

**UNIVERSIDAD PRIVADA AUTÓNOMA DEL SUR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**“CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN
NIÑOS”**

AUTOR: APAZA MAMANI LUZ MARINA

AREQUIPA - PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD PRIVADA AUTÓNOMA DEL SUR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**“CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN
NIÑOS”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PARA OPTAR EL GRADO
ACADÉMICO DE BACHILLER
EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

AUTOR: APAZA MAMANI LUZ MARINA

ASESOR: Mg. ELVIS GILMAR GONZALES CONDORI

AREQUIPA - PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD PRIVADA AUTÓNOMA DEL SUR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**“CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN
NIÑOS”**

**PRESENTADA POR:
APAZA MAMANI LUZ MARINA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

ASESOR: Mg. ELVIS GILMAR GONZALES CONDORI

AREQUIPA - PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD PRIVADA AUTÓNOMA DEL SUR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**“CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN
NIÑOS”**

**PRESENTADO POR:
APAZA MAMANI LUZ MARINA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN:
FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**APROBADO POR:
PRESIDENTE DEL JURADO: Dr. BENJAMIN PAZ ALIAGA
SECRETARIO DEL JURADO: Mg. BETTY SALAZAR PINTO
VOCAL DEL JURADO: Mg. RUTH ELENA GÁRATE DE DÁVILA**

DEDICATORIA

A DIOS por darnos la vida y la salud.

A mi familia por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

A los docentes por compartir sus conocimientos y esfuerzos para lograr nuestros objetivos y agradecerles por su dedicación

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A mí querida familia.

A mis docentes y colaboradores que han hecho posible la realización de este trabajo.

A la Universidad Privada Autónoma del Sur, por su formación académica impartida.

RESUMEN

El plomo es un metal tóxico que podría causar muchos problemas de salud siendo la población más vulnerable los niños, razón por la cual, la presente investigación tuvo por objetivo en recopilar información científica sobre las consecuencias de la exposición al plomo en niños. Los resultados indican que los bebés y los niños tienen un mayor riesgo de contaminación debido a su tamaño más pequeño en comparación con los adultos. Los niños están expuestos a la tierra y el polvo, por su curiosidad y su comportamiento oral de exploración. Algunos factores de riesgo son la ubicación del hogar y las fuentes de exposición, y la exposición ocupacional serían causa de contaminación de plomo en infantes. La presencia de familiares que manejan armas de fuego o viven en zonas donde el uso de armas de fuego es constante incidieron en niveles de plomo en la sangre de $\geq 5 \mu\text{g/dL}$. Otra fuente de exposición al plomo es el uso de sustancias en el entorno como el cannabis y/o cigarro ya que correlacionaron significativamente con las experiencias psicóticas subclínicas en la edad adulta. Producto de la exposición prenatal, se encontró que repercute en las emociones infantiles y la capacidad de planificar y organizar. Además, la exposición en la primera infancia a bajos niveles de plomo causó déficits persistentes en el rendimiento educativo. Estos niveles de plomo persisten hasta la adolescencia temprana. Se demostró que existe una disminución volumétrica en la materia blanca de la corteza prefrontal izquierda asociada con un aumento en las puntuaciones de psicopatía total y una mayor concentración de plomo en la sangre en los hombres que sería consecuencia de la exposición al plomo en la infancia. También, exposiciones prenatales se han asociado con una reducción de peso en bebés y niños pequeños. Asimismo, la exposición postnatal se asoció con un aumento de los síntomas de ansiedad; a los 12 meses, un aumento de 1 unidad de plomo (Pb) se asoció con un aumento de 0.4 unidades en los síntomas de ansiedad. Finalmente, se asoció a efectos negativos duraderos en el riñón, incluidas las enfermedades respiratorias, el coeficiente intelectual, el rendimiento académico y los problemas socioconductuales.

Palabras clave. Plomo, rendimiento académico, ansiedad, conducta, contaminación.

ABSTRACT

Lead is a toxic metal that could cause many health problems with children being the most vulnerable population, which is why this research aimed to gather scientific information about the consequences of lead exposure in children. The results indicate that babies and children have a higher risk of contamination due to their smaller size compared to adults. Children are exposed to dirt and dust, because of their curiosity and their oral exploration behavior. Some risk factors are home location and sources of exposure, and occupational exposure caused by lead contamination in infants. The presence of family members who handle firearms or live in areas where the use of firearms is constant affected blood lead levels of $\geq 5 \mu\text{g} / \text{dL}$. Another source of exposure to lead is the use of substances in the environment such as cannabis and / or cigar as they dangerously correlated with subclinical psychotic experiences in adulthood. As a result of the prenatal exposure, it was found that it reflects on children's emotional and planning and organizational capacity. In addition, early childhood exposure to low levels of lead caused persistent deficits in educational performance. These lead levels persist until early adolescence. It was shown that there is a volumetric decrease in white matter of the left prefrontal cortex associated with an increase in the consequences of total psychopathy and a higher concentration of lead in the blood in men that would result from exposure to lead in childhood. Also, prenatal exposures have been associated with a reduction in weight in infants and young children. Likewise, postnatal exposure is associated with an increase in anxiety symptoms; at 12 months, an increase of 1 unit in Pb is associated with a 0.4 unit increase in anxiety symptoms. Finally, it is associated with lasting negative effects on the kidney, including respiratory diseases, IQ, academic performance and socio-behavioral problems.

Keywords. Lead, academic performance, anxiety, behavior, pollution.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.5. Hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Plomo	4
2.2. Plomo y medio ambiente	5
2.3. Contaminación ocupacional	11
2.4. Aspectos biológicos del plomo.....	12
2.5. Consecuencias de la intoxicación con plomo	17
CAPÍTULO III	20
METODOLOGÍA.....	20
CAPÍTULO IV.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN.....	29
RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plomo.....	4
Figura 2. Plomo en Baterías	5
Figura 3. Plomo en Pinturas.....	5
Figura 4. Acumulación de plomo en organismos	10
Figura 5. Absorción y distribución del plomo en el organismo	16
Figura 6. Exposición de niños al SO ₂ y Pb	28

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

El plomo es un elemento tóxico y no se ha demostrado que sea un oligoelemento esencial para la nutrición. El uso histórico del plomo en la gasolina, pintura, materiales de construcción y muchos otros productos ha resultado en el plomo como uno de los contaminantes ambientales más importantes del mundo. Las fuentes adicionales de plomo han incluido pesos de plomo (por ejemplo, para pescar o cortinas), pequeñas baratijas y juguetes de plomo, balas de plomo y balas para armas, pesticidas de arseniato de plomo y muchos otros productos, así como contaminación ambiental de fuente única de minería, fundición, y operaciones de reciclaje. Como resultado de una mayor regulación del plomo y la disminución del uso de productos que contienen plomo, la incidencia general de envenenamiento por plomo (también llamado plumbismo) en animales y humanos ha ido disminuyendo (1,2).

El plomo es un catión divalente que afecta a muchos procesos bioquímicos. El conocimiento de sus efectos tóxicos se remonta a la antigüedad. El plomo ejerce más efectos tóxicos en el sistema nervioso central. En dosis altas, la encefalopatía es el resultado más grave. Entonces que es una ocurrencia rara. En dosis menores, se observan problemas cognitivos y de comportamiento. El conocimiento de la toxicidad del plomo ha pasado por cinco etapas. Inicialmente se pensó que era una enfermedad de adultos: mineros, impresores y pintores. En 1892 se reconocieron los primeros casos de intoxicación infantil por plomo. Inicialmente se pensó que, si un niño no moría durante el episodio agudo, él o ella quedaba sin rastro de la enfermedad. Entonces se pensó que los residuos solo se presentaban en aquellos que presentaban signos de encefalopatía en la fase aguda. En los últimos 35 años, los estudios han demostrado déficits cognitivos y de comportamiento en aquellos niños que tenían cargas elevadas de plomo, pero sin signos clínicos. Como se emplearon mejores métodos para estudiar la enfermedad, se encontraron efectos en las cargas de la parte inferior y la parte inferior del cuerpo. El plomo tiene muchas

fuentes. La fuente más importante de exposición a altas dosis en los niños es la pintura doméstica (3).

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las consecuencias de la contaminación por plomo en niños, en los últimos 5 años?

