN EL PERIODO JUNIO 2014 JUNIO
2015”**

Realizado por:

YOLANDA NARCIZA CRUZ TAIPE

Director del proyecto:

HECTOR LEONARDO OÑA MD. MSc. HSE

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, 24 de Julio de 2015

INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA DE PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS ii

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, YOLANDA NARCIZA CRUZ TAIPE, con cédula de identidad N°. 1716923386, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Yolanda Narciza Cruz Taipe

C.I.: 1716923386

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA DE PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS EN RELACION CON LA EFICACIA DE MEDIDAS ASUMIDAS EN EL PERIODO JUNIO 2014 JUNIO 2015”

Realizado por:

YOLANDA NARCIZA CRUZ TAIPE

Como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Ha Sido dirigido por el Profesor:

HECTOR LEONARDO OÑA MD. MSc. HSE

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

.....

Héctor Oña

DIRECTOR DEL PROYECTO

INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA DE PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS v

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Sylvia Patricia Hervas Ponce, y

Luis Alberto González Jijón

Después de revisar el trabajo escrito presentado, lo han calificado como apto para su
defensa oral ante el tribunal examinador.

.....
Sylvia Patricia Hervas Ponce,

.....
Luis Alberto González Jijón

Quito, a 24 de Julio de 2015

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres, quienes se han preocupado de mi desde el momento que llegue a este mundo, me han formado para saber cómo luchar y salir victoriosa ante las diversas adversidades de la vida, con su ejemplo me han enseñado el valor de la responsabilidad y perseverancia. Muchos años después sus enseñanzas no cesan, y aquí estoy, con un nuevo logro exitosamente conseguido. Por estar siempre a mi lado apoyándome y guiando mi camino. Gracias

A mi esposo, quien ha sido mi apoyo constante e incondicional en cada proyecto, en cada sueño. Gracias por estar siempre junto a mí.

AGRADECIMIENTO

A la empresa para la cual trabajo permitió realizar el presente estudio, y que, de la misma manera, brindó todo el apoyo y la colaboración necesaria para concluir el presente trabajo con éxito.

A los trabajadores el motor de la empresa quienes participaron en el estudio, apoyando al mismo con su tiempo y persona.

Al Doctor Héctor Oña por su acertada dirección de la tesis. Su profesionalismo y entrega fueron determinantes a la hora de conformar este documento.

A Dios quien es mi guía, en cada momento, en cada proyecto, en cada trabajo, quien hace que alcance los logros de mi vida profesional y personal.

Tabla de contenido

Figura 1. Modelo biológico del plomo.....	34
Figura 2. Polineuropatía plúmbica	42
Figura 3. Edad de los trabajadores del área de producción de la Fábrica de Baterías..	62
Figura 4. Antigüedad de los trabajadores del área de producción	63
Figura 5. Distribución de los Valores promedio de Plomo	64
Figura 6. Valores de la Plumbemia en el mes de Junio 2014.....	65
Figura 7. Valores de la Plumbemia en el mes de Junio 2015.....	66
Figura 8. Dispersión de los Valores de la Plumbemia.....	69
Figura 9. Comparación de los Valores de la Plumbemia	69
Tabla 1. Monitoreo Biológico	43
Tabla 2. Distribución de la plumbemia según edad y sexo	63
Tabla 3. Valores de la Plumbemia en el periodo Junio 2014 a Junio 2015.	67
Tabla 4. Gastos por parte del departamento Médico en el periodo Junio 2014 a Junio 2015.....	71

RESUMEN

El plomo se usa en más de 100 industrias, sus condiciones de ductilidad y maleabilidad han hecho que este metal haya sido utilizado por el hombre desde la más remota antigüedad y se utiliza tanto en forma sólida como líquida, generando polvo, humos o vapores, según se realicen unas operaciones u otras. Sus efectos nocivos para la salud ocupacional han sido reconocidos desde la antigüedad, Hipócrates en el siglo V antes de Cristo describe el cólico saturnino como síntoma de la toxicidad del plomo, hay también referencias a la intoxicación por el plomo en el antiguo Egipto, 4.000 años antes de la era cristiana; y en la actualidad ésta problemática se mantiene.

La Fábrica de Baterías del estudio, desde el año 1998, con el fin de dar un vigoroso impulso a la producción nacional enfoca sus esfuerzos en crear grandes avances tecnológicos en la fabricación de baterías automotrices, sin embargo algunos procesos que se tienen aún son de manufactura, teniendo como resultado un contacto directo con el plomo en sus diferentes formas, por tal razón, es importante establecer cuales son la medidas preventivas y correctivas más eficaces para la disminución de la plumbemia de los trabajadores del área de producción, ya que, en los años pasados las mediciones biológicas han reportado niveles de plumbemia sobre el valor protector de acuerdo con la ACGIH (30 µg/dl).

Los resultados encontrados al iniciar el estudio reportaron que el 71% de la población analizada tiene niveles altos de plomo en sangre, lo que nos da una clara idea que

INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA DE PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS x

en la mayoría de puestos de trabajo existe contaminación de plomo, sin embargo, los resultados de las medidas preventivas y correctivas fueron favorables logrando que los niveles de plumbemia disminuyan a al finalizar el estudio solo el 35% de la población sobrepasan los límites protectores de la ACGIH, demostrando que las medidas preventivas con mayor eficacia son la administración de vitamina C 2 gramos diarios y el ejercicio periódico 3 veces por semana 1 hora diaria.

A través de este estudio se inicia una serie de intervenciones y se deja la posibilidad de nuevos estudios dirigidos de forma puntual para entender el mecanismo de acción de las medidas preventivas de forma específica e individual.

PALABRAS CLAVES: Riesgo químico, plomo, plumbemia, medidas preventivas, medidas correctivas.

ABSTRACT

Lead is used in more than 100 industries, the terms of ductility and malleability made this metal has been used by man since ancient times and is used in both solid and liquid, generating dust, fumes or vapors, according some other operations are performed. Its harmful effects on occupational health have been recognized since antiquity, Hippocrates in the V century BC describes the lead colic as a symptom of lead toxicity, there are also references to lead poisoning in ancient Egypt 4,000 years before the Christian era; and at present this remains problematic.

The battery factory of the study, from 1998, in order to give fresh impetus to the domestic industry focuses its efforts on creating technological breakthroughs in the manufacture of automotive batteries, but some processes have are still manufacturing , resulting in a direct contact with lead in its various forms, for that reason, it is important to establish what are the most effective preventive and remedial measures to reduce the blood lead levels of workers in the production area, since in the past years have reported biological measurements of blood lead levels above the protective value according to the ACGIH (30 mg / dl).

The findings at baseline reported that 71% of the analyzed population has high levels of lead in their blood, which gives us a clear idea that in most jobs there is lead contamination, however, results preventive and corrective measures were favorable managing blood lead

INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA DE PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS xii

levels to decline to the end of the study only 35% of the population outweigh the protective boundaries of the ACGIH, showing that preventive measures are more effective administration of vitamin C 2 grams daily and regular exercise 3 times a week 1 hour daily.

Through this study it begins a series of interventions and the possibility of new targeted studies in a timely manner to understand the mechanism of action of preventive measures specifically and individually allowed.

KEYWORDS: Chemical risk, lead, blood lead, preventive measures, corrective measures.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública.

Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la

actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje. (Organizacion Mundial de la Salud, 2014)

Según el riesgo de intoxicación por plomo, las actividades se pueden clasificar en operaciones de elevado riesgo y de riesgo moderado, tomando en consideración: las características físico-químicas del plomo (polvo, aerosoles, etc.); vías de entrada; intensidad de exposición; duración, etc. Así se puede considerar que las actividades de mayor riesgo son aquellas en las que el plomo metálico o inorgánico es calentado y se forman aerosoles y humos en grandes cantidades. Entre las actividades de elevado riesgo se encuentra la fabricación y reciclado de baterías para automotores.

Las investigaciones acerca de este tema han demostrado los efectos negativos de la exposición al plomo a todos los niveles de la población. Los efectos incluyen daño a las funciones neurológicas, reproductivas, renales, y en la presión sanguínea. Todos pueden ocurrir a niveles muy bajos de exposición (especialmente, durante un período largo) y no parece tener ningún umbral. La concentración de plomo en la sangre o plumbemia es una medida pertinente para las evaluaciones por exposición a este elemento, ya que, además de ser un indicador de exposición reciente, es un indicador del equilibrio entre la cantidad de metal que es absorbido, la cantidad que está siendo transportada en la sangre y la que se deposita en los tejidos. (John J. Valbuena P. M. D., 2001)

Los resultados de efectos negativos a niveles de exposición mucho más bajos de los que menciona OSHA, actualmente sirven como indicadores para reducir de forma

inmediata de los niveles permisibles de la exposición en el lugar del trabajo y para prestar más atención médica a esas fuentes. Para ambientes ocupacionales, el índice de exposición biológico (BEI) establecido por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) para plomo es de $30\mu\text{g Pb/dL}$ de sangre, parámetro estimado después de numerosas investigaciones con trabajadores sanos expuestos ocupacionalmente a este metal, en jornadas de ocho horas diarias, cinco días a la semana. Este valor es tomado como referencia para personas expuestas ocupacionalmente y es revisado periódicamente. (John J. Valbuena P. M. D., 2001)

Con estos antecedentes, es importante conocer que las Baterías para automotores utilizan como partes de su estructura placas de plomo y ácido sulfúrico para producir una reacción química de oxido reducción y transformar la energía química en energía eléctrica, para su fabricación existen varios procesos, varios de ellos de manufactura, esta es la razón por la que aumenta el riesgo de contaminación o contacto con plomo, y es necesario establecer las medidas preventivas y correctivas eficaces, que nos permitan disminuir o mantener niveles de plumbemia inferiores a los que dicta la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), que actualmente se tiene como base en la Fabrica de Baterías.

1.1 El Problema de Investigación

La Fábrica de Baterías cuenta con una planta de producción y varias sucursales a nivel nacional. La planta de producción de Baterías cuenta con un área de 8160 m, y una altura de 12 m, con 10 ventiladores en el techo que se encargan del intercambio de aire, se

encuentra distribuida de tal forma que es factible una producción en línea y que cada proceso se ejecute sin problemas.

Adicional cuenta con un área de vestidores aislada de la planta para impedir contaminaciones de la ropa de uso general con la ropa de trabajo; duchas y sanitarios para el aseo personal de los colaboradores al final de la jornada; un área específica para lavado de la ropa de trabajo; el área del comedor separado de las dos estructuras anteriores para el personal que ingresa a servirse los alimentos; y el área administrativa que se encuentra separada del área de producción pero posee un acceso directo.

La Fabricación de una Batería inicia con el ingreso de la materia prima los lingotes de plomo, que son almacenados en un área específica y llegan en pallets que son movidos mediante un montacargas y según es necesario se los traslada cerca del área de fundición donde se transforman en rejillas. Junto a las máquinas de fundición esta el área de partes y piezas con un crisol donde se fabrican los bornes y las barras para la suelda de punto y de grupo. Las rejillas se transportan al área de empastado, en donde se les coloca una mezcla cuya base es el óxido de plomo y se le concede a cada placa una polaridad definida, éste proceso necesita de un subproceso que se lo realiza en la oxidadora donde se saca el plomo particulado el cual se obtiene de los lingotes de plomo puro y éste va a ser la materia prima para del empastado; posterior a esto se las envía al área de secado y curado donde se fija el empastado a la placa, por ser un proceso manual hay algunas imperfecciones y es necesario llevar las placas al área de limado, donde se pulen los bordes o imperfecciones residuales del proceso anterior.

Las placas listas pasan al área de ensobrado, donde son colocadas dependiendo de su polaridad en un sobre de aislamiento semipermeable, posterior a esto se coloca las placas alternando su polaridad dentro de las cajas y pasan al área de suelda de grupo donde se unen las placas unas con otras dependiendo de la polaridad. Después pasan a suelda de punto donde se suelda los bornes y quedan listas las baterías para ser selladas, son llevadas al área de sellado térmico donde se colocan las tapas de las cajas. Una vez selladas se las transporta al área de suelda de borne donde el borne de la batería es conformado según su polaridad, culminado este proceso son llevadas al área de carga y acabado donde se las llena con electrolito y se ponen en agua para enfriarlas, con el electrolito ya estabilizado se les coloca las tapas en los compartimentos, se procede a cargarlas, una vez cargadas pasan a etiquetado y son llevadas para almacenarse en bodega.