1.3. Justificación

Entre muchos contaminantes de metales pesados, el plomo es uno de los contaminantes más importantes en términos de impacto en la salud. El uso de plomo en la gasolina y muchos procesos industriales y la posterior contaminación del medio ambiente contribuyen a la exposición humana, lo que lleva a un efecto peligroso en la salud humana. Su acumulación en los dientes es de particular interés de dos maneras: reflejando la carga corporal de plomo y aumentando el riesgo de caries dental. Los estudios en animales respaldaron la asociación entre la exposición al plomo y la caries dental. Sin embargo, los estudios epidemiológicos en humanos dieron resultados inconsistentes. Según las evidencias disponibles de estudios epidemiológicos y en animales, se puede suponer que la exposición al plomo influye en la susceptibilidad a la caries dental. Los hallazgos de investigaciones recientemente publicadas que han utilizado análisis estadísticos más sofisticados indican una asociación entre la caries dental y los niveles de plomo en la sangre incluso inferiores a 10 µg/dL. El mecanismo de acción del plomo en el desarrollo de caries dental no se ha definido claramente y aún requiere investigaciones más refinadas (4).

Los humanos han estado extrayendo y utilizando plomo y sales de metales durante miles de años, causando una acumulación ambiental continua y la exposición de organismos y ecosistemas. La intoxicación por plomo, también llamada plumbismo, es una afección médica reconocida que generalmente se mide por el aumento de los niveles de plomo en la sangre BLL (Blood Lead Level), aunque el plomo se acumula en todo el cuerpo y especialmente en los huesos. Todos han estado expuestos al plomo, pero los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) actualmente recomiendan la terapia

de quelación solo si BLL excede 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de sangre. Sin embargo, incluso niveles más bajos pueden causar daños neurológicos irreversibles en los niños. La exposición de adultos también puede causar enfermedad renal, efectos cardiovasculares y deficiencias reproductivas. La reducción del impacto del plomo requiere acción individual, regulación de las políticas públicas y una comprensión más profunda de los mecanismos por los cuales el plomo afecta a los organismos, especialmente durante la vida temprana (5).

Por lo expuesto, en la presente investigación se recopiló información científica en cuanto a consecuencias de la contaminación por plomo en niños.

1.4. Objetivos

Recopilar información en cuanto a consecuencias de la contaminación por plomo en niños.

1.5. Hipótesis

Dado que existen estudios en relación a la toxicidad del plomo y la intoxicación crónica o aguda en seres humanos por diversas vías de entrada, es probable, analizar la información científica publicada en relación a los hallazgos de consecuencias de la contaminación por plomo en niños.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Plomo

El plomo es un metal pesado de color blanco azulado a gris (Figura 1) que probablemente fue el primer elemento tóxico reconocido por el hombre y aún tiene gran relevancia en la actualidad. El símbolo químico del plomo, Pb, es la abreviatura de la palabra latina *plumbum*, que significa plata líquida. La principal fuente de plomo es el mineral llamado galena, que contiene sulfuro de plomo. El uso principal del plomo hoy en día es en baterías de almacenamiento de plomo-ácido (Figura 2), pero históricamente ha tenido un uso generalizado en pinturas (pigmentos blancos, amarillos y rojos) (Figura 3) y como aditivo de la gasolina (plomo tetraetílico), aunque estos últimos usos se han eliminado esencialmente. Todavía continúa el debate sobre el papel que desempeñó en la caída del Imperio Romano. Aunque el plomo se usó realmente en algunas tuberías de agua romanas (la palabra *plumbum* que lleva a nuestra palabra moderna fontanero), la principal fuente de plomo para los romanos fue la sapa (Residuo que queda de la masticación del buyo), un jarabe utilizado para endulzar el vino y preservar la fruta, que se hizo hirviendo uva jugo en macetas de plomo agregando así acetato de plomo al líquido. El uso de plomo continúa en nuestro mundo moderno con soldaduras que contienen plomo en nuestra electrónica, así como vidrio que contiene plomo, desde monitores de tubo de rayos catódicos hasta cristal fino (1).



Figura 1. Plomo

Fuente. Okdiario (6)



Figura 2. Plomo en Baterías

Fuente. Acumuladores eléctricos plomo (7)



Figura 3. Plomo en Pinturas

Fuente. Camimex (8)

2.2. Plomo y medio ambiente

2.2.1. Plomo en los alimentos

El plomo en los alimentos puede derivarse del entorno en el que se cultivan los alimentos o del procesamiento de alimentos. Los cultivos agrícolas que crecen cerca de carreteras muy transitadas o de fuentes industriales de plomo pueden tener concentraciones significativas debido al plomo en el aire depositado en ellos o en el suelo. Entre los casos de envenenamiento por plomo citados en la literatura, el plomo de los recipientes de almacenamiento de cerámica esmaltada, lixiviado por alimentos ácidos, es la fuente más frecuentemente reportada de altas concentraciones de plomo en los alimentos (9).

La contaminación por plomo en los alimentos podría deberse a las siguientes formas:

- El suelo, los pesticidas o los fertilizantes de zinc que contienen plomo se pueden recoger en una raíz, planta o depositar en plantas frondosas. Las emisiones de plomo de los automóviles o la industria pueden depositarse en plantas cultivadas en jardines domésticos o de mercado cerca de las carreteras principales (9).
- Los alimentos enlatados son una fuente de plomo que se filtra de la soldadura en las costuras de las latas. Sin embargo, la exposición de esta fuente puede reducirse mediante el uso de latas sin costuras. Los alimentos o bebidas, en particular los alimentos ácidos, como las piñas, los encurtidos y los tomates, pueden envasarse en latas con costuras laterales de soldadura de plomo o procesarse mediante equipos que contengan soldadura de plomo. Los alimentos o bebidas pueden almacenarse, cocinarse, recalentarse o servirse en cerámica o porcelana esmaltada con plomo, ollas de lata con una mezcla de plomo y estaño, latón con lixiviación de plomo o cristal o vidrio con plomo. Las especias y los colorantes alimentarios también pueden estar contaminados con plomo de las emisiones de gasolina, pigmentos de plomo o contenedores de almacenamiento pintados (9).
- Algunos remedios caseros también contienen compuestos de plomo que pueden ser la causa del envenenamiento por plomo. Hasta el 5% de los niños tienen una ingesta de plomo suficientemente alta a través del agua y los alimentos como para causar riesgos para la salud (9).

2.2.2. Plomo en agua potable

La principal fuente de contaminación por plomo del agua potable es el sistema de distribución en sí. Cuando se usan tuberías de agua con plomo o cisternas revestidas con plomo, el plomo puede contaminar el suministro de agua y contribuir a aumentar los niveles sanguíneos en los niños que consumen el

agua. Las tuberías de plomo para transportar agua potable se han utilizado durante siglos debido a su flexibilidad, durabilidad y larga vida (10).

El agua utilizada para preparar la fórmula infantil siempre es una fuente importante de plomo para los bebés si contiene niveles altos de plomo. El agua de tanques soldados con plomo, o sistemas de escorrentía de techos con pintura a base de plomo también representan un riesgo. Especialmente en áreas cercanas a sitios de minería y fundición donde el polvo y las emisiones podrían aumentar el problema. La contaminación del plomo en el agua subterránea se origina por la disolución del plomo del suelo y la corteza terrestre. Las partículas de plomo provenientes de la combustión de gasolina con plomo, la fundición de fósiles y minerales pueden contaminar las aguas superficiales locales por la escorrentía superficial (10).

Se informa que una distribución amplia de plomo en rocas y suelos sedimentarios tiene un contenido promedio de plomo de 10 mg en un suelo de 1 kg (10 mg/L) que generalmente se encuentra en el suelo superior y se encuentra plomo en un rango de 7 a 12.5 mg/L en rocas sedimentarias (11).

La solubilidad del plomo controla la disolución del plomo en el agua circundante. La absorción por el suelo y el humus puede limitar aún más las concentraciones de plomo en las aguas superficiales y subterráneas. El plomo en el agua potable probablemente se absorbe más completamente que los alimentos. Los adultos absorben del 35 al 50% del plomo que beben y la tasa de absorción para los niños puede ser superior al 50% (9).

2.2.3. Plomo en el aire

El plomo en el aire proviene de una variedad de fuentes. Uno de los mayores contribuyentes ha sido la gasolina con plomo. Se agregaron millones de toneladas de plomo al gas antes de que el uso estuviera limitado por las regulaciones de la EPA. Gran parte de este plomo todavía está presente en el medio ambiente como plomo en los suelos y plomo en el polvo. Los niveles atmosféricos de plomo dependen de la ubicación geográfica, con grandes diferencias en el plomo en la atmósfera en áreas urbanas y remotas del mundo. Las concentraciones más altas se observan cerca de fuentes de plomo como las fundiciones (9).

2.2.4. Plomo en ambiente doméstico

El entorno doméstico, en el que los bebés y los niños pasan la mayor parte de su tiempo, es de particular importancia como fuente de ingesta de plomo. El polvo en las casas podría contener plomo de superficies pintadas con plomo que se rozan entre sí. Las ventanas y puertas son una gran fuente de este tipo de polvo de plomo. Este polvo ha sido peligroso para los niños que juegan en el polvo y se llevan cosas a la boca. Otra exposición al plomo puede ser el resultado de fuentes como juguetes, muebles y linóleo antiguo. Se puede encontrar en vajillas tan diversas como: platos de cerámica, ollas de frijoles, cristalería, peltre, latón y esmalte, ciertos tipos de vajillas esmaltadas y de peltre, y vasos decorados con pintura de plomo. Además de la exposición de fuentes ambientales generales, algunos bebés y niños pequeños, como resultado de un comportamiento normal y típico, pueden recibir altas dosis de plomo por ingestión de artículos no alimentarios. La pica, la ingestión habitual de sustancias no alimentarias, que ocurre entre muchos niños pequeños, ha sido frecuentemente implicada en la etiología de la toxicidad del plomo (9).

2.2.5. Plomo en polvo

El alcance de la contribución del plomo en el aire inhalado a la carga de plomo de los niños es probablemente pequeño. Sin embargo, las partículas que contienen plomo que se depositan en el aire pueden ser responsables de altas concentraciones de plomo en el polvo que los niños ingieren. Un estudio de bebés urbanos y suburbanos (EE. UU.) Seguido desde el nacimiento hasta los 2 años de edad encontró que los niveles promedio de plomo en la sangre están altamente correlacionados con las cantidades de plomo en el polvo interior, la capa superior del suelo y la pintura en su entorno inmediato. Los niños que viven cerca de fuentes de plomo de alto nivel, como las fundiciones, tienen un alto riesgo de intoxicación por plomo (12).

El escape de los vehículos que usan gasolina con plomo es una fuente común de plomo atmosférico que contribuye al contenido de plomo en el polvo (9).

Sin embargo, otros estudios han indicado que la influencia del plomo de la gasolina en los niveles de plomo en la sangre puede ser relativamente baja. En general, el plomo en el suelo y el polvo parece ser responsable de que los niveles de plomo en la sangre en los niños aumenten por encima de los niveles de fondo cuando la concentración en el suelo o el polvo exceda de 500-1,000 mg/L (12).

La pintura a base de plomo en el hogar ha sido y sigue siendo la principal fuente de exposición a altas dosis de plomo y envenenamiento sintomático por plomo para los niños, a pesar de que el uso de plomo en pinturas para interiores ha sido restringido en algunos países por muchos años. En el pasado, algunas pinturas interiores contenían plomo, cuando ocurre, generalmente se ve en niños menores de 6 años que viven en viviendas deterioradas y más viejas (9).

2.2.6. Plomo en industrias

La inhalación e ingestión de plomo son riesgos particulares para los trabajadores de las industrias del plomo, como minería, fundición, ruptura de baterías y refinación de gasolina. Trabajos de reparación o fundición de metales, fabricación de productos químicos, cerámica y joyería. Las industrias que usan plomo o productos a base de plomo también presentan riesgos para los trabajadores. Estos incluyen radiadores y reparación automotriz, plomería y construcción (9).

2.2.7. Bioacumulación del plomo

El plomo en el medio ambiente se adsorbe fuertemente en los sedimentos y las partículas del suelo, lo que reduce su disponibilidad para los organismos. Debido a la baja solubilidad de la mayoría de sus sales, el plomo tiende a precipitarse de las soluciones complejas. El término bioacumulación indica que los organismos absorben los químicos a una concentración mayor que la que se encuentra en su entorno o en sus alimentos. El factor de bioconcentración es una forma cuantitativa de expresar la bioacumulación: la relación entre la concentración de la sustancia química en el organismo y la concentración de la sustancia química en el medio ambiente o en los alimentos (9).

El bio-aumento se refiere, en este documento, a la acumulación progresiva de productos químicos a lo largo de una cadena alimentaria. En ecosistemas acuáticos y modelos acuáticos / terrestres, la absorción por parte de los productores y consumidores primarios parece estar determinada por la biodisponibilidad del plomo. La biodisponibilidad es generalmente mucho menor siempre que haya material orgánico, sedimento o partículas minerales (por ejemplo, arcilla). En muchos organismos, no está claro si el plomo se adsorbe en el organismo o si realmente se absorbe. Los consumidores toman plomo de sus alimentos contaminados, a menudo concentraciones demasiado altas, pero sin bio-aumento (9).

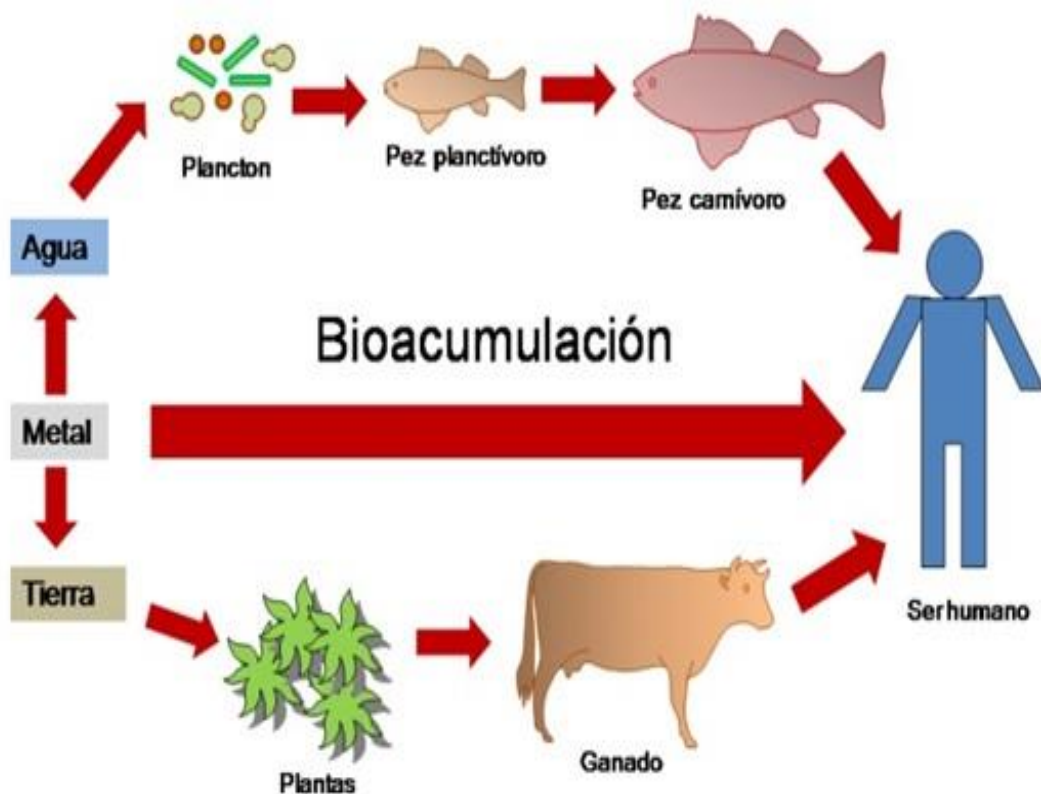


Figura 4. Acumulación de plomo en organismos

Fuente. Ecoticias (13)

2.3. Contaminación ocupacional

La intoxicación por plomo en el trabajo ha sido un peligro reconocido para la salud durante más de 2.000 años. Hipócrates y Nikander observaron en la antigüedad características de la toxicidad del plomo, como anemia, cólico, neuropatía, nefropatía, esterilidad y coma, así como Ramazzini y Hamilton en la era moderna. Los médicos han adquirido una amplia comprensión de las causas, las presentaciones clínicas y los medios para prevenir el envenenamiento por plomo. Sin embargo, sigue siendo uno de los problemas de salud ocupacional y ambiental más importantes (14).

El plomo no cumple ninguna función biológica útil en el cuerpo humano. En los últimos años, ha aumentado la preocupación por los efectos en la salud de la exposición al plomo de bajo nivel y la carga corporal "normal" del plomo. En el ámbito laboral, el nivel actual de "ausencia de efectos" para la exposición al plomo se está reevaluando actualmente a medida que se ponen a disposición medidas más sensibles de los efectos fisiológicos del plomo a través de investigaciones clínicas (14).

Con base en el conocimiento actual de los efectos del plomo en la salud de los adultos, el Servicio de Salud Pública de EE. UU ha declarado un objetivo la eliminación de todas las exposiciones que resultan en concentraciones de plomo en la sangre superiores a 25 µg/dl en trabajadores (14).