La composición del plomo utilizado depende de los requerimientos del proceso en donde sea requerido, así tenemos: plomo refinado (99.98%), plomo con aleación del 1.9% de antimonio, plomo-calcio y plomo con aleación del 3.5% de antimonio, utilizadas en el proceso de fabricación de oxido de plomo, rejillas, partes y piezas. Fundición y rejillado: este puesto consiste en colocar los lingotes de plomo en grandes hornos que funden a éste metal.

La Fábrica de Baterías por lo antes descrito tiene varios riesgos ocupacionales, de ellos el más relevante es el riesgo químico el Plomo, la materia prima para fabricar las baterías los trabajadores del área de producción se encuentran expuestos directamente y se han reportado niveles de plomo en sangre que sobrepasan el BEI que establece la ACGIH

(30µg/dL) en más de 70% de los trabajadores de dicha área, creando la necesidad de implementar medidas preventivas y correctivas eficaces durante un periodo de tiempo y surge la siguiente inquietud: ¿Existe relación entre las medidas asumidas en el periodo de junio 2014 a junio 2105 y la disminución de los niveles de plomo en sangre de los trabajadores del área de producción de una Fábrica de Baterías.

El presente trabajo busca demostrar la relación de los niveles de plomo en sangre con las medidas asumidas durante un periodo de tiempo, determinando el nivel de eficacia de las mismas y analizando la capacidad de adaptación por parte del personal. Una vez valorada el nivel de eficacia y repuesta del personal se establecerá, si así fuera el caso, las mejoras requeridas, para lograr la disminución de los niveles de plomo en sangre hasta el BEI establecido por la ACGIH.

1.1.1 Planteamiento del Problema

Debido a la presencia de plomo en polvo y aerosoles, los niveles de plomo en sangre del personal del área de producción de la Fábrica de Baterías han sobrepasado el máximo permitido de acuerdo con Norma de Salud y Seguridad para la Exposición Laboral al Plomo de Riesgos del Trabajo del IESS (30 mg/dl) y los dictados por la ACGIH (30mg/dl), y con ello aparece la necesidad de mejorar el proceso, la condiciones de ventilación, los equipos de protección personal y promover estilos de vida saludable, con el fin de cumplir la normas y evitar deterioro de la salud.

1.1.1.1 Diagnóstico del problema.

La Fábrica de Baterías del estudio, desde el año 1998, con el fin de dar un vigoroso impulso a la producción nacional enfoca sus esfuerzos en crear grandes avances tecnológicos en la fabricación de baterías automotrices, sin embargo algunos procesos que se tienen aún son de manufactura, teniendo como resultado un contacto directo con el plomo en sus diferentes formas, por tal razón, es importante establecer cuáles son la medidas preventivas y correctivas más eficaces para la disminución de la plumbemia de los trabajadores del área de producción, ya que, en los años pasados las mediciones biológicas han reportado niveles de plumbemia sobre el valor protector de acuerdo con la ACGIH (30 µg/dl).

Al ser el plomo la materia prima que utiliza la Fábrica de Baterías utiliza, los trabajadores del área de producción están expuestos a este riesgo químico, por lo que, la empresa en pro de la salud ha implementado ventilación y uso estricto de máscaras con filtros específicos, pero, estas medidas no son suficientes, ya que, en las mediciones biológicas se encontraron niveles de plomo en sangre que sobrepasen el valor de seguridad permitido en el 71% de la población expuesta, por ello nace la necesidad de asumir nuevas medidas preventivas y correctivas, con el fin de disminuir este porcentaje.

1.1.1.2 Pronóstico

La Fábrica de Baterías, tienen como mayor riesgo para los trabajadores del área de producción la exposición a plomo (riesgo químico), dicho riesgo se encuentra en continuo control tanto técnico como médico, por lo que, el área medica tiene como objetivos, implementar medidas preventivas eficaces, desarrollar una conciencia preventiva promoviendo estilos de vida saludable y evitar enfermedades ocupacionales. Al no asumir estas medidas los niveles de plomo en sangre podrían aumentar a tal punto que afectarían la

salud de los colaboradores presentando el cuadro más grave como es el saturnismo por intoxicación por plomo y deberán ser notificados como enfermedades ocupacionales.

Esto afecta la productividad de la empresa, ya que, los trabajadores tendrían que ausentarse por uno o más días de trabajo para acceder a rehabilitaciones o a cualquier tipo de tratamiento. Además, que esto también es causa de alerta para las autoridades y entes de control, al evidenciar que la empresa reporta varias sospechas de enfermedades ocupacionales por intoxicación al plomo, causando así, multas que podrían llegar al cese de las actividades.

1.1.1.3 Control del Pronóstico

Para un óptimo control del nivel de plomo en sangre de los trabajadores del área de producción de la fábrica de baterías, ha mejorado el sistema de ventilación con el cual se trabaja actualmente con el fin de optimizar el proceso de absorción del plomo y demás contaminantes presentes, realiza el cambio de mascarillas con el fin de una mejor adaptación al equipo de protección personal, incrementa inspecciones que regulen el uso adecuado de equipos de protección personal, realiza cambios de puesto y se proyecta implementar medidas higiénico dietéticas específicas para la remoción o eliminación de metales pesados (plomo), tales como, ingesta de infusiones de plantas diuréticas (cola de caballo), ejercicio periódico (bailoterapia mínimo 3 días a la semana 45 minutos al día), administración de 2 gramos de vitamina C, promoción de hábitos saludables como disminución de consumo de alcohol y tabaco, medidas que permitan llegar a los límites permitidos para que los niveles de plomo en sangre no causen daños a la salud.

1.1.2 Objetivo General.

Investigar el nivel de plomo en sangre de los trabajadores del área de producción de una Fábrica de Baterías.

1.1.3 Objetivos Específicos.

- Identificar medidas eficaces que promuevan la disminución del plomo en sangre de trabajadores del área de producción de la Fábrica de Baterías.
- Proponer un programa de vigilancia de la salud específico para la exposición al factor de riesgo químico referente al plomo que permita disminuir morbilidad y la probabilidad de enfermedades ocupacionales.

1.1.4 Justificaciones.

El plomo metálico y sus compuestos orgánico e inorgánico, constituyen el factor de riesgo químico para la salud de los trabajadores más conocido desde la antigüedad; esto se debe fundamentalmente a la amplia variedad de aplicaciones en la vida humana, sobre todo en los procesos industriales donde su uso es extenso. Además, el conocimiento que se tiene sobre sus efectos tóxicos por exposición ambiental y en especial la exposición ocupacional, es amplio tanto a corto como a mediano y largo plazo. Todo ello incluye al plomo como uno de los principales factores de riesgo ocupacional a identificar, evaluar, controlar y prevenir en los puestos de trabajo.

El envenenamiento por plomo, por lo general, es una enfermedad crónica, debido a exposición prolongada de plomo, el curso de la cual puede o no puede ser interrumpido por episodios agudos sintomáticos. Los signos y síntomas clínicos de intoxicación por plomo son inespecíficos; por lo tanto, una medición de plomo, preferiblemente una medición de plomo en la sangre venosa, es esencial para diagnóstico. El plomo inorgánico es absorbido tanto por vía respiratoria como tracto gastrointestinal. El plomo inorgánico no se absorbe a través de la piel. Estudios anteriores muestran que 40 a 50 % de pequeñas partículas de plomo son absorbidas y retenidas los pulmones. (Jennifer A. Lowry, 2010)

Se calcula que la producción del plomo sobrepasa los cuatro millones de toneladas al año en el mundo, correspondiendo a Latinoamérica un 15% de esta cifra. Se importa o se obtiene a partir del reciclaje de baterías o acumuladores eléctricos; actividad que generalmente se realiza en forma artesanal, y por la cual los trabajadores pueden estar expuestos a niveles considerables de plomo. (John J. Valbuena P. M. D., 2001)

Los trabajadores de las industrias de la fundición, refinación y manufactura presentan las exposiciones ocupacionales al plomo más altas y prolongadas (ATSDR 2005), tal es el caso de las Fabricas de Baterías.

Por esta razón, la Fábrica de Baterías dentro de su Programa de Vigilancia de la Salud, realiza controles biológicos periódicos y durante varios años, que han reportado niveles elevados de plomo en sangre en los trabajadores del área de producción, por lo que, se han realizado mediciones e implementado varias acciones correctivas que incluyen

implementación del sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, y así, busca las acciones preventivas y correctivas más eficaces para disminuir la plumbemia.

Al finalizar esta investigación, la Fábrica de Baterías podrá conocer cuáles son las medidas preventivas y correctivas eficaces requeridas para disminuir los niveles de plomo en sangre del personal expuesto.

1.2 Marco Teórico.

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema

El plomo es un metal pesado de color azulado, flexible, que se funde con facilidad a 327,4°C y hierve a 1725°C. Se obtiene por fundición o refinamiento de las minas o, secundariamente, por el reciclamiento de materiales de desecho que contengan plomo (por ejemplo, baterías de automóviles, aditivos en la gasolina, revestimiento de cables, materiales para la producción de tuberías, cisternas, fabricación de pigmentos para pinturas y barnices, fabricación de cristales, esmaltado de cerámica, litargirio, soldadura de latas y antisépticos).

Al ser el plomo un elemento ampliamente utilizado por la humanidad en diferentes actividades; se calcula que su producción sobrepasa los cuatro millones de toneladas al año en el mundo, correspondiendo a Latinoamérica un 15% de esta cifra. Se importa o se obtiene a partir del reciclaje de baterías o acumuladores eléctricos. (John J. Valbuena P. M. D., 2001)

El plomo reconoce al reciclaje y fabricación secundaria de baterías como una de las actividades que causa mayor contaminación laboral y ambiental. A altas temperaturas, el plomo emite vapores tóxicos, por lo que los soldadores que utilicen sopletes oxiacetilénicos y oxhídricos podrán tener exposición a este metal. Asimismo, en las fundiciones en que se utiliza chatarra de plomo como materia prima, los trabajadores que alimentan los hornos y lo descargan están expuestos a humos y polvos finos que contienen plomo, y poseen igualmente este factor de riesgo en todas las fases tecnológicas. (Gómez-Yepes, 2013)

En exposición ocupacional, la toxicología del plomo es conocida: sus vapores y humos que llegan al pulmón son absorbidos en un 50%. La sangre distribuye este metal a todo el organismo, donde puede lesionar órganos blandos, como el sistema nervioso central y periférico. Pero el daño más temprano y ostensible lo causa en la sangre, al interferir la síntesis de globulina en el hematíe, bloqueando la fijación del hierro a la protoporfirina IX, en la formación del núcleo hem. Esto condiciona que la protoporfirina IX se una al zinc y forme zinc protoporfirina (ZPP), que aumenta su concentración en el hematíe. El resultado final de este daño es la anemia normocítica e hipocrómica, con aumento secundario del hierro sérico. Finalmente, el plomo es excretado en 75% por los riñones, a los que también puede lesionar. El plomo es un neurotóxico muy peligroso para el desarrollo embrionario del cerebro y de allí el riesgo de embarazo en mujeres de edad fértil expuestas. (Ramírez, 2008)

Para el monitoreo biológico en exposición ocupacional, se usa como indicador el plomo en sangre (Pb-S), por reflejar con fidelidad sus concentraciones medias en los compartimentos de recambio. Sin embargo, existen otros indicadores biológicos de exposición (BEIs): en sangre, hemoglobina, en hematíes, zinc-protoporfirina y actividad de la dehidratasa del ácido Δ amino-levulínico (ALA Δ - D); en orina, la excreción de ácido Δ amino-levulínico (ALA Δ), etc. En la práctica diaria, el indicador más usado es el plomo sanguíneo y los otros quedan reservados para solucionar dificultad diagnóstica, diagnóstico diferencial o valoración de daño bioquímico. (Ramírez, 2008)

Durante muchos años se creyó que quienes no morían durante la intoxicación aguda no tenían efectos adversos a largo plazo, pero en la década de los setenta se evidenció que los niños con antecedente de intoxicación por plomo podían presentar un menor coeficiente intelectual.