El plomo y los compuestos de plomo juegan un papel importante en la industria moderna, siendo el plomo el metal no ferroso más utilizado. Una amplia variedad de población industrial está en riesgo de exposición ocupacional al plomo. Según las estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), más de 3 millones de trabajadores en los Estados Unidos están potencialmente expuestos al plomo en el lugar de trabajo (14).

La exposición ocupacional al plomo en la industria en general está regulada por la Norma de plomo de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de 1978. El estándar general de la industria especifica los límites permisibles de exposición al plomo en el aire es de 50 µg/ m³ , así como los

niveles de plomo en la sangre. Un estándar de construcción, recientemente extendido para cubrir a los trabajadores en la construcción (14).

2.4. Aspectos biológicos del plomo

2.4.1. Absorción

El plomo puede ser absorbido por el cuerpo por ingestión, inhalación o por la piel. La absorción de plomo de diferentes fuentes depende de muchos factores, como la cantidad de plomo presentada a los portales por unidad de tiempo y los estados físicos y químicos en los que se presenta el plomo. También está influenciado por factores como la edad y el estado fisiológico. Para la mayoría de las personas, la principal vía de absorción es el tracto gastrointestinal. Los estudios sobre el plomo ingerido indican que no se absorbe más del 10% del tracto gastrointestinal y que la mayoría se desmaya en las heces. La absorción intestinal de plomo por los niños es mucho mayor que en los adultos. La deficiencia nutricional de hierro aumenta la toxicidad del plomo, lo que genera preocupación entre las mujeres embarazadas y los niños pequeños son más susceptible a la toxicidad del plomo. Además, la vitamina D estimula la absorción de plomo a diferencia de los compuestos inorgánicos de plomo, los compuestos solubles en lípidos como el tetraetilo de plomo y el naftalenato de plomo penetran en la piel en un grado significativo. La absorción de plomo a través de la piel es diferente de la absorción gastrointestinal de plomo, ya que el plomo se transporta primero al plasma y se concentra rápidamente en la reserva de líquido extracelular del sudor y la saliva sin una absorción significativa por parte de los eritrocitos. La absorción gastrointestinal de plomo es menor en adultos que en niños, con un estimado de 10 a 15 por ciento de plomo en la dieta de un adulto absorbido gastrointestinalmente. El grado de absorción de plomo aumenta considerablemente con el ayuno o en personas cuya dieta es deficiente en calcio, hierro, fósforo o zinc (15).

2.4.2. Distribución

El modelo más comúnmente utilizado para la distribución y retención de plomo en el hombre es el propuesto por O'Flaherty, que se basa en el modelo farmacocinético (PBPK) este nos sirve para predecir la adsorción, distribución, metabolismo y excreción de plomo en niños y adultos. La sangre contiene

plomo en una forma no difusible unida a los eritrocitos y en una forma difusible en plasma. El plasma ocupa una posición central en el equilibrio de distribución y se espera que refleje la concentración de plomo en todos los tejidos del cuerpo: el plomo absorbido en el cuerpo, ya sea por ingestión oral o por inhalación, ingresa al torrente sanguíneo donde se adhiere rápidamente a la sangre roja. células o se transporta a los tejidos blandos. Posteriormente, se transfiere al hueso donde el reservorio es grande con una vida media larga. En ausencia de una exposición previa significativa, el plomo dentro de los glóbulos rojos se encontró unido principalmente a la hemoglobina. El plomo en la sangre se une principalmente a los glóbulos rojos (99%) en lugar de al plasma. Dentro de la célula, el 50% se une a la hemoglobina y otra a las proteínas. La deficiencia de hierro está bien documentada para aumentar la susceptibilidad a la intoxicación por plomo (9,15).

Las concentraciones de plomo en tejidos humanos y orgánulos celulares se han examinado cuidadosamente. Algunos investigadores han sugerido una preferencia por la unión a las mitocondrias. Entre los órganos del cuerpo, el mayor porcentaje de plomo se lleva al riñón, seguido por el hígado y otros tejidos blandos como el corazón y el cerebro, pero el plomo en el esqueleto representa la fracción principal del cuerpo. Dentro del esqueleto, el plomo se incorpora al mineral en lugar de calcio. Allí representa aproximadamente el 94-95% de la carga corporal total en adultos y aproximadamente el 70% en niños pequeños. El plomo se transfiere fácilmente a través de la placenta y la concentración de plomo en la sangre de los recién nacidos es similar a la de sus madres, lo que sugiere que el plomo se equilibra entre la madre y el feto y la mayor movilización del plomo en los huesos durante el embarazo también puede continuar aumentando (9).

Los estudios sobre el sistema inmunitario revelan que el plomo inorgánico administrado por vía oral afecta al sistema inmunitario al deprimir la respuesta de anticuerpos, la IgG en suero y la disminución del peso del timo. Se necesitan más estudios para explorar más detalles. Se sabe que varios factores aumentan el recambio óseo, como el embarazo, la lactancia, la quimioterapia, la infiltración tumoral del hueso o la osteoporosis posmenopáusica pueden estar asociados con la movilización de plomo en las tienditas, lo que conduce a

una toxicidad crónica por plomo. También se sabe que el hipotiroidismo aumenta el recambio óseo, rara vez se ha implicado en la patogénesis del envenenamiento por plomo (9).

2.4.3. Excreción

El plomo inorgánico no se metaboliza y la excreción es baja principalmente a través del tracto urinario. El plomo absorbido se elimina principalmente a través del riñón en la orina (alrededor del 76%) y, en menor medida, por el tracto gastrointestinal (alrededor del 16%) a través de la secreción biliar. Otras vías de eliminación (cabello, uñas, sudor y piel exfoliada) representan aproximadamente el 8%. El plomo también se excreta en la leche en concentraciones de hasta 12 %. En general, el plomo se excreta muy lentamente del cuerpo con su vida media biológica estimada en 10 años, lo que facilita la acumulación en el cuerpo (9).

Normas OSHA y EPA

En lugares de trabajo, el límite permisible promedio de plomo es $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por la jornada de 8 horas (OSHA, Occupational Safety Health Administration, Department of Labor, Washington, DC). Pero, OSHA requiere pruebas de plomo en sangre para trabajadores expuestos a concentraciones de $\geq 30 \mu\text{g}/\text{dL}$ en el aire por más de 30 días al año. Si el nivel sanguíneo es $>40 \mu\text{g}/\text{dL}$, la compañía debe notificar al empleado por escrito ofreciéndole una evaluación médica. Si el nivel sanguíneo llega a $60 \mu\text{g}/\text{dL}$ o resulta en un promedio de $\geq 50 \mu\text{g}/\text{dL}$ en ≥ 3 pruebas, la compañía debe relevarlo de esa exposición excesiva, manteniendo su sueldo y tiempo de servicio hasta un nivel $<40 \mu\text{g}/\text{dL}$ (16).

Se considera no contaminada a la tierra o polvo con concentraciones de plomo $<50 \text{ ppm}$ (partes por millón); pero, en muchas áreas urbanas las concentraciones de plomo exceden $200 \text{ mg}/\text{L}$. La EPA (Environmental Protection Agency, Washington, DC) recomienda 400 ppm de peso en áreas accesibles al juego de niños y a 1200 ppm en áreas no accesibles al juego. La EPA también recomienda ausencia completa del plomo en el agua potable y $15 \mu\text{g}/\text{dL}$ como nivel que requiere acción. La FDA (Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services, Washington, DC) recomienda acción si se encuentra el plomo a un nivel $0.5 \mu\text{g}/\text{dL}$ en alimentos destinados

para infantes y niños y ha eliminado el uso de envases que usan soldadura de plomo (16)

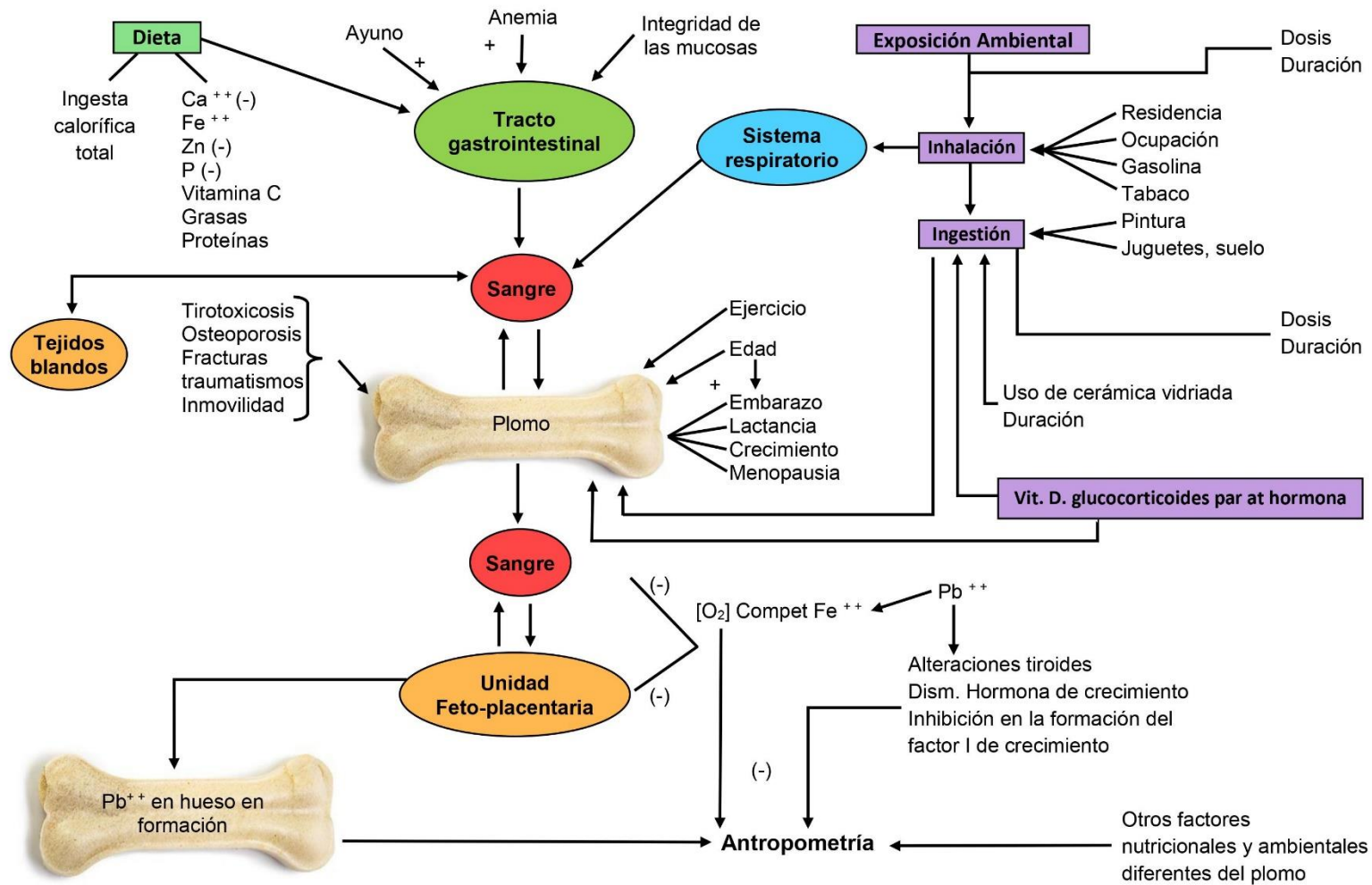


Figura 5. Absorción y distribución del plomo en el organismo

Fuente. Geocities (16)

2.5. Consecuencias de la intoxicación con plomo

2.5.1. Trastorno por déficit de atención con hiperactividad

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es una afección común, perjudicial y poco conocida con características cognitivas y emocionales asociadas, que ocurre en aproximadamente 3% a 6% de los niños en todo el mundo. Aunque el TDAH está influenciado por la responsabilidad genética, también tiene influencias ambientales que probablemente surjan a través del genotipo por la interacción ambiental y pueden implicar efectos epigenéticos, aunque esto sigue siendo controvertido. El plomo se encuentra entre estas influencias conocidas. Esta asociación se mantiene incluso en los niveles de exposición relativamente más bajos que ahora son comunes en los países desarrollados, aclarando por qué los niveles reducidos de plomo no se han correlacionado con una menor incidencia de TDAH. Estudios recientes sugieren que el efecto es causal y no un artefacto de confusión no medida (17).

2.5.2. Nefrotoxicidad

El plomo es un nefrotóxico bien conocido que también puede actuar como cofactor con otros factores de riesgo renal establecidos para aumentar el riesgo de enfermedad renal crónica a niveles muy bajos de exposición. La exposición al plomo que causa disfunción renal se caracteriza por una disminución en las estimaciones de la tasa de filtración glomerular en adolescentes en los Estados Unidos y en la albuminuria y una disminución en la tasa de filtración glomerular estimada en adultos en los Estados Unidos. Asociado con estos cambios en la función renal hay evidencia de nefropatía tubular proximal, fibrosis peritubular y lesiones intersticiales. No está claro qué mecanismos celulares son responsables de la nefrotoxicidad del plomo. Existe evidencia de que el plomo causa estrés oxidativo en el hígado y el cerebro después de la exposición a largo plazo en ratones y ratas. Curiosamente, en comparación con el hígado, el cerebro o los órganos renales, la cantidad de plomo acumulada dentro del riñón fue aproximadamente de 3 a 4 veces mayor; sin embargo, el riñón no mostró ninguna evidencia de estrés oxidativo mientras que el hígado y el cerebro sí. Otro estudio que no mostró evidencia de estrés oxidativo inducido por plomo fue un estudio de dosificación aguda en ratas que aumentó significativamente

la actividad y la expresión de glutatión S-transferasa. Sin embargo, los cultivos primarios de túbulo proximales de rata mostraron una disminución de la viabilidad celular con un aumento simultáneo en los indicadores de estrés oxidativo, disfunción mitocondrial y un aumento de la actividad de catalasa y superóxido dismutasa (18).

Los efectos del estrés oxidativo mediado por el plomo se vuelven más complicados si se considera que el 99% del plomo en sangre total se acumula en los glóbulos rojos. Un estudio reciente muestra que las células del riñón humano (HK-2) aumentan la fagocitosis de los glóbulos rojos tratados con plomo que provocó un aumento del estrés oxidativo. En el mismo estudio, los riñones de las ratas que recibieron plomo a través del agua potable durante 12 semanas mostraron evidencia de una mayor incorporación de glóbulos rojos por una mayor tinción de hierro y una mayor tinción del marcador de estrés oxidativo. Además de causar efectos nefrotóxicos, a niveles no citotóxicos más bajos, el plomo causa la proliferación celular; siendo las células epiteliales del túbulo proximal las más sensibles a los efectos proliferativos. La presencia de proteínas de unión al plomo en cuerpos de inclusión citosólicos e intranucleares también puede estar involucrada en los cambios inducidos por el plomo en la proliferación celular. Si bien el plomo está claramente asociado con la nefrotoxicidad en humanos, los estudios experimentales publicados son contradictorios y no muestran un mecanismo unificado de nefrotoxicidad inducida por el plomo. Se necesita más investigación para identificar el papel exacto del estrés oxidativo en la nefrotoxicidad inducida por plomo y qué papel puede tener el plomo en la proliferación de células epiteliales del túbulo proximal durante la reparación o regeneración tubular (18).

2.5.3. Otros efectos importantes en la salud

El plomo es un contaminante dietético natural y antropogénico. El plomo provoca una variedad de efectos adversos dependientes de la dosis. Los sistemas nerviosos del feto, el lactante y el niño son los más susceptibles. En adultos, la exposición a largo plazo se asocia con un mayor riesgo de cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular cerebrovascular y una ligera elevación de la presión arterial sistólica. Los bebés y los niños tienen la mayor

exposición al plomo en función del peso corporal, y su absorción del tracto gastrointestinal es cuatro veces mayor que la de los adultos. En bebés y niños hay una asociación negativa entre el coeficiente intelectual de desarrollo (CI) y los niveles de plomo en la sangre. Una exposición crónica al plomo de 30 $\mu\text{g}/\text{día}$ corresponde a una disminución de 1 punto de CI. En adultos, 80 $\mu\text{g}/\text{día}$ corresponde a un aumento de 1 mmHg en la presión arterial sistólica. Las exposiciones alimentarias al plomo se han reducido significativamente en muchos países, mientras que en otros no han demostrado disminuciones similares (19).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El desarrollo de la presente investigación bibliográfica fue desarrollado usando palabras clave como; *“plomo”*, *“contaminación por plomo”*, *“lead”*, *“lead posisoning”*, *“toxicity of lead”*, *“lead in health”* y/o *“Lead in child”*, *“lead in blood”*, *“lead in skeleton”*. Se recopilaron artículos científicos de bases de datos como Scopus, Science Direct, Google Scholar de los últimos 5 años.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hauptman M *et al.* 2017. En cuanto a las consecuencias en la infancia y consecuencias familiares de la contaminación por plomo es una condición compleja y multifacética que afecta no solo la salud y el bienestar del niño, sino también la seguridad de la vivienda, el estado económico, la seguridad laboral y el nivel de estrés de la familia. Los bebés y los niños tienen un mayor riesgo que los adultos de exposición al plomo debido a su tamaño más pequeño y a una dosis proporcionalmente mayor de toxinas ingeridas, su proximidad a la tierra y el polvo del interior, su energía y curiosidad y su comportamiento oral de exploración, su proporción diaria mayor. Ingesta de agua y leche, y preferencias dietéticas que difieren notablemente de las de los adultos (20).