En Estados Unidos, durante los años setenta, las dos fuentes más usuales de exposición al plomo fueron el aerotransportado (por la combustión de la gasolina) y el proveniente de la viruta de pintura con plomo. Tras la prohibición gubernamental de liberar la gasolina, la pintura y las emisiones de humo de chimeneas industriales, hubo un franco descenso en las concentraciones promedio poblacionales. (Moreno, 2012)

En Colombia solo hasta 1995 se adoptó la política de gasolina ecológica libre de plomo, luego de acoger la iniciativa latinoamericana propuesta en la Primera Cumbre de las Américas. Sin embargo, en el país se posee poca información sobre las cantidades basales

de plomo que presenta la población general; pero algunos estudios han mostrado que esta intoxicación ocurre hasta en el 35% de quienes trabajan en fábricas de baterías y en el 14,6% de los que trabajan en fundición, imprentas y cerámica. (Moreno, 2012)

El plomo se absorbe por inhalación o por ingestión; la absorción cutánea tiene importancia cuando hay contacto con sus compuestos orgánicos. Una vez absorbido, el plomo no se distribuye en forma homogénea en el organismo, hay una absorción rápida en la sangre y en los tejidos blandos, seguida de una redistribución lenta a los huesos; produce, además, lesiones en varios órganos y sistemas, siendo los más afectados el sistema nervioso central y periférico, el sistema hepático, el renal, el hematopoyético y el gastrointestinal. (John J. Valbuena P. M. D., 2001)

El plomo absorbido se transporta por la sangre y una vez allí establece un rápido equilibrio entre eritrocitos y plasma, se distribuye en diversos órganos y tejidos, y se deposita principalmente en los huesos. El plomo interfiere en la síntesis de globulina en los eritrocitos, bloquea la ferroquelatasa impidiendo la unión del hierro a la protoporfirina IX para formar el grupo hemo, por lo que la protoporfirina IX se une al zinc, y forma la protoporfirina zinc (PPz), lo cual incrementa la concentración de dicha metaloporfirina dentro del glóbulo rojo y disminuye la de la hemoglobina, hecho que produce anemia normocítica e hipocrómica y aumento en la concentración de hierro sérico. (Cárdenas-Bustamante O, 2001)

La Administración para la Salud y la Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un PEL (ejecutable) para el plomo en el lugar de trabajo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promediado sobre una jornada de 8-horas de trabajo, para trabajadores de la industria general.

La OSHA ordena que los trabajadores expuestos a concentraciones en aire de más de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por más de 30 días al año, se realicen de manera periódica exámenes para determinar el nivel de plomo en sangre. De encontrarse un trabajador con niveles de plomo en sangre mayores a 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$, éste debe ser notificado por escrito y provisto de una revisión médica. De encontrarse un trabajador con niveles de plomo en sangre de 60 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (en un solo examen, o bien si alcanza a tener promedios de 50 $\mu\text{g}/\text{dL}$ o más en tres o más exámenes), su empleador está obligado a remover al trabajador de la exposición excesiva, respetando su paga y su antigüedad, hasta que sus niveles de plomo en sangre estén por debajo de los 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$.

La Norma de Salud y Seguridad para la Exposición Laboral al Plomo de Riesgos del Trabajo del IESS y la ACGIH, definen los valores límite umbral (threshold level value, TLV) que se consideran como guía o referencia para proteger la salud de los trabajadores expuestos. Para el plomo, el valor dado en 1998 es de 0,05 mg Pb/ m^3 de aire; el índice de exposición biológico (BEI) para plomo es de 30 μg Pb/ dL de sangre.

Los síntomas de la intoxicación por plomo fueron descritos por primera vez por Greek y Nikander en el siglo II d.C.; sin embargo, los efectos nocivos del plomo en

trabajadores y niños se describieron por primera vez en el siglo XIX. Hacia 1920 aparecieron los primeros estudios que narraban los daños de dosis acumulativas de plomo, principalmente en el sistema nervioso.

En todos los casos que se sospeche intoxicación de plomo la primera etapa del tratamiento es retirarlo de la exposición, ello puede significar alejarlos del sitio de trabajo si las condiciones de higiene son de tal índole que la exposición secundaria es importante. La necesidad de terapéutica de quelación depende de la intensidad y duración de la exposición así como los síntomas y signos.

Para las personas que han trabajado mucho tiempo con plomo, el tratamiento de elección es aun alejarlos de la exposición, en tanto que la quelación se deja para aquellos casos que presenten manifestaciones graves. Por lo general los síntomas relacionados con el plomo gradualmente irán mejorando gradualmente después de suprimir la exposición y reducir las concentraciones sanguíneas, de persistir o empeorar deberán realizarse diagnósticos diferenciales.

Los agentes quelantes son sobre todo, el edetato calcico disodico (EDTA), el dimercaprol, la penicilamina y el succimero. La prueba de movilización del plomo consiste en la administración de una dosis calculada de agente quelante, por lo general edetato, la cual induce una diuresis de plomo que se compara entonces con una dosis de quelante, todo ello para determinar el tamaño de depósito de plomo susceptible de quelacion. La prueba es positiva cuando secreta 0.5 μ g/ 1 mg de agente quelante administrado.

Un estudio realizado para evaluar los efectos de los quelantes antioxidantes en un grupo de trabajadores expuestos al plomo, se les administraba 2 gramos de vitamina C y 60 mg de Zinc al día, durante 24 semanas, la reducción de la plumbemia fue significativa, además es probable que la Vitamina C y el Zinc tengan efectos terapéuticos protectores contra el plomo absorbido o movilice el plomo del cuerpo para ser excretado. La reducción de la plumbemia obtenidos en este estudio es notable y sea una opción para trabajadores que hacen baterías y están expuestos. (Rhoda Papaioannou)

EL PLOMO Y SUS ANTECEDENTES

El plomo es un elemento químico de la tabla periódica, cuyo símbolo es Pb (del latín plumbum) y su número atómico es 82 según la tabla actual. Este químico no lo reconocía como un elemento metálico común por su gran elasticidad molecular. Cabe destacar que la elasticidad de este elemento depende de la temperatura ambiente, la cual distiende sus átomos, o los extiende. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública.

El plomo se usa en más de 100 industrias, sus condiciones de ductilidad y maleabilidad han hecho que este metal haya sido utilizado por el hombre desde la más remota antigüedad y se utiliza tanto en forma sólida como líquida, generando polvo, humos

o vapores, según se realicen unas operaciones u otras. Sus efectos nocivos para la salud ocupacional han sido reconocidos desde la antigüedad, Hipócrates en el siglo V antes de Cristo describe el cólico saturnino como síntoma de la toxicidad del plomo, hay también referencias a la intoxicación por el plomo en el antiguo Egipto, 4.000 años antes de la era cristiana; y en la actualidad ésta problemática se mantiene.

Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje. (Organización Mundial de la Salud, 2014)

Fuentes que lo citan como sustancia peligrosa

El plomo figura en la lista de las sustancias peligrosas (Hazardous Substance List) del Derecho a Saber, y ha sido citada por los siguientes organismos: OSHA, ACGIH, DOT, NIOSH, NTP, DEP, IARC, IRIS Y EPA.

Historia

El plomo es un metal de unas características únicas, que le hacen ser muy apreciado, cunado no insustituible, para ciertas aplicaciones. Se puede afirmar que la historia de la Humanidad está bastante ligada al descubrimiento y desarrollo de las aplicaciones de este metal.

Los alquimistas asociaron el plomo con Saturno, y lo representaron con el mismo símbolo que este planeta: una guadaña; recordemos que el gran sueño de los alquimistas (la “Gran Obra”) era la transmutación de los metales “innobles” y corrientes, entre ellos el plomo, en un metal “noble” como es el oro. El actual símbolo químico del plomo es Pb, deriva del nombre latino “plumbum”.

Su utilidad es conocida desde la antigüedad la civilización egipcia ya lo utilizaba, alrededor de loa años 5000-7000 a. J:C:, para vitrificar vasos. Durante la época romana se empleaba para las conducciones de agua y fabricación de numerosos objetos, y en la Edad Media en la construcción de edificios. Pero fue a partir de finales de siglo XIX, gracias al descubrimiento de sus propiedades, cuando se extendió su uso en las industrias.

Desde hace varios siglos también son conocidas sus propiedades como metal toxico. La intoxicación por plomo ha sido reconocida desde hace más de 2000 años, aunque el auge del conocimiento de sus efectos sobre la salud se alcanza a partir del siglo XIX y XX en que aumenta su uso industrial.

Desde 1700 años antes de Cristo, en el papiro de Edwin Smith se hace referencia a las intoxicaciones por plomo. Hipócrates lo menciona en su obra como el “cólico del plomo” y Ramazón, padre de la medicina laboral, hace una completa descripción del cuadro clínico de la intoxicación con este metal, en su obra “La enfermedad de los obreros”. Se ha afirmado que la fertilidad y la vitalidad de los romanos decayeron por la contaminación con el plomo de sus vajillas. Estudios realizados al respecto afirman que el consumo de vino contaminado con plomo fue posiblemente la causa de saturnismo entre griegos (Corbella 1998).

Ya en el siglo II d. J:C., el médico y poeta griego Nicandro describió algunos efectos adversos de la exposición al carbonato de plomo (Landrigan, 1990; Miller et al.,1990). El padre de la moderna medicina laboral, Bernardino Ramazzini (1663-1714), en su obra “De Morbis Articum Diatriba” (1713), ya describe la enfermedad profesional de los pintores que fabrican o emplean pinturas con plomo (Landrigan, 1990).

Y sin necesidad de ir demasiado lejos, un médico catalán, Vicente Mitjavila y Fisonell (1759-1805), publicó en Barcelona en 1791 un libro pionero en muchos aspectos con un título bastante sugerente: “De los Daños que Causan al cuerpo Humano las Preparaciones de Plomo, ya Administradas como Medicina, ya Mezcladas Fraudulentamente con los Alimentos de Primera Necesidad”, donde además de repasar algunas observaciones anteriores sobre los efectos del plomo –algunas de ellas todavía perfectamente vigentes y con recomendaciones muy acertadas-.

En el siglo pasado se comprobó que este mal es el responsable de las lesiones neurológicas en personas expuestas a él y que la intoxicación puede ocasionarse por contacto, bien vía oral o por vía inhalatoria. En 1840, Burton describió la línea grisácea que se presenta en la mucosa gingival o sea en la que cubre la raíz de los dientes, en los pacientes intoxicados y desde entonces se ha conocido como ribete de Burton.

Toxico-cinética del plomo

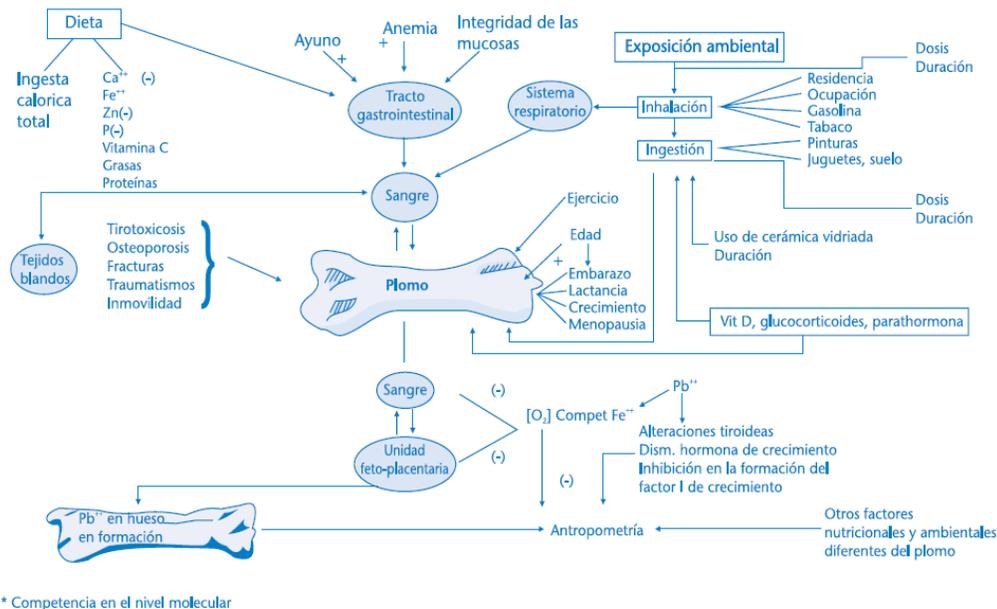
El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio ó ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía.

Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa ó inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50 % mientras que en el adulto es de 10%³. Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones

como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. (Infantas, 2005)

El plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica. Finalmente se excretará por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. Hay que recordar que en el hueso está depositado el 90% del plomo y que una disminución de la plumbemia sin quelación indica esta distribución a tejido blando y hueso. (Infantas, 2005)

Figura 1. Modelo biológico del plomo.