Rifas S, *et al.* 2019. En relación de la contaminación y comportamiento infantil la cual tuvo la finalidad de encontrar una asociación entre la exposición prenatal al plomo y la función ejecutiva infantil y los comportamientos sociales, emocionales y de autorregulación. La concentración media de plomo en los eritrocitos maternos fue de 1.2 µg/dL (rango intercuartílico [RIQ] 0.8-1.5 µg/dL), equivalente a aproximadamente 0.4 µg/dL en sangre total. Se encontró que hubo pocas asociaciones estadísticamente significativas con la función y el comportamiento ejecutivo de la infancia. Sin embargo, hubo una tendencia de peores puntajes neuroconductuales con concentraciones crecientes de plomo prenatal, en particular para problemas emocionales infantiles y la capacidad de planificar/organizar y cambiar (21).

Rifas S, *et al.* 2019. Encontraron una relación de áreas de contaminación y niveles de plomo infantil la cual se observó la distribución de los niños en la Franja de Gaza mediante el proceso de muestreo ilustra a esos 326 niños (19.1%) que viven en unidades de procesamiento de plomo (puntos calientes) y 1379 niños (80.9%) desde un lugar alejado a 100–500 m del lugar de acogida (población general). La media del nivel de plomo en sangre BLL fue de 10.4 µg/dL. Se encontró que un total de 440 niños (25.8%) tenían $BLL \geq \mu\text{g/dL}$

mientras que 1265 niños (74.2%) tienen BLL <10 µg/dL. BLL < µg/dL se tomó como punto de corte debido a los estándares internacionales. La prevalencia de BLL en áreas críticas en niños que estuvieron expuestos al plomo y tienen BLL ≥10 µg/dL fue de 95.7%, mientras que en la población general fue de 9.3%. La diferencia entre la población de estudio fue estadísticamente significativa ($p < 0.01$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones de estudio entre varias variables independientes de factores de riesgo, como la ubicación del hogar y las fuentes de exposición, y la exposición ocupacional. La sonda de d-penicilamina redujo significativamente el BLL al nivel aceptable (BLL <10 µg / dl) (22).

Shadbegian R, *et al.* 2019. Encontraron relación de contaminación por plomo infantil y el rendimiento educativo en la cual la exposición en la primera infancia a bajos niveles de plomo causó déficits persistentes en el rendimiento educativo en todos los grados. En cada grado (3–8), los niños con niveles más altos de plomo en sangre tenían, en promedio, puntajes de percentil más bajos en matemáticas y lectura que los niños con niveles más bajos de plomo en sangre. En nuestro modelo primario, encontramos que los niños con BLL = 5 µg/dL en la primera infancia clasificaron los percentiles 0.90–1.20 (1.35–1.55) más bajos que los niños con BLL ≤1 µg/dL en las pruebas de matemáticas durante los grados 3–8. A medida que los niños progresaban en la escuela, el déficit de percentil promedio en sus puntajes de prueba se mantuvo estable. Este estudio muestra que los efectos adversos de la exposición en la primera infancia a niveles bajos de plomo persisten hasta la adolescencia temprana, y que la magnitud del déficit del percentil de puntaje de prueba permanece estable entre los grados (23).

Emmer L, *et al.* 2020. Estudiaron el manejo de armas de fuego y niveles de plomo en sangre de niños donde se observó la proporción de violencia con armas de fuego atribuible a plomo en la sangre ≥5 µg/dL fue del 56% por perpetración y 51% por victimización. En Milwaukee, durante un período de altas exposiciones al plomo, los niveles de la infancia pueden haber contribuido sustancialmente a la violencia de las armas de fuego en adultos. Si bien se pudo concluir definitivamente la causalidad, la posibilidad de que más de la mitad de la violencia con armas de fuego en esta muestra pueda deberse a la

exposición al plomo sugiere la importancia potencial de la reducción de la exposición al plomo en los esfuerzos de prevención de la violencia con armas de fuego (24).

Galletly C, *et al.* 2016. Según su investigación sobre estilo de vida y contaminación por plomo en edad infantil y su repercusión en la edad adulta, luego de una examinación de asociaciones a largo plazo entre la exposición al plomo en la infancia, el trauma infantil y el uso de sustancias para adultos, y las experiencias psicóticas subclínicas (SPEs) en el Estudio de los participantes adultos fueron inicialmente 402 (175 hombres, 227 mujeres) de 25 a 29 años de edad, seguidos del Estudio de cohorte que comenzó en 1979 (55,6% de la cohorte original). Se realizaron análisis de regresión lineal múltiple en una submuestra de 158 participantes para los cuales había datos adecuados disponibles. Las variables examinadas como correlatos de SPEs positivos, negativos y depresivos incluyeron el estado socioeconómico al nacer, el nivel acumulativo de plomo en la sangre a los 7 años, la salud mental materna, el funcionamiento familiar y la capacidad cognitiva a los 11-13 años, y las experiencias adversas en la infancia, el consumo de alcohol y el consumo de cannabis fue evaluado durante la edad adulta. Los niveles acumulativos de plomo en la sangre a los 7 años se asociaron de forma variable con la frecuencia de SPEs positivos en la edad adulta; sin embargo, esta relación no fue significativa cuando se contabilizaron otras variables. Las experiencias adversas en la infancia y el uso de sustancias (consumo de cannabis en particular) fueron correlatos significativos de los SPE en la edad adulta (25).

Beckwith T, *et al.* 2018. Su estudio sobre la psicopatía total en una población adulta con exposición infantil al plomo se ha correlacionado con actos de delincuencia y comportamiento criminal; Sin embargo, se han realizado pocas investigaciones para examinar su influencia potencial a largo plazo en factores de comportamiento como la personalidad, específicamente la personalidad psicópata. Los estudios de neuroimagen han demostrado que los efectos de la exposición al plomo en la infancia persisten en la edad adulta, con anomalías estructurales que se encuentran en las regiones de materia gris y blanca involucradas en la toma de decisiones conductuales. En el estudio actual examinó si las mediciones de psicopatía en adultos se asociaron con

diferencias cerebrales estructurales para una cohorte longitudinal con exposición medida al plomo en la infancia. Presumimos que el aumento de las puntuaciones de psicopatía total y el aumento de la concentración de plomo en la sangre a los 78 meses de edad, se asociarían inversamente con las medidas volumétricas de las estructuras cerebrales de la materia gris y blanca responsables del procesamiento ejecutivo y emocional. Los análisis no mostraron un efecto directo entre el puntaje total de psicopatía y el volumen de materia gris; sin embargo, se observó un volumen reducido de materia blanca en el cerebelo y el tronco encefálico en relación con el aumento de las puntuaciones totales de psicopatía. También se detectó una interacción entre el sexo y el puntaje de psicopatía total. Las mujeres mostraron un aumento en el volumen de materia gris en los lóbulos frontal, temporal y parietal asociados con un aumento en la puntuación de psicopatía total, pero no mostraron ninguna diferencia en el volumen de la materia blanca. Los varones mostraron principalmente reducciones en el volumen cerebral frontal de la materia gris y blanca en relación con el aumento de las puntuaciones de psicopatía total. Además, el volumen reducido de materia gris y blanca se asoció con aumento de los niveles de plomo en la sangre en los lóbulos frontales; También se observó un volumen reducido de materia blanca en los lóbulos parietales y temporales. Las mujeres demostraron una pérdida de volumen de materia gris y blanca asociada con un aumento de los valores de PbB78 (plomo en sangre a los 78 meses de edad) en el lóbulo temporal derecho, así como un volumen reducido de materia gris en el lóbulo frontal. Los varones mostraron volúmenes reducidos de la materia blanca asociados con valores aumentados de PbB78 en los lóbulos frontal, temporal y parietal. La comparación de los dos modelos primarios reveló una disminución volumétrica en la materia blanca de la corteza prefrontal izquierda asociada con un aumento en las puntuaciones de psicopatía total y una mayor concentración de plomo en la sangre en los varones. Los resultados de este estudio sugirieron que el aumento de las puntuaciones de psicopatía en esta cohorte puede atribuirse a las anomalías neuroanatómicas observadas y que la exposición al plomo en la infancia puede influir en estos resultados (26).

Lui Y. *et al.* 2019. Las exposiciones prenatales y de plomo en la primera infancia se han asociado con una reducción de peso en bebés y niños pequeños, mientras que los estudios que han examinado tales asociaciones en niños durante la peripubescencia son raros. El plomo óseo materno (como sustituto de la exposición fetal acumulada) se evaluó 1 mes después del parto. Se obtuvieron muestras de sangre de niños anualmente de 1 a 4 años. Se utilizaron modelos de regresión lineal multivariable para examinar la asociación la circunferencia de la cintura, la suma de los pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa corporal en 248 niños de 8 a 16 años. Se observa una asociación significativa e inversa de la exposición prenatal al plomo con la composición corporal en niños mexicanos, lo que sugiere el papel potencial de la exposición temprana al plomo en la programación fetal del crecimiento infantil. Se necesita más investigación sobre los mecanismos biológicos subyacentes a estas asociaciones (27).

Horton M. *et al.* 2018. Según su estudio sobre biomarcadores de exposición prenatal y en la primera infancia al manganeso (Mn), zinc (Zn) y plomo (Pb) y comportamiento infantil. Entre los 133 sujetos incluidos en un estudio, la dentina prenatal y postnatal temprana Mn parecía proteger contra los problemas de comportamiento de la infancia, específicamente la hiperactividad y la atención. La dentina postnatal Mn se asoció con una mayor notificación de problemas de internalización, específicamente ansiedad. A los 6 meses, un aumento de 1 unidad en Mn se asoció con un aumento de 0,18 unidades en el puntaje de síntomas de internalización y un aumento de 0,25 unidades en ansiedad. La Pb postnatal se asoció con un aumento de los síntomas de ansiedad; a los 12 meses, un aumento de 1 unidad en Pb se asoció con un aumento de 0,4 unidades en los síntomas de ansiedad. Cuando se examinó como una mezcla de metales, observamos dos posibles ventanas de susceptibilidad al aumento de los síntomas de ansiedad: la primera ventana (0–8 meses) fue impulsada por Mn, la segunda ventana (8–12 meses) fue impulsada por la mezcla de metales y dominada por Pb. Un aumento de 1 unidad en el índice de mezcla se asoció con un aumento de 0,7 unidades en síntomas de ansiedad. Los comportamientos infantiles pueden demostrar ventanas postnatales de susceptibilidad a las concentraciones de metales individuales y mixtas medidas

en dientes deciduos. La dentina prenatal Mn puede ser protectora, mientras que el Mn postnatal temprano excesivo puede aumentar el riesgo de comportamientos adversos. En combinación, las concentraciones más altas de Mn, Zn y Pb pueden tener un impacto adverso en el comportamiento (28).

Skoder H. *et al.* 2016. Su investigación sobre la Exposición temprana al plomo en niños y el daño renal se concluyó sobre la exposición al plomo, un contaminante ambiental común, causa efectos cardiovasculares y nefrotóxicos en adultos. Sin embargo, los efectos potenciales de la exposición temprana al plomo en estas funciones están menos caracterizados. Evaluar la presión arterial y la función renal en niños en edad preescolar en relación con la exposición prenatal al plomo. Este estudio prospectivo en zonas rurales de Bangladesh midió la presión arterial sistólica y diastólica de los niños por triplicado en el seguimiento a los $4,5 \pm 0,11$ años. La exposición al plomo se evaluó mediante concentraciones en la sangre de las madres (fracción de eritrocitos; Ery-Pb) en las semanas de gestación (GW) 14 y 30, cuyos efectos se evaluaron por separado en análisis de regresión lineal ajustados multivariantes. No encontramos asociaciones entre la exposición materna al plomo [$n \sim 1500$ para GW14 y 700 para GW30] y la presión arterial de los niños o TFGe. Sin embargo, encontramos una asociación inversa entre el plomo en la gestación tardía y el volumen renal, aunque el tamaño de la muestra fue limitado ($n = 117$), pero no con el plomo en la gestación temprana ($n = 573$). Un aumento de $85 \mu\text{g} / \text{kg}$ en Ery-Pb (concentración media en GW30) se asoció con una disminución de $6,0 \%$ en el volumen renal. Después de estratificar por género, parecía haber una asociación algo más fuerte en las niñas. La exposición prenatal al plomo puede causar efectos duraderos en el riñón (30).

Taylor M. *et al.* 2019. Se estudió sobre la exposición por actividad industrial y su repercusión en la salud de los niños. La ciudad de Port Pirie, en el sur de Australia, ha sido un centro líder mundial en la fundición y procesamiento de plomo y zinc desde 1889 que continúa causando contaminación de su medio ambiente y la población residente. En el estudio, se obtuvieron y analizaron datos de presentación del departamento de emergencia y plomo en sangre recopilados por South Australia Health (SA Health) y datos de plomo en el aire y SO_2 recopilados por la Autoridad de Protección Ambiental de Australia del Sur

(SAEPA) para cuantificar los resultados de salud debido a las emisiones de fundición en Port Pirie. Los resultados muestran que los aumentos en las concentraciones ambientales de SO₂ están asociados con mayores tasas de presentaciones respiratorias en el departamento de emergencias de los residentes de Port Pirie, en los que los niños están sobrerrepresentados. El promedio móvil de 30 días de presentaciones respiratorias se asoció significativamente ($p < 0.05$) con incrementos incrementales en SO₂. El análisis de la relación entre el plomo en el aire y el plomo en la sangre muestra que las concentraciones medias anuales geométricas de plomo en el aire deben ser $< 0.11 \mu\text{g} / \text{m}^3$ para garantizar que el plomo en la sangre geométrico promedio de los niños de Port Pirie menores de 5 años sea $\leq 5 \mu\text{g} / \text{dL}$. Para los niños de 24 meses de edad, el plomo en el aire no debe ser mayor de $0.082 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (media geométrica anual) para garantizar que el plomo en sangre promedio geométrico no supere los $5 \mu\text{g} / \text{dL}$. Las emisiones actuales de fundición siguen representando un claro riesgo de daño para los niños de Port Pirie. Los resultados adversos para la salud infantil, incluidas las enfermedades respiratorias y el coeficiente intelectual, el rendimiento académico y los problemas socioconductuales asociados con la exposición al plomo a los niveles experimentados por los niños de Port Pirie. Es probable que los niveles actuales de SO₂ (Dióxido de azufre) sean responsables del aumento de las tasas de presentaciones respiratorias en el departamento de emergencias en Port Pirie en comparación con otras ubicaciones del sur de Australia. El plomo en el aire debe ser aproximadamente un 80% más bajo que el estándar nacional actual ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para garantizar que el plomo en sangre geométrico de niños menores de 5 años sea menor o igual a $5 \mu\text{g} / \text{dL}$ (31).

Health impacts from Port Pirie smelter — Australia

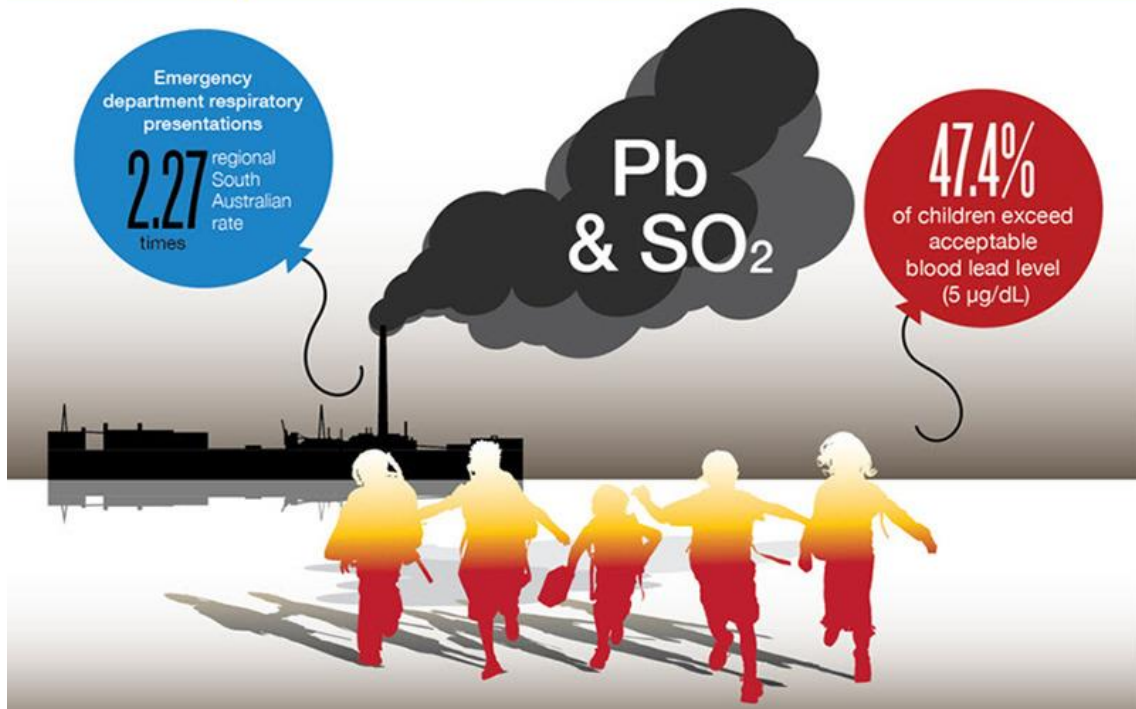


Figura 6. Exposición de niños al SO_2 y Pb

Fuente. Taylor *et al.* (31)