Fuente: (Tomado de Sanin, Helena y cols. Acumulación de plomo en huesos y sus efectos para la salud. Salud Pública Mex 1998; 40:359-368)

Mecanismo de acción

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas:

a) Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.

b) Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.

c) Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.

d) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular.

Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. Por otro lado, el plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la δ aminolevulínico deshidratasa, coproporfinógeno oxidasa y la ferroquelatasa; siendo el resultado final, el aumento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina(ZPP) y la anemia. (Infantas, 2005)

A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios

más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de Fanconi, con aminoaciduria, glucosuria, e hipofosfatemia, sobretodo en aquellos con plumbemias altas.

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como explicamos previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal.

El plomo depositado en el hueso es importante por tres razones:

- a) En el hueso se realiza la medición más significativa de exposición acumulada al plomo. Actualmente en EEUU y México se usa los rayos X fluorescentes que permiten la medición de plomo en el hueso (tibia), como un indicador de exposición y acumulación, en muchos casos ayuda más que una plumbemia y/o una ZPP, la concentración de plomo en la tibia correlaciona muy bien con la exposición acumulativa al plomo, es un método no invasivo e indoloro que por su alto costo sólo se usa con fines de investigación.
- b) El hueso es reservorio del plomo (95% del plomo corporal total está en el tejido óseo) y puede aumentar en sangre cuando existan procesos

fisiológicos ó patológicos que provoquen resorción ósea como embarazo, lactancia, hipertiroidismo, inmovilización, sepsis, etc.

- c) También es órgano blanco, ya que el plomo altera el desarrollo óseo. (Infantas, 2005)

Fuentes Contaminantes

Las fuentes contaminantes de tipo ocupacional incluyen: la industria metalúrgica, las fabricas de acumuladores o baterías; las de pinturas, muy especialmente las anticorrosivas; las industria del vidrio; la decoración de cerámicas; fabricación de licores en alambiques no apropiados; la industria de petróleo y la adición de tetraetilplomo; la industria velica a los residuos dejados por las armas de fuego en los campos de tiro; los juguetes de plomo, conocidos entre nosotros como “soldaditos de plomo” ; la utilización frecuente de maquillajes con sales de plomo, en el personal de teatros y circos; imprenta y municiones, productos de acero y tuberías de plomo. Cuando se utiliza tuberías metálicas como antenas de tierra, y estas conducen agua, las descargas eléctricas desprenden iones plúmbicos.

Es importante prestar atención sobre el tema de las fábricas de baterías, pues son en nuestro medio un problema de capital importancia en cuanto a la contaminación por plomo se refiere, no solo en el aspecto directo del contacto, sino también en la periferia de la industria. Igualmente, conexo con estas, observamos gran incidencia de saturnismo en las factorías dedicadas al reciclaje de baterías. Es frecuente ver saturnismo en obreros de

fábricas por falta de ambiente adecuado y de higiene. Igualmente es frecuente encontrar contaminación de otras personas por elementos relacionados con recipientes para agua o alimento, y la falta de precaución con los desechos de las baterías, los cuales son arrojados a lugares inadecuados.

Daños que causa el plomo en el organismo

El plomo en el hombre puede tener una amplia variedad de efectos en la salud según el nivel y duración de la exposición, sobre todo en el sistema nervioso central y periférico. Además, se plantea que la exposición al mismo puede provocar desórdenes en la fertilidad masculina, incidiendo en la calidad de los espermatozoides. Se reporta adicionalmente que el plomo puede estar asociado con el cáncer específico en el sistema nervioso central, daños en tejidos blandos como el hígado, riñones, pulmones, cerebro, el bazo, los músculos y el corazón antes de pasar a huesos y dientes donde permanece por décadas. (Gómez-Yepes, 2013)

Daño al Corazón y Sistema Circulatorio

El plomo se adhiere a los glóbulos rojos, evitando que transporten oxígeno. Daña los glóbulos rojos. Reduce la capacidad de producir nuevos glóbulos rojos. Puede causar hipertensión.

Daño a los Riñones

El 65% del plomo en la sangre contaminada se filtra en los riñones. El plomo puede dañar los riñones. Es frecuente detectar el daño cuando es demasiado tarde. Puede causar colapso del riñón.

Daño al sistema nervioso

Es el sistema más afectado por el plomo. El daño puede ser permanente. El plomo daña el cerebro destruyendo las células del cerebro. El daño se manifiesta como depresión, irritabilidad, olvido, torpeza, incapacidad para aprender. Una alta exposición provoca alucinaciones, coma y finalmente muerte.

Daño al tejido Óseo

El plomo de la sangre se almacena en los huesos. Evita la liberación de calcio de la sangre, ocasionando una descalcificación de los huesos. Bloquea la producción de nuevas células sanguíneas. Los huesos y dientes almacenan el 95% del plomo que ingreso al cuerpo. Permanece hasta 30 años en el tejido óseo

Daño del embarazo y la salud reproductiva femenina

El plomo disminuye la fertilidad. Afecta el ciclo menstrual y la menopausia. Durante el embarazo, el cuerpo absorbe el plomo con más rapidez al flujo sanguíneo (50%

del plomo inhalado/ingerido). El plomo ataca al feto a través de la placenta. Causa daño cerebral al feto. Causa aborto o nacimiento prematuro

Daño el sistema reproductor masculino

Disminuye la libido. Infertilidad. Daños en el semen, motilidad disminuida. Aumenta la probabilidad de aborto del bebe concebido, que el bebé nazca prematuramente o de que el bebé tenga defectos de nacimiento.

Daño a los niños

Pequeñas cantidades de plomo son peligrosas por el bajo peso de los niños. Niños que gatean (1-3 años) están en riesgo pues se llevan objetos a la boca. Afecta la capacidad de aprendizaje. Disminuye el desarrollo muscular y óseo. Causa problemas de coordinación. Causa problemas de habla y lenguaje.

Efectos en adultos de acuerdo al nivel de envenenamiento de plomo

El plomo no es un elemento esencial para el organismo, y los valores permisibles deben ser menores a $10 \mu\text{g/dL}$. Estudios afirman que el plomo en la sangre puede causar daños a niveles por debajo de $10 \mu\text{g/dL}$. El plomo es peligroso porque se acumula en el cuerpo. Puede permanecer ahí durante muchos años. Es difícil decir exactamente lo que ocurre a su cuerpo con niveles específicos de plomo, porque cada persona es diferente. Las

distintas personas tienen reacciones diferentes al plomo de sus cuerpos. Usted podría no saber que el plomo está causándole daño a su cuerpo. Algunas personas ni siquiera saben que tienen problemas de envenenamiento por plomo cuando los niveles de plomo en su sangre son de 60 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Otras muestran síntomas claros de envenenamiento por plomo a 30 $\mu\text{g}/\text{dL}$. 15 $\mu\text{g}/\text{dL}$.

La toxicidad aguda se presenta luego de una exposición respiratoria a altas concentraciones, con encefalopatía, insuficiencia renal y síntomas gastrointestinales. La toxicidad crónica es la más frecuente y se manifiesta con compromiso multisistémico: hematopoyético, del sistema nervioso, gastrointestinal, riñón y sistema reproductor.

Los pacientes acuden a los servicios de salud por dolor abdominal, astenia, cefalea, irritabilidad, dificultad en la concentración y constipación, entre otros. El dolor abdominal o «cólico saturnínico» se caracteriza por ataques de dolor con defensa abdominal, de hecho algunos pacientes han sido operados con diagnóstico de abdomen agudo, el dolor puede ceder con la presión del abdomen. Algunos pacientes con mala higiene oral pueden tener el Ribete de Burton ó línea de sulfuro que consiste en una línea oscura entre la base del diente y la encía, debido a que el sulfuro liberado por las bacterias se une al plomo: sulfuro de plomo.

Los trabajadores expuestos por mucho tiempo y sin medidas de protección personal pueden presentarse con una polineuropatía periférica, que afecta predominantemente los miembros superiores, los músculos extensores que los flexores y más el lado dominante, lo

que se ha dado en llamar la «mano del pintor» porque se presentaba en estos trabajadores por el uso de pinturas con alto contenido de plomo. La encefalopatía plúmbica caracterizada por trastorno del sensorio y convulsiones se presenta en pacientes con plomo en sangre mayor de 100 mg/dL.

Figura 2. Polineuropatía plúmbica



Fuente: Krantz y Dorevich. Metal Exposure and Common Chronic Diseases: A Guide for the Clinician. Dis Month 2004; 50:15-262

Pruebas para determinar la presencia de plomo en el cuerpo

Actualmente, los laboratorios evalúan la exposición al plomo principalmente a través de la determinación de las concentraciones de plomo en la sangre entera. A pesar de que la exposición al plomo también se puede detectar en otros tejidos y líquidos corporales, como el pelo, los dientes, el hueso y la orina, las determinaciones de la concentración de plomo en la sangre entera han ganado amplia aceptación como el más útil para la detección sistemática y las pruebas diagnósticas. En los niños muy pequeños, el nivel de plomo en la sangre entera es principalmente un indicador de exposición reciente, aunque una parte

variable (pero no dominante) de la concentración total de plomo en la sangre puede provenir de la acumulación de plomo en el organismo en el pasado. En los adultos, particularmente en los trabajadores expuestos, la acumulación de plomo en el organismo en el pasado puede ser un factor más determinante de las concentraciones totales de plomo en la sangre. (Organización Mundial de la Salud, 2013)

Antes de la primera exposición y en adelante a intervalos de cada seis meses, la OSHA exige al empleador que le ofrezca a toda persona expuesta a 30 microgramos o más de plomo por metro cubico de aire Determinación de plomo en la sangre. (Plumbemias) Protoporfirina de zinc ZPP (prueba específica para determinar los efectos del plomo sobre los glóbulos sanguíneos). Si el nivel de plomo en la sangre es superior a 30 microgramos por 100 gramos de sangre total (30 microgramos por decilitro), la ACGIH exige el control trimestral del plomo en sangre total.

Tabla 1. Monitoreo Biológico.

INDICADOR	I	II	III	IV
Pb Sangre µg/dL	< 30	30 - 40	41 - 70	> 70
ALA-U µg/L	< 5	5 - 6	7 - 18	> 18
Zinc protoporfirina µg/dL	< 30	30 - 110	110 - 170	> 170
CONTROL INDIVIDUAL	Semestral	Trimestral	Retirar de la exposición hasta que su nivel sea inferior a 40	Retirar de la exposición hasta que su nivel sea inferior a 40
CONTROL AMBIENTAL	Ninguno	Control Ambiental	Mejora Tecnológica y ambiental	Mejora Tecnológica y ambiental

Fuente: Norma de Salud y Seguridad para la Exposición de Laboral de Plomo.

Métodos analíticos disponibles

Existen diferentes métodos de laboratorio para determinar las concentraciones de plomo en la sangre. Los más comunes son la espectrometría de absorción atómica, la voltamperometría de redisolución anódica y la espectrometría de masa con fuente de plasma de acoplamiento inductivo. Además, hay un dispositivo portátil, fácil de usar, que emplea la tecnología de la voltamperometría de redisolución anódica para realizar determinaciones de plomo en la sangre en el lugar de consulta. Estos métodos difieren considerablemente en términos de capacidad analítica (límites de detección, precisión), costos (costos de adquisición y mantenimiento, infraestructura requerida en el laboratorio, reactivos e insumos) y requisitos técnicos (preparación de la muestra, calibración, personal capacitado). Estos factores, junto con las condiciones generales y los recursos del laboratorio, influirán en la elección de uno u otro método. (Organización Mundial de la Salud, 2013)

El límite de detección requerido es un elemento importante a tomar en cuenta. En muchos países el límite para considerar de importancia clínica las concentraciones de plomo en la sangre se ha ido reduciendo progresivamente. Esto sucede porque indicios cada vez más numerosos sugieren que es probable que no haya un umbral de concentración de plomo en la sangre por debajo del cual no se producen efectos adversos para la salud. Además, las medidas de salud pública adoptadas en algunos países han tenido éxito y logrado disminuir la media de las concentraciones de plomo en la sangre en la población. Un ejemplo se observa en los Estados Unidos, donde la media geométrica de la

concentración de plomo en la sangre en la población ha disminuido de 15–17 $\mu\text{g}/\text{dl}$ a mediados de la década de 1970 al valor actual inferior a 2 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Estos dos elementos han aumentado el interés por detectar concentraciones cada vez más bajas de plomo en la sangre y crearon la necesidad de contar con métodos analíticos más sensibles. En situaciones en las que las concentraciones de plomo en la sangre de la población o de una subpoblación siguen siendo elevadas, podrían seguir siendo útiles algunas tecnologías más antiguas con límites de detección más altos. (Organización Mundial de la Salud, 2013)

La espectrometría de absorción atómica se basa en el principio de que los átomos libres absorben la luz a longitudes de onda características del elemento que se desea estudiar. La cantidad de luz absorbida se correlaciona linealmente con la concentración del analito en la muestra. Para realizar una determinación mediante espectrometría de absorción atómica, la muestra que contiene plomo se debe primero procesar para generar átomos en estado fundamental en forma de vapor en la trayectoria del haz luminoso del instrumento. Este proceso, llamado atomización, se puede realizar mediante una llama (espectrometría de absorción atómica por llama) o una fuente electrotérmica, la mayoría de las veces un horno de grafito (espectrometría de absorción atómica por horno de grafito). A pesar de que los principios de las espectrometrías de absorción atómica por llama y por horno de grafito son similares, estos métodos difieren mucho en su aplicación a la determinación directa del plomo en la sangre (por ejemplo, en cuanto a los límites de detección, el tamaño o la preparación de la muestra). (Organización Mundial de la Salud, 2013).