CONCLUSIÓN

Se concluye que la exposición a este metal la principal causa de toxicidad. La exposición prenatal repercute en el comportamiento y reacción emocional infantil y la capacidad de planificar y organizar. La exposición en la primera infancia a bajos causa déficits persistentes en el rendimiento educativo y reducción de peso en bebés y niños pequeños. La exposición postnatal se asoció con un aumento de los síntomas de ansiedad.

Asimismo la exposición al plomo tiene como consecuencia una disminución volumétrica en la materia blanca de la corteza prefrontal izquierda asociada con un aumento en las puntuaciones de psicopatía total.

La contaminación por plomo se asocia a efectos negativos duraderos en el riñón, incluidas las enfermedades respiratorias, el coeficiente intelectual, el rendimiento académico y los problemas socioconductuales.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Es necesaria una mayor difusión en los medios de comunicación de las causas y consecuencias de la contaminación ambiental en nuestra ciudad, para ir generando en la población una mayor conciencia de la problemática medio ambiental.

SEGUNDA: Es importante que la familia se constituya como un agente activo de creación y fortalecimiento de actitudes y comportamientos positivos frente al medio ambiente.

TERCERA: Mejorar el grado de conocimiento ambiental en los estudiantes universitarios; la educación ambiental debe ser desarrollada por profesionales en el tema; los docentes y alumnos deberían tener una participación activa para lograr una proyección positiva en el cuidado del medio ambiente.

CUARTA: Considerar en el currículo educativo cursos relacionados al tema ambiental, que se ocupen de definiciones básicas generales, de las causas y consecuencias del deterioro del medio ambiente (causas y consecuencias de la contaminación del suelo, aire, agua, etc.); así como de lo relacionado a la política e institucionalidad ambiental en los ámbitos nacional y regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thompson L. Lead. *Veterinary Toxicology (Third Edition)*. 2018;; p. 439-443.
2. Gwaltney-Brant S. Lead. In: Plumlee, K.H. (Ed.). *Clinical Veterinary Toxicology*. 2004;; p. 204-210.
3. Herbert L, Bellinger D. Lead Hazards and Poisoning. *International Encyclopedia of Public Health (Second Edition)*. 2017;; p. 377-383.
4. Azadani E. Lead Exposure and Caries in Children. *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*. 2019;; p. 47-55.
5. Ruden D, Possidente G, Lnenicka H, Hirsch H. *Drosophila* as a Model for Toxicogenomics of Lead. *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*. 2019;; p. 187-193.
6. Okdiario. Un metal con graves efectos dañinos sobre la salud. Características del plomo. [Online].; 2017 [cited 2019 Febrero 23. Available from: <https://okdiario.com/curiosidades/caracteristicas-del-plomo-876178>.
7. Acumuladoreselectricosplomo. Acumulador Eléctrico de Plomo. [Online].; 2012 [cited 2019 Febrero 23. Available from: <http://acumuladoreselectricosplomo.blogspot.com>.
8. Camimex. Plomo. [Online].; 2012 [cited 2019 Febrero 23. Available from: <https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/sala-de-prensa/uso-de-los-metales/plomo/>.
9. Swaran J, Govinderf , Geetu S. Environmental occurrence, health effects and management of lead poisoning. *Lead - J.S. Casas and J. Sordo (Editors)*. 2006;; p. 159-219.
10. WHO. Guidelines for drinking water quality. Health criteria and other supporting information. Segunda ed. Geneva: World Health Organization; 1996.

11. EPA. Lead: U.S. Environmental Protection Agency; 1999.
12. Silbergeld E. Environ. Health Perspect.,; 1991.
13. Ecoticias. ¿Qué es la bioacumulación de tóxicos? [Online].; 2016 [cited 2019 Febrero 23. Available from: <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/115317/bioacumulacion-toxicos>.
14. Zenz C, Dickerson J, Horvath E. Occupational Medicine Norwalk: Conn. Appleton & Lange; 1994.
15. Rosenstock L, Cullen M. Textbook of Occupational and Environmental Medicine, Philadelphia: Saunders; 1994.
16. Geocities. Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. [Online].; 1998 [cited 2019 Febrero 23. Available from: http://www.geocities.ws/cyborgio2002/Articulos_boletin/plomo_hueso4.htm.
17. Nigg J. Lead and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition). 2019;; p. 33-38.
18. Edwards J, Prozialeck W. Renal Toxicology/Nephrotoxicity of Metals and Nanometallic Particles: Arsenic, Bismuth, Cadmium, Chromium, Indium, Lead, Platinum, Uranium, and Metallic Mixtures. Comprehensive Toxicology (Third Edition). 2018; 14: p. 487-506.
19. Carrinton C, Bolger P. Toxic Metals: Lead. Encyclopedia of Food Safety. 2014; 2: p. 349-351.
20. Hauptman M, Bruccoleri R, Woolf A. An Update on Childhood Lead Poisoning. Clinical Pediatric Emergency Medicine. 2017; 18(3): p. 181-192.
21. Rifas S, Fruh V, Amarasiriwardena C, CArdenas , Bellinger D, Wise L, et al. Prenatal lead exposure and childhood executive function and behavioral difficulties in project viva. NeuroToxicology. 2019; 75: p. 105-115.
22. Safi J, Yassin M, El-Nahhal Z, Abed Y, Safi M, Suleiman H. Childhood lead poisoning in Gaza Strip, the Palestinian Authority. Journal of Trace

Elements in Medicine and Biology. 2019; 54: p. 118-125.

23. Shadbegian R, Guignet D, Klemick H, Linda B. Early childhood lead exposure and the persistence of educational consequences into adolescence. *Environmental Research*. 2019; 178: p. 108643.
24. Emmer L, Kalkbrenner E, O'Brien M, Yan A, Cisler R, Weinhardt L. Association of childhood blood lead levels with firearm violence perpetration and victimization in Milwaukee. *Environmental Research*. 2020; 180: p. 108822.
25. Galletly C, Clark L, McFarlane A, Searle A, Sawyer M, Sim M, et al. Childhood lead exposure, childhood trauma, substance use and subclinical psychotic experiences—a longitudinal cohort study. *Psychiatry Research*. 2016; 239: p. 54-61.
26. Beckwith T, Dietrich K, Wright J, Altaye M, Cecil K. Reduced regional volumes associated with total psychopathy scores in an adult population with childhood lead exposure. *NeuroToxicology*. 2018; 67: p. 1-26.
27. Liu Y, Peterson K, Montgomery K, Sánchez B, Zhenzhen Z, Afeiche M, et al. Early lead exposure and childhood adiposity in Mexico city. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2019; 222(6): p. 965-970.
28. Horton M, Hsu L, Henn B, Margolis A, Austin C, Svensson K, et al. Dentine biomarkers of prenatal and early childhood exposure to manganese, zinc and lead and childhood behavior. *Environment International*. 2018; 121: p. 148-158.
29. Gunay R, Zehra F, Isikli S. The effect of positive childhood experiences on adult personality psychopathology. *Personality and Individual Differences*. 2020; 158: p. 109862.
30. Skoder H, Hawkesworth S, Moore S, Wagatsuma Y, Kippler M, Vahter M. Prenatal lead exposure and childhood blood pressure and kidney function. *Environmental Research*. 2016; 151: p. 628-634.

31. Taylor M, Faye C, Glover J. Prevalence of childhood lead poisoning and respiratory disease associated with lead smelter emissions. *Environment International*. 2019; 127: p. 340-352.