La espectrometría de absorción atómica por horno de grafito utiliza un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000 °C, antes de su detección. Se pueden analizar muestras de volúmenes de 10–50 µl. Como la totalidad de la muestra se atomiza en un volumen pequeño, se obtiene una alta densidad de átomos. Esto hace que este tipo de espectrometría sea sumamente sensible. Se han desarrollado métodos que permiten medir concentraciones por debajo de 0,1 µg/dl; sin embargo, en la práctica habitual el límite de detección es de alrededor de 1–2 µg/dl. Actualmente, la espectrometría de absorción atómica por horno de grafito es uno de los métodos más utilizados para determinar las concentraciones de plomo en la sangre. La posibilidad de interferencias con este método es mayor que con la espectrometría de absorción atómica por llama. Este potencial de interferencia se ha reducido mejorando el diseño de los instrumentos y aplicando diferentes modificadores a la matriz. De todos modos, la espectrometría de absorción atómica por horno de grafito requiere personal de laboratorio capacitado para su configuración y funcionamiento correctos. (Organización Mundial de la Salud, 2013)

Prevención de la intoxicación por plomo

Una forma de reducir las posibilidades de envenenamiento por plomo es eliminar adecuadamente los peligros de las pinturas con base de plomo o de cualquier otra sustancia que lo contenga. La mitigación de la pintura con base de plomo acaba permanentemente el peligro del plomo. En ese caso, pueden usarse controles provisionales para controlar el peligro del plomo. "Provisional" significa "temporal." Según el grado del peligro del plomo,

los controles provisionales quizá no reemplacen la mitigación. Al mitigar el plomo y realizar controles provisionales, usted está ayudando a prevenir el envenenamiento por plomo.

Para estar seguro de no enfermarse

Cuando se trabaja con plomo, se corre un peligro mayor de envenenarse con plomo. Debe hacerse todo lo posible para reducir este peligro. Algunas de las cosas que puede hacer son las siguientes:

- Usar ropas y equipos de protección personal.
- Cumplir con las normas del trabajo sin peligro.
- Buen aseo personal.
- Si se contamina la ropa, quitar la ropa contaminada y ponerse ropa limpia.
- No llevar a casa la ropa contaminada.
- Realizar exámenes médicos.
- Informar cualquier signo de envenenamiento por plomo.
- Evitar el trabajo relacionado con plomo si el nivel de plomo en sangre es muy alto.
- Dieta equilibrada

Medidas preventivas y correctivas

Dentro de las medidas preventivas varios estudios recomiendan la administración de vitamina C mínimo una dosis de 2 gramos diarios, y varios estudios mencionan los beneficios del ejercicio en la eliminación de toxinas y metales pesados como el plomo.

Vitamina C

La vitamina C es una conocida vitamina hidrosoluble a la que se han atribuido múltiples efectos y aplicaciones, tanto a través de su uso tópico como sistémico. El ácido ascórbico es una lactona de un azúcar-ácido derivado del ácido gulónico que se sintetiza a partir de la glucosa. Desde el punto de vista bioquímico, la vitamina C o ácido L-ascórbico es un polvo cristalino, blanco e inodoro, muy soluble en agua y relativamente insoluble en disolventes orgánicos. En estado seco y protegido de la luz es estable durante períodos de tiempo muy prolongados. La mayor parte de los mamíferos y de las plantas sintetizan vitamina C de forma endógena a partir de la glucosa y de la galactosa. Sin embargo, los seres humanos carecen de esta capacidad. (Valdés, 2006)

La vitamina C (ácido ascórbico) es un antioxidante, que tiene capacidad de actuar como donante de electrones. Disminuye la peroxidación lipídica, los niveles de O₂, peróxido de hidrógeno y, mantiene estables los niveles de glutatión peroxidasa y vitamina E. El efecto de la Vitamina C sobre los niveles de Pb ha sido clarificado por diversos estudios que han demostrado que el ácido ascórbico disminuye la absorción intestinal de Pb,

reduciendo el hierro férrico a hierro ferroso en el duodeno, incrementando la disponibilidad de hierro, el cual compite con el Pb por la absorción intestinal. (Valdés, 2006)

En modelos animales intoxicados con plomo, la vitamina C ha demostrado “efectos protectores” sobre las anomalías musculares y nerviosas inducidas por la intoxicación con plomo. En fumadores, los niveles sanguíneos de plomo disminuyen un 81% en promedio, cuando son suplementados con 1000 mg de vitamina C, mientras que 200 son inefectivos, sugiriendo que la vitamina C en suplementos puede ser una económica y conveniente ventaja para reducir la plumbemia. (Pérez, 2015)

El plomo (Pb) es un metal no esencial, altamente tóxico que afecta a diversos órganos y tejidos. Si bien aún no se ha descrito un mecanismo único mediante el cual este metal ejerce sus efectos tóxicos, un gran número de estudios han puesto en evidencia el rol fundamental del estrés oxidativo en la intoxicación por Pb.

Los mecanismos relacionados con la toxicidad del plomo, pueden ser mitigados mediante la mejora de la disponibilidad celular de antioxidantes como las vitaminas A, E y C para interrumpir o reducir al mínimo el daño causado por los efectos del plomo. La relación entre concentraciones elevadas de plomo en sangre, estrés oxidativo y vitaminas antioxidantes ha sido estudiada por diversos investigadores en el ámbito internacional, sin embargo, en la revisión bibliográfica realizada no se encontraron estudios nacionales que asocien dichas variables. (Pérez, 2015)

Ejercicio

Un individuo puede tomar numerosas medidas para minimizar la exposición y para optimizar el metabolismo y excreción de elementos tóxicos en las heces y la orina con la dieta, los suplementos, y la terapia de quelación; sin embargo, una ruta a menudo pasado por alto de excreción de sustancias tóxicas es a través del proceso de sudoración. Sudando con calor y / o el ejercicio se ha visto a lo largo de los siglos, por grupos de todo el mundo, como la "limpieza". (Sears, 2012)

El sudor contiene metales no sólo desde el plasma sanguíneo, sino también, evidentemente, procedentes de capas dérmicas (particularmente con la exposición dérmica significativos, como para los trabajadores en la soldadura, fundición, o de fabricación de baterías).

La Sudoración ofrece potencial ayuda con la eliminación de los elementos tóxicos del cuerpo y merece consideración. Como lo elementos tóxicos están implicados en muchas enfermedades crónicas graves, se necesita investigar en pacientes con ciertas condiciones para evaluar la carga corporal y para probar la eficacia de la eliminación de la fuente, los hábitos dietéticos y suplementos, las intervenciones que inducen la sudoración, y los tratamientos con fármacos, que todos mejoran la excreción de elementos tóxicos con el objetivo de mejoría clínica. Hay una clara necesidad de ensayos consistentes, de tamaño adecuado para evaluar los resultados clínicos, de los que se pueden derivar protocolos terapéuticos. Tanto los resultados bioquímicos y clínicos deben ser examinados con el fin

de desarrollar y supervisar las intervenciones clínicas que son seguros y efectivos. (Sears, 2012)

Una investigación muestra que las personas que realizan ejercicio intenso regularmente, desintoxican más metales pesados que la población menos activa, a través de una variedad de mecanismos y sudar es una de las mejores formas de remover toxinas continuamente.

Reportes recientes de los medios han sugerido, de forma incorrecta, que ayudarle al cuerpo a desintoxicarse no es necesario y que sudar no remueve toxinas. Están equivocados. La mala noticia es que todo el mundo debe ayudar la desintoxicación natural del cuerpo con medios razonables, porque constantemente estamos expuestos abrumadoramente a metales pesados, toxinas petroquímicas y polución que imita las hormonas. La buena noticia es que si come correctamente, entrena duro y se asegura de sudar regularmente, puede mejorar significativamente el proceso de desintoxicación.

Cuando suda, el cuerpo elimina minerales, toxinas y metales pesados de la comida y la piel. Así como pierde esos beneficiosos electrolitos como el magnesio, potasio y sodio a través del sudor, también limpia su cuerpo del cadmio, plomo, mercurio, arsénico y otros metales. Todos estos metales son carcinógenos confirmados que causan fuerte daño al cuerpo, incluyendo sistemas como el nervioso central, endocrino, cardiovascular e inmunológico. La sobrecarga de tóxica afecta la función del cerebro y ha sido vinculado con un menor coeficiente intelectual y comportamiento disfuncional en niños.

Un nuevo análisis en el Journal of Environmental and Public Health revisó toda la información a la fecha relacionada con la remoción de los metales pesados arsénico, cadmio, plomo y mercurio a través del sudor. Existe abundante evidencia que estos cuatro metales son excretados cuando sudamos y en algunos casos sudar es el método más efectivo para removerlos, y no la orina.

Esto es importante porque la desintoxicación urinaria de metales pesados es compleja, genera estrés al hígado y requiere una abundancia de varios compuestos. Por ejemplo, el zinc y la vitamina E son necesarios para remover el arsénico a través de la orina. Por lo tanto, sudar fuertemente de forma regular por el ejercicio o con un sauna, puede quitar esta carga al hígado.

El beneficio de usar una práctica de sudoración intensa está apoyada en reportes que muestran que mejora la excreción de otras peligrosas toxinas como los persistentes retardadores de fuego y el BPA. Por ejemplo, la sudoración se usó para ayudar a los rescatistas de la Ciudad de Nueva York a desintoxicarse después del desastre del 9/11, cuando estuvieron expuestos a altos niveles de contaminantes y metales pesados.

Los investigadores anotan que con una mayor exposición tóxica, los mecanismos reguladores del sistema nervioso central para el calor se ven afectados, lo que genera una deficiencia de sudoración fácil. Sugieren usar una dieta de “desintoxicación”, suplementarse con nutrientes que ayudan al sistema natural de desintoxicación del cuerpo,

tomar niacina para ayudar con la vasodilatación, cepillar la piel para impulsar la excreción de toxinas y hacer ejercicio previo al sauna. Se necesita una muy buena hidratación, pero con persistencia, “los pacientes eventualmente empezarán a sudar”, que es una señal de que el sistema nervioso central está empezando a mejorar y que el cuerpo ha empezado a desintoxicarse.

Entre las conclusiones de un estudio pionero de 2011 publicado en la revista Archivos de Contaminación y Toxicología Ambiental, que exploró los efectos de los elementos tóxicos de la bio-acumulación en el cuerpo humano y su método de eliminación: "Se han encontrado elementos tóxicos en diferentes grados en la sangre, orina y sudor. Los niveles séricos de la mayoría de los metales y metaloides son comparables con los encontrados en otros estudios en la literatura científica. Muchos elementos tóxicos parecían ser excretados preferentemente a través del sudor. Supuestamente almacenado en los tejidos, algunos elementos tóxicos fácilmente identificados en el sudor de algunos participantes no fueron encontrados en su suero. La sudoración inducida parece ser un método potencial para la eliminación de muchos elementos tóxicos del cuerpo humano."

Mientras las glándulas sudoríparas tienen un papel secundario bien conocido de la excreción de agua y electrolitos, esta función generalmente no es entendida como una forma de 'desintoxicación.'

Cuando un sujeto realiza ejercicio físico, sobre todo si lo hace en una situación de temperatura elevada, se suceden los siguientes acontecimientos:

1. La temperatura corporal aumenta, en primer lugar se eleva la temperatura del núcleo corporal (los tejidos más profundos del organismo) como consecuencia del calor generado por los músculos principalmente. Este calor se propaga por conducción (contacto de tejido a tejido) y convección (transportado por la sangre) desde el núcleo interno hacia la corteza corporal (la piel). En esta situación los capilares epiteliales (que están justo bajo la piel) se dilatan para que la sangre “caliente” pueda acceder a la parte más refrigerada del cuerpo; la piel. Así pues, es la sangre la que tiene una importante función en la eliminación del calor y en la refrigeración de los tejidos corporales.

2. El primer mecanismo utilizado para perder calor en una situación de hipertermia es simplemente el contacto entre la piel y el medio exterior (Convección y radiación). El contacto entre la piel y el aire (o el agua), hace que el calor del tejido corporal se transmita hacia el exterior, siempre y cuando exista un gradiente de temperatura negativo; es decir, la temperatura ambiental sea más baja que la del cuerpo. Cuando el gradiente de temperatura es neutro o incluso positivo estos mecanismos pierden gran parte de su eficacia.

En especialidades deportivas en las que el cuerpo se desplaza a gran velocidad, estos mecanismos cobran especial importancia, como por ejemplo en el ciclismo. Cuanto mayor es la superficie corporal en relación a la masa corporal, más importancia cobran estos sistemas termorreguladores, debido a esto el cuerpo de la mujer es habitualmente más eficiente que el del hombre para perder calor por convección y radiación, y por eso suelen sudar menos.

3. Cuando el gradiente de temperatura es negativo y los sistemas de convección y radiación pierden efectividad, el organismo recurre a la sudoración. Gracias a este sistema la piel se refrigera al evaporarse el sudor.

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica

La necesidad de evaluar la eficacia de diferentes medidas correctivas y preventivas, y que a la final están relacionados en varios aspectos del trabajo cotidiano de muchos trabajadores expuestos, pone interés en las medidas higiénico dietéticas, siendo estas de bajo costo brindan ayuda para disminuir los niveles de plomo en sangre. Es así que conociendo la problemática actual, se adopta la teoría de que las medidas higiénico dietéticas son útiles para disminuir y prevenir enfermedades ocupacionales por exposición al plomo, dependiente del tiempo y adopción de las mismas.

Las medidas preventivas y correctivas de acuerdo a la evidencia científica con la que se trabajara es la administración de 2 gramos de vitamina C diarios y promoción de la sudoración, a través, del ejercicio puntualmente la Bailoterapia 3 días por semana 1 hora diaria.

1.2.3. Hipótesis

¿Serán efectivas las medidas correctivas y preventivas adoptadas durante el periodo de tiempo Junio 2014 a Junio 2015 para disminuir los niveles de plomo en sangre de trabajadores del área de producción de una Fábrica de Baterías?

1.2.4 Identificación y Caracterización de las Variables

1.2.4.1 Variable dependiente

- Plumbemia de los trabajadores del área de producción

1.2.4.2 Variable Independiente

- Ventilación
- Turnos rotativos
- Puesto de Trabajo
- Horarios extendidos
- Años de exposición
- Condiciones y actos inseguros

CAPITULO II.

MÉTODO.

2.1 Tipo de estudio.

Correlacional

El proyecto se realizara mediante un estudio correlacionado en el cual se analiza los niveles de plomo en sangre en trabajadores del área de producción en relación las medidas preventivas y correctivas durante el periodo de 10 meses

2.2 Modalidad de investigación

De campo.

Los datos se obtendrán directamente del personal del área de producción de una Fábrica de Baterías, a través de muestras biológicas.

2.3 Método

Se utilizará el método Inductivo – Deductivo.- Basados en los resultados que se obtengan de plumbemia; con los datos clínicos. Se realizará una evaluación epidemiológica que correlacione los niveles de plomo en sangre con la eficacia de las medidas correctivas y preventivas adoptadas.

2.4 Población y Muestra.

Población: La investigación se realizara en personal del área de producción de una fábrica de Baterías que este en un rango de edades entre los 20 y 60 años de edad, masculinos, que trabajen más de 6 meses en la empresa y que no presenten enfermedades preexistente, siendo un total de 86 trabajadores.

Criterios de inclusión:

1. Empleados a tiempo completo del área de producción de una Fábrica de Baterías, con más de seis meses de trabajo.
2. Cargo laboral: obrero de planta de producción.
3. No padecer enfermedades hematológicas, enfermedades renales, enfermedades hepáticas y neurológicas, cualquier tipo de cáncer o inmunodeprimidos.

Criterios de exclusión:

1. Empleados a tiempo completo del área de producción de una Fábrica de Baterías, menos de seis meses de trabajo.

2. Empleados con enfermedades hematológicas, enfermedades renales, enfermedades hepáticas y neurológicas o cualquier tipo de cáncer.
3. Antecedentes de alcohol y drogas.
4. Antecedentes de Inmunodepresión.

2.5 Selección de instrumentos de Investigación

Instrumentos

Para la tabulación de los resultados de plomo en sangre, se utilizará la herramienta de Office, Excel para obtener porcentajes.

Observación: Directa de los trabajadores del área de producción de una Fabrica de Baterías, para conocer características generales de la población y su actividad laboral.

Encuesta: Se realizará una adecuada historia clínica ocupacional a cada uno de los trabajadores, para determinar factores de exposición ambiental y estilo de vida.

Análisis cuantitativo: A través de la determinación de plomo en sangre, muestreo periódico cada 3 meses, la muestra se realiza a la 07h00, (**NORMA PLOMO** anexo).

- Método utilizado:
 - **Principio del método:** Espectrofotometría de Absorción atómica con horno de grafito.
 - **Muestra:** Sangre con EDTA (5ml)
 - **Conservación y estabilidad de la muestra:**

Sangre con EDTA:

Temperatura ambiente: 3 días

Refrigerada: 15 días

- Fundamento:
 - La determinación de plomo en sangre se utiliza para evaluar la exposición de trabajadores a plomo.
- Equipo:
 - Espectrofotómetro de absorción atómica de un laboratorio certificado (Laboratorio Netlab, instrumento PerkinElmer Atomic Absortion Spectrometer PincAAcle 900z)

CAPITULO III.

RESULTADOS

Levantamiento de datos / información

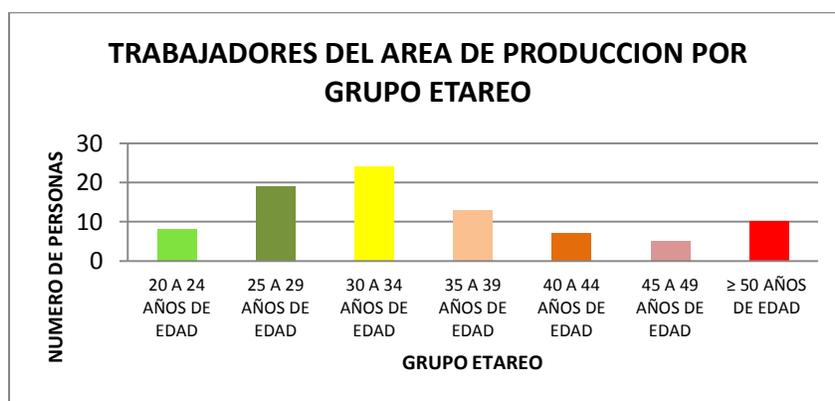
En el estudio se incluyeron 86 trabajadores hombres de 20 a 60 años de edad. Los trabajadores incluidos en el estudio pertenecen al área de producción de la Fabrica de Baterías, con más de 6 meses de permanencia en el puesto de trabajo, no tienen antecedentes de enfermedades renales, hepáticas, cancerígenas o inmunodepresoras, ni antecedentes de alcoholismo y drogadicción; se excluyeron del estudio 1 trabajador que presenta enfermedad inmunodepresora, 4 trabajadores con antecedentes de hígado graso, 3 trabajadores con antecedentes de alcoholismo y 14 trabajadores que tienen menos de 6 meses de trabajo en la empresa. El levantamiento de datos se realizo de la historia clínica y de la matriz de mediciones biológicas, además, se cuenta con un laboratorio que realiza la toma de muestras y procesamiento de las mismas que posee certificaciones y que utiliza la metodología internacional recomendada por el INSHT (cuantificación de niveles de plomo por espectrofotometría atómica); las muestras se toman en la mañana antes de que los

trabajadores ingresen a planta, el quinto día, de la primera semana del mes, cada tres meses (Junio, Septiembre, Diciembre, Marzo y Junio).

3.1 Presentación y análisis de resultados

Se evaluó del total de la población expuesta a 86 colaboradores del área de producción de la Fabrica de Baterías, mismas que durante el periodo Junio 2014 a Junio 2015 ingresaron al programa de vigilancia de salud preventiva que consiste en la implementación de medidas correctivas y preventivas, como son administración de 2 gramos de vitamina C, bailoterapia 3 veces por semana 45 minutos y ingesta de líquidos diuréticos obteniendo los siguientes resultados: el 74% del personal de esta área son adulto jóvenes (20 a 39 años), 21% trabajan entre 5 y 10 años en la empresa y el 15% más de 10 años, lo que nos indica que el 36% del personal del estudio ha tenido una exposición al Plomo por largo tiempo.

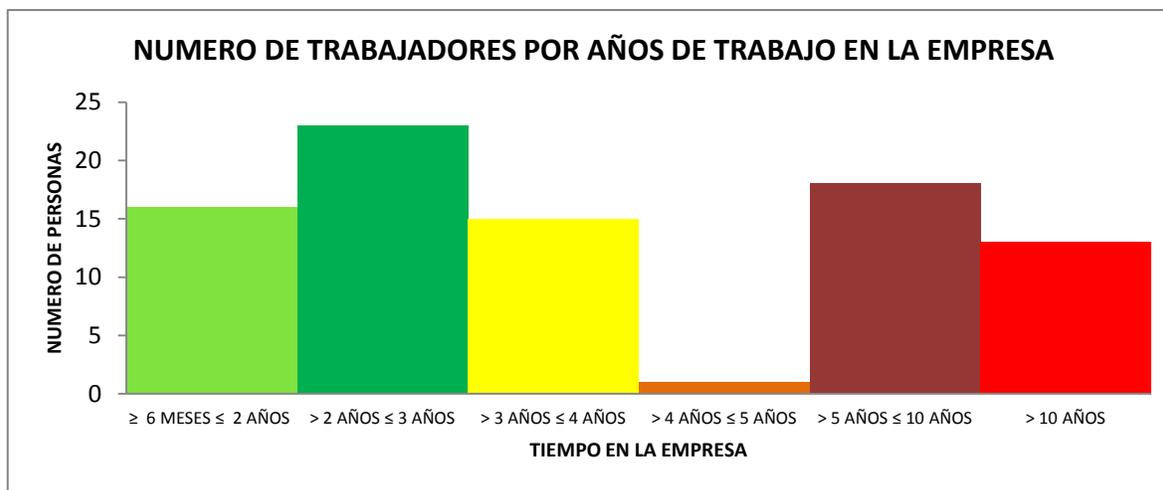
Figura 3. Edad de los trabajadores del área de producción de la Fábrica de Baterías.



Elaborado por: La Autora

Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

Figura 4. Antigüedad de los trabajadores del área de producción de la Fábrica de Baterías.



Elaborado por: La Autora

Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

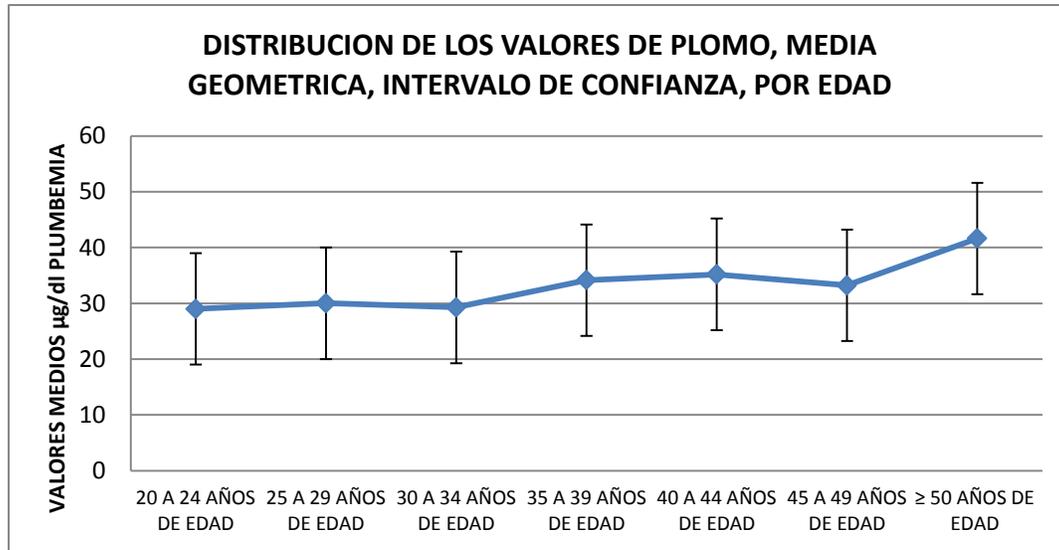
La distribución de la plumbemia según edad muestra niveles mayores al valor de seguridad según la ACGIH en los grupos etareos de 35 años de edad a más de 50 años de edad.

Tabla 2. Distribución de la plumbemia según edad y sexo

	n (%)	Plomo (µg/dl)
		Media geométrica (IC 95%)
Total Trabajadores	86 (100)	32,07 (29,58-34,56)
Edad		
20 A 24 AÑOS DE EDAD	8 (9,3)	29,01 (27,78-30,24)
25 A 29 AÑOS DE EDAD	19 (22,09)	30,02 (25,65-34,39)
30 A 34 AÑOS DE EDAD	24 (27,90)	29,28 (25,48-33,08)
35 A 39 AÑOS DE EDAD	13 (15,12)	34,15 (28,09-40,21)
40 A 44 AÑOS DE EDAD	7 (8,14)	35,19 (30,78-39,59)
45 A 49 AÑOS DE EDAD	5 (5,81)	33,23 (24,03-42,44)
≥ 50 AÑOS DE EDAD	10 (11,63)	41,62 (30,19-53,05)
Sexo		
Masculino	86 (100)	32,07 (29,58-34,56)

Elaborado: La autora

Figura 5. Distribución de los Valores promedio de Plomo, media geométrica, intervalo de confianza y edad.

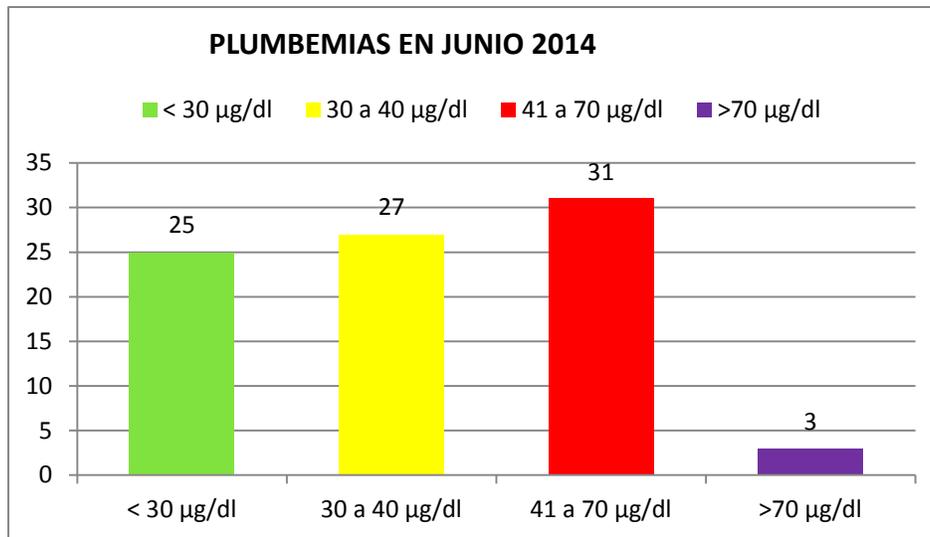


Elaborado por: La Autora

Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

En el primer control del estudio realizado con el objetivo de tener un valor inicial se encontró que el 71% de personal se encontraba con valores que sobrepasan el límite de seguridad de acuerdo con la ACGIH que es menos de 30µg/dl, y solo el 29% del personal se encontraba bajo este rango, por lo que a más de las indicaciones de los protocolos de Vigilancia de Salud Especifica, se implemento un programa de vigilancia de salud correctiva y preventiva para el riesgo químico exposición al Plomo, estableciendo controles trimestrales.

Figura 6. Valores de la Plumbemia en el mes de Junio 2014.



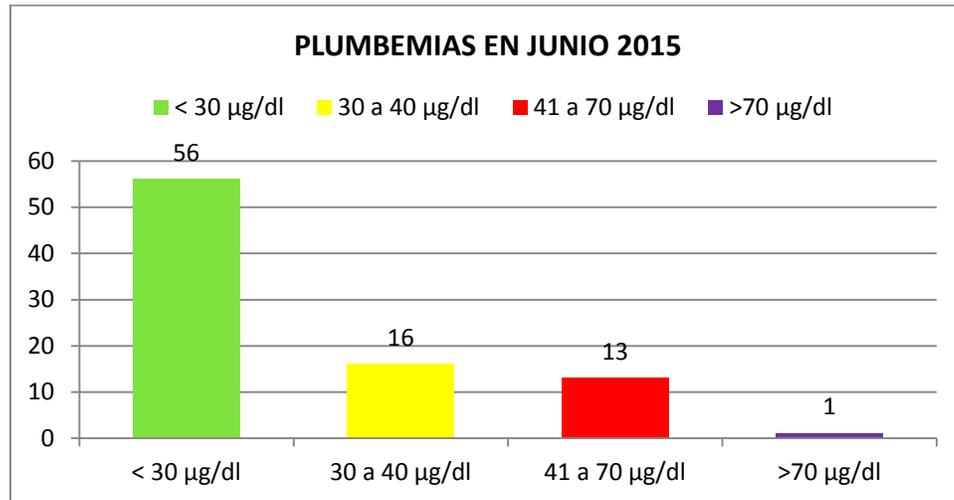
Elaborado por: La Autora

Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

Los subsiguientes controles se realizaron trimestralmente un total de 5 controles durante el periodo Junio 2014 a Junio 2015, evidenciando una disminución paulatina del nivel de plomo en sangre de los trabajadores del área de producción de la Fábrica de Baterías.

El último control realizado en Junio 2015 muestra los siguientes resultados el 65% de los trabajadores se encuentra bajo los 30µg/dl de plomo en sangre, el 34% requiere cambio de puesto hasta obtener niveles menores de 30µg/dl, y el 1% requiere cambio permanente, mismo que ha sido reportado como enfermedad ocupacional y que está en trámites de calificación en riesgos del trabajo del IESS.

Figura 7. Valores de la Plumbemia en el mes de Junio 2015.



Elaborado por: La Autora

Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

En la tabla 3 constan los valores obtenidos por persona en los cinco controles realizados durante el presente estudio, con un total de 86 resultados durante cada control, cabe mencionar que las muestras fueron tomadas en las instalaciones de la empresa en el Departamento Médico y casos puntuales tuvieron que acudir al laboratorio para la toma respectiva.

Las tendencias de la plumbemia de los trabajadores del área de producción de la Fábrica de Baterías en relación a las medidas asumidas en el periodo Junio 2014 – Junio 2015 se comportaron con un incremento en el número de trabajadores con niveles de plumbemias menores de 30µg/dl y un decremento en el número de personas con niveles críticos de plumbemia igual o mayores a 30µg/dl.

Tabla 3. Valores de la Plumbemia en el periodo Junio 2014 a Junio 2015.

N°	JUNIO (1)	SEPTIEMBRE (2)	DICIEMBRE (3)	MARZO (4)	JUNIO (5)
1	10,40	10,40	19,6	13,1	15,3
2	3,30	22,99	22,9	23,3	21,6
3	21,30	20,80	14,8	15,3	15,1
4	7,40	7,40	35,5	31,6	26,1
5	17,97	18,9	21,5	19,5	17,4
6	19,70	24,49	19,6	22	19,3
7	21,30	23,8	22,6	18,7	20
8	26,20	20,7	21	23,6	20,1
9	30,10	22,31	18,1	24,5	20,2
10	23,60	23,30	20,5	24,1	23,3
11	18,30	28,90	20	26,4	23,1
12	22,56	24	24,5	23,5	21,5
13	35,70	22,5	22,8	19,7	20,2
14	50,00	20,40	20,4	18,4	20,1
15	30,98	16,9	29,8	23,9	20,9
16	22,40	24,61	28	23,6	22,7
17	25,30	25,5	27,8	23,8	20,6
18	5,7	41,1	40,9	37,2	25,3
19	30,20	22,54	26,7	24,9	22,1
20	28,50	28,50	25	24	21,5
21	35,72	27,7	24,4	24,9	20,2
22	29,00	28,80	25,3	24,9	24,9
23	12,60	34,93	43,5	27,3	25,3
24	37,80	26,70	24,40	26	21,3
25	15,61	33,2	31,7	28,5	29,3
26	32,00	27,4	28	24,6	23,09
27	32,80	27,20	25	25,6	24,7
28	37,30	25,4	25,4	23	25,6
29	22,00	29,8	30	28,2	25,7
30	26,30	28,40	27,2	26,1	28,1
31	32,60	28,03	24,1	23,7	28,9
32	26,80	27,5	27,3	28,1	26,8
33	25,73	28,9	28,2	29,6	24,8
34	28,80	28,11	27	27,3	28,7
35	37,80	29,8	28,7	24,8	24,1
36	25,59	32	30	29,8	26,8
37	23,80	33,2	33,4	29,2	27,3
38	30,60	30,60	31,2	29,8	26,6
39	35,00	32,40	28,1	27,5	27
40	31,00	25,60	30,10	34,70	29,8
41	31,10	31,30	32,4	30,2	27,4
42	32,70	33,40	28,7	28,7	29,3

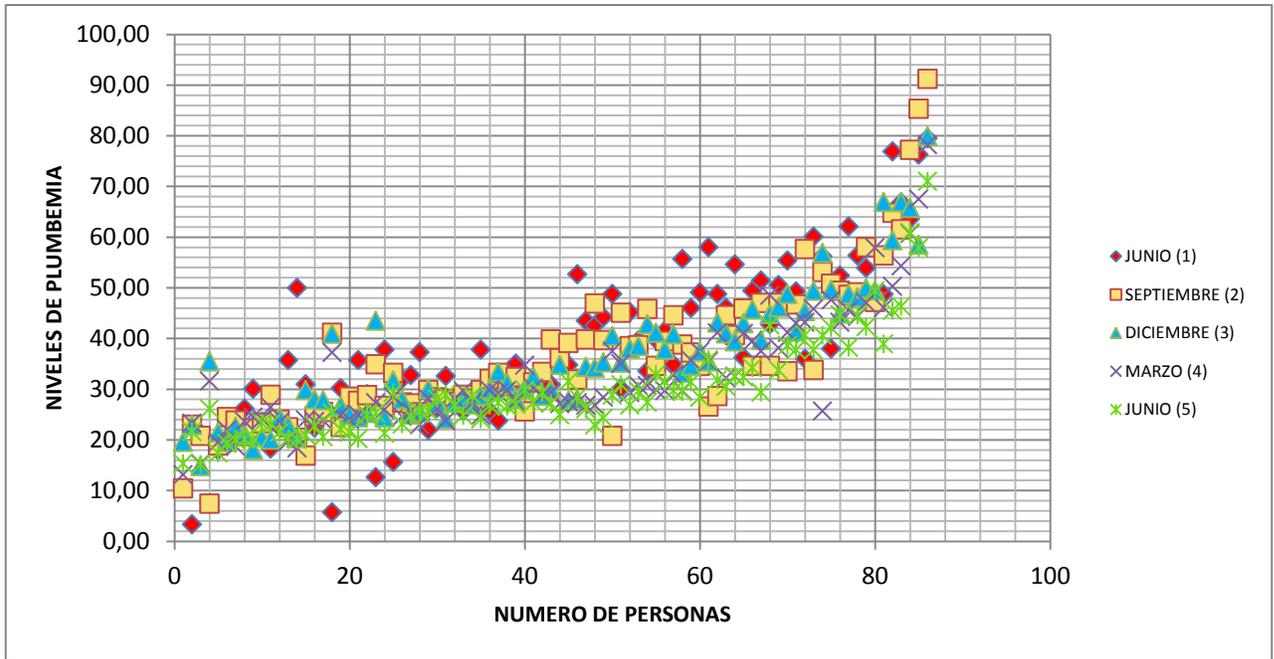
**INVESTIGACION DE LA PLUMBEMIA EN TRABAJADORES DEL AREA
DE PRODUCCION DE UNA FABRICA DE BATERIAS**

43	30,9	39,8	30,1	29,3	27,2
44	37,60	36,1	34,8	27,1	24,9
45	34,80	39,10	27,7	27,5	31,5
46	52,65	31,9	28	27,3	28,4
47	43,50	39,8	34,4	26,8	26,1
48	42,55	46,9	34,2	26,8	22,9
49	44,2	39,7	35,3	28,4	24,3
50	48,80	20,80	40,5	37,5	28,8
51	30,10	45,10	35,22	35	30,9
52	45,2	38,5	38	29,3	26,9
53	39,6	38,7	38,5	30,7	29,6
54	33,60	45,80	42,8	30,7	27,4
55	39,80	34,60	41,1	29,9	32,9
56	41,5	39,5	37,8	29,7	31,5
57	34,85	44,6	40,8	32,8	29,7
58	55,70	38,80	33,2	29,7	29,5
59	46,00	37,20	34,60	35,7	31,4
60	49,10	34,60	37,4	37,4	28,4
61	58,00	26,55	35,5	35,5	35,8
62	48,80	28,60	43,1	41,1	31,8
63	46,10	44,60	41,00	32,20	30,50
64	54,60	40,70	39,4	32,5	32,6
65	36,20	45,89	43	41	32,4
66	49,40	34,60	45,7	39,5	34,2
67	51,40	47	39,7	37,5	29,4
68	42,80	34,60	44,8	48,5	42,6
69	50,54	47	46,2	38,1	33,7
70	55,40	33,50	48,80	41,20	38,60
71	49,30	46,7	41,4	43	37,8
72	36,00	57,60	45,4	43,2	40,7
73	60,10	33,80	49,4	45,8	37,7
74	56,20	53,1	56,9	25,7	40,6
75	38,00	50,80	49,60	47,6	42,1
76	52,40	49,40	44,90	43,20	44,70
77	62,10	48,6	48,7	45,6	38,2
78	56,40	49,10	48,1	44,3	44,6
79	53,90	58,00	49,9	47	42,3
80	48,00	47,20	49,46	57,9	49,4
81	48,70	56,40	66,9	46,1	38,9
82	76,90	64,80	59,40	50,30	45,50
83	66,80	61,50	66,90	54,3	46,3
84	63,60	77,20	65,7	60,7	60,9
85	76,30	85,30	58,5	67,50	57,9
86	79,50	91,20	79,90	78,20	71,00

Elaborado por: La Autora

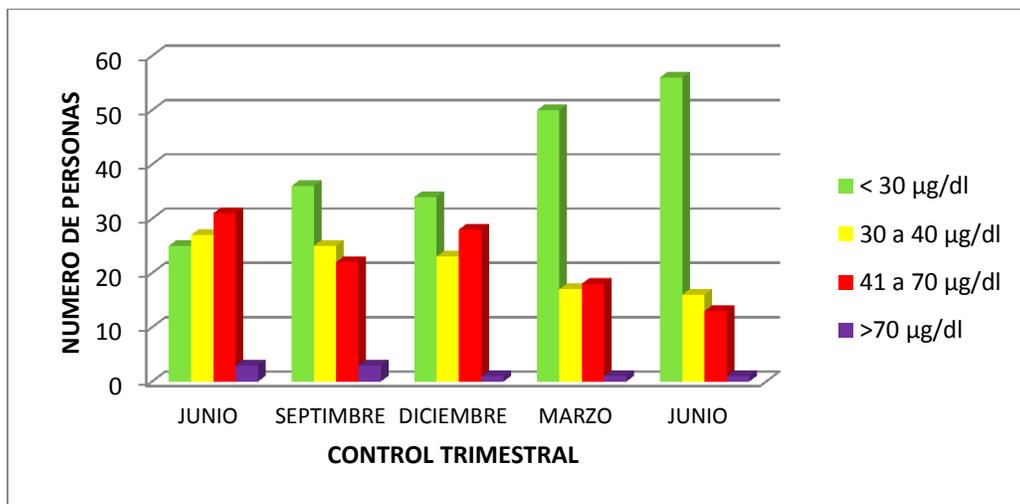
Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

Figura 8. Dispersión de los Valores de la Plumbemia en el periodo Junio 2014 a Junio 2015.



Elaborado por: La Autora
 Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

Figura 9. Comparación de los Valores de la Plumbemia en el periodo Junio 2014 a Junio 2015.



Elaborado por: La Autora
 Fuente: Historias Clínicas del Departamento Médico de la Empresa

3.2 Aplicación práctica

Después de realizar el presente estudio y obtener los resultados, se demuestra la importancia adoptar varias medidas correctivas y preventivas. El Programa de Vigilancia de la Salud Específica Plomo que actualmente sigue la fábrica de Baterías, no incluye varios aspectos, siendo importante incluirlos realizando un programa anexo que incluya:

- La norma más restrictiva actualmente vigente que es la de la ACGIH.
- Lavado de manos y baño corporal con jabón especial para eliminación de metales pesados.
- Ingesta de bebidas diuréticas en el almuerzo, y promoción del mismo en todo momento.
- Administración de vitamina C 2 gramos diarios, bajo control médico y registro estrictos.
- Ejercicio físico de intensidad moderada (Bailoterapia), 1 hora diaria, 3 días a la semana.

El presente estudio es aplicable a cualquier industria cuya materia prima sea el plomo, con el fin de disminuir el riesgo de intoxicación por exposición al plomo y por con ello prevenir la aparición de enfermedades ocupacionales, que puede presentarse al no tener medidas preventivas pertinentes.

A más de evitar enfermedades ocupacionales, prevenimos daños agudos provocados por el plomo y se bajan costos disminuyendo el ausentismo por enfermedad, los cambios de

puesto de trabajo que significan dejar un vacío en su puesto, de manera temporal o permanente, la periodicidad de las mediciones biológicas podrían realizarse en un lapso más largo y por último evitar multas o indemnizaciones legales.

Durante el periodo Junio 2014 a Junio 2015, se realizó una inversión de aproximadamente 61.000 dólares, por parte del Departamento Médico, a ello se debe añadir los costos de seguridad industrial. El costo de las medidas preventivas asumidas durante este periodo son menores a los que se debería pagar en caso de una indemnización haciendo al programa aplicable desde el punto de vista costos-beneficios.

Tabla 4. Gastos por parte del departamento Médico en el periodo Junio 2014 a Junio 2015.

<i>Medicina Ocupacional</i>	<i>Anual</i>
Campanas preventivas	3.000
Exámenes médicos periódicos (Plumbemias)	18.000
Instructor de Bailoterapia	6.000
Vitamina C 2g	14.000
Jabón removedor de plomo de piel	20.000
Infusión diurética	500
TOTAL	61.500

Elaborado por: La Autora

CAPITULO IV.

DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

Las medidas preventivas y correctivas tienen varios objetivos por ello la determinación de su eficacia es importante y determinante a la hora de su implementación sobre todo en un programa de vigilancia de salud específico. Las medidas correctivas y preventivas adoptadas en el periodo Junio 2014 a Junio 2015 han resultado ser efectivas en especial la administración de 2 gramos de vitamina C y la bailoterapia 1 hora 3 veces por semana adicional la implementación de medidas correctivas como prohibiciones de retiro de mascarilla con filtros, bebida e ingesta de alimentos en la planta de producción, el lavado con un producto que elimina el plomo de la piel y la ingesta de líquidos diuréticos potencian sus resultados. A la vez el costo en mínimo en comparación con los beneficios que se adquieren con dicha implementación.

El programa de vigilancia de la salud específico para el plomo es idóneo para disminuir niveles de plumbemia y por ende disminuir el riesgo de provocar enfermedades profesionales, eso muestra el control realizado en Junio 2015 muestra que el 65% de los trabajadores se encuentra bajo los 30 μ g/dl de plomo en sangre, el 34% requiere cambio de puesto hasta obtener niveles menores de 30 μ g/dl, y el 1% requiere cambio permanente, mismo que ha sido reportado como enfermedad ocupacional y que está en trámites de calificación en riesgos del trabajo del IESS.

Con ello se establece la efectividad de la administración de la vitamina C y el ejercicio para disminuir la plumbemia.

4.2 Recomendaciones

En futuras investigaciones es necesario investigar la eficacia las medidas preventivas y correctivas de forma individual e incluir la administración de Complejo B intramuscular que también evidencia eficacia en la reducción de los niveles de plomo en sangre.

Analizando los datos obtenidos el estudio muestra una gran similitud a la bibliografía reportada a nivel mundial, lo que nos hace concluir en que es necesario realizar la implementación del programa de vigilancia de salud específico con medidas preventivas para mejorar la salud de los trabajadores en beneficio de ellos y de sus familias.

Bibliografía

Cárdenas-Bustamante O, V.-U. M. (2001). *Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías, de Bogotá, Colombia*. Recuperado el 2015, de <http://www.insp.mx/salud/index.html>

Emilio Turmo Sierra. (2000). NTP 617: Locales de carga de baterías de acumuladores. España.

Gómez-Yepes, M. E. (2013). Estudio del Manejo del Plomo en Establecimientos de Tipografía, Reconstrucción de Baterías y Recicladores de Chatarra en el Departamento del Quindío, Colombia. Colombia.

Infantas, M. M. (2005). Intoxicación por plomo. *Rev. Soc. Per. Med. Inter.* , 22-27.

Jennifer A. Lowry, M. (2010). ORAL CHELATION THERAPY FOR PATIENTS. Kansas City, MO 64108.

John J. Valbuena P., M. D. (2001). EVALUACIÓN DE PLOMO EN SANGRE DE TRABAJADORES DE INDUSTRIAS DE BATERÍAS. *REVISTA COLOMBIANA DE QUÍMICA* , 17-25.

Moreno, A. (2012). Intoxicación por plomo: diagnóstico diferencial de dolor abdominal crónico. Reporte de caso y revisión de tema. Bogotá, Colombia: Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Javeriana.

Organización Mundial de la Salud. (Octubre de 2014). Recuperado el Mayo de 2015, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

Organización Mundial de la Salud. (2013). *Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre*. Recuperado el 2015, de <http://www.who.int>

Organización Mundial de la Salud. (Octubre de 2014). Intoxicación por plomo y salud. *Nota descriptiva N°379* .

Pérez, H. (2015). Niveles de plomo en sangre, malondialdehído y vitaminas antioxidantes en escolares. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud* , 14-21.

Ramírez, A. V. (2008). Exposición a plomo en trabajadores de fábricas informales de baterías. *An Fac med* , 104-107.

Rhoda Papaioannou, M. A. (s.f.). Reduction of Blood Lead Levels in Battery Workers by Zinc and Vitamin C. New Jersey.

Sears, M. E. (2012). Arsenic, Cadmium, Lead, and Mercury in Sweat: A Systematic Review. *Journal of Environmental and Public Health* , 1-10.

Tsering Jan van der Kuijp, L. H. (2013). *Health hazards of China's lead-acid battery industry: a review of its market drivers, production processes, and health impacts*.
Obtenido de <http://www.ehjournal.net/content/12/1/61>

Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Actas Dermosifiliogr* , 557-568.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 165: Plomo. Normas para su evaluación y control

Saso S. (2008). ADVERSE EFFECTS IN WORKERS EXPOSED TO INORGANIC LEAD, Arh Hig Rada Toksikol

Arrate, M. Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los/as trabajadores/as expuestos/as a plomo.

Muhammad, J. (2013). STUDIES ON BATTERY REPAIR AND RECYCLING WORKERS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO LEAD IN KARACHI, 37-64

Rosin, A. (2009). The Long-term Consequences of Exposure to Lead, IMAJ, 689-693

Rodríguez, T. RESPUESTA INMUNOLÓGICA EN TRABAJADORES EXPUESTOS A PLOMO, Revista Cubana de Salud y Trabajo, 4-6

ACGIH, 2003, TLVs and BEIs: Threshold Limits Values for Chemical Substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices. Cincinnati

LAUWERYS, R. (1993). Industrial chemical exposure: guidelines for biological monitoring. Boca Raton

RAMÍREZ, A. (2005) El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo, Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 57-70

ANEXOS

ANEXO A

PROTOCOLO DE VIGILANCIA DE SALUD ESPECIFICA PLOMO

ANEXO B

**NORMA DE SALUD Y SEGURIDAD PARA LA EXPOSICION LABORAL AL
PLOMO**

ANEXO C

BAILOTERAPIA

