



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**Determinación de plomo en sangre en personas adultas
del Fundo Oquendo del distrito del Callao**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTORES

Erika Mariela ORTEGA VEGA

Wendy Marleni LANDA ALVARADO

ASESOR

José Antonio LLAHUILLA QUEA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ortega, E. & Landa, W. Determinación de plomo en sangre en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2019.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código Orcid del autor (dato opcional):

Código Orcid del asesor o asesores (dato obligatorio): <https://orcid.org/0000-0002-3926-8069>

DNI del autor:

Ortega Vega, Erika Mariela DNI 47504649

Landa Alvarado, Wendy Marleni DNI 74762159

Grupo de investigación: Ninguno

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Ninguno

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación. Debe incluir localidades y coordenadas geográficas

El ex fundo Oquendo se encuentra ubicado en el Departamento: Callao, Provincia: Callao,

Distrito: Callao.

Latitud: -11.9725 Longitud: -77.1189

Año o rango de años que la investigación abarcó: 2017-2019



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

"Determinación de plomo en sangre en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao"

Que presentan las Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

**ERIKA MARIELA ORTEGA VEGA Y
WENDY MARLENI LANDA ALVARADO**

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

Dieciocho (18) - Sobresaliente

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 19 de julio de 2019.

[Firma]
Q.F. Tox. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Presidente

[Firma]
Dr. Mesías Moisés García Ortiz
Miembro

[Firma]
Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes
Miembro

[Firma]
Q.F. Luz Kathia Hernández Calderón
Miembro

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"



Dedicatoria

A Dios, por protegerme y darme las fuerzas necesarias para terminar cada objetivo trazado en mi vida.

A mis padres y hermanos, por darme todo su amor y cariño. Ustedes representan la mayor motivación para la realización de cada meta propuesta en mi vida, los quiero.

A mi asesor de tesis José Llahuilla por la dedicación y el apoyo brindado en todo momento.

A una persona especial, que me alienta a seguir siempre adelante. Mil gracias

Erika Ortega Vega

Dedicatoria

Ante todo, a Dios

Por darme la oportunidad de compartir este día tan especial con mis seres queridos, por llenar de alegría y gozo nuestros corazones y por bendecir y mantener unida mi familia.

A mis padres, Lis Marleni Alvarado Meza y Yover Víctor Landa de la Cruz

Por su constante e infinito apoyo, por el esfuerzo que me han demostrado, por su enorme paciencia, por toda su dedicación y tiempo y por demostrar todo su amor en hechos, los amo.

Gracias a mis padres soy quien soy ahora, gracias por ser mi mayor inspiración.

A mis padrinos, Herlinda Alvarado y Eladio Alvarado

Por ser mi mayor fuente de motivación, por todas sus palabras por darme esa seguridad día a día, por toda su dedicación y confianza, y por creer siempre en mí, los amo.

A mis hermanos, compañeros y amigos

Por haber compartido tantos años de amistad, experiencias, alegrías, locuras y risas a lo largo de mi vida, los quiero.

A mi enamorado, Daniel Portillo

Sin darte cuenta, en el camino te encuentras con personas que iluminan tu vida, a través de consejos, paciencia y amor, te permiten alcanzar todos tus objetivos de la mejor manera, gracias por generar eso en mí, te amo.

A mi Asesor de Tesis

Por sus consejos, conocimiento y correcciones, que me han permitido culminar con el presente trabajo.

A mis colegas, compañeros y amigos de mi alma Mater

Por brindarme su amistad y apoyo durante todo mi crecimiento personal y profesional.

Wendy Marleni Landa Alvarado

Agradecimiento

Ante todo quiero expresar mi gratitud a Dios, quien bendice a toda mi familia, quien nos mantiene unidos y quien llena siempre mi vida de seguridad y felicidad.

Me van a faltar muchas palabras para agradecer a todas las personas y colegas que me han apoyado durante la realización de este trabajo, en primera instancia, merecen un reconocimiento especial, mis padres. Asimismo a mis padrinos por ser mi fuerza, mi fuente de motivación, y por el amor incondicional que siempre me han brindado, los amo.

Agradecer a mis hermanos, compañeros y amigos, por toda la ayuda, consejos, experiencias y por haber compartido tantas alegrías, locuras, y risas conmigo.

De igual forma, agradecer a mi Asesor de Tesis, ya que gracias a sus consejos y conocimientos hoy puedo culminar el desarrollo de este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, a mis compañeros, colegas y amigos.

INDICE

RESUMEN

Summary

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1.	Objetivos.....	3
1.1.1.	General	3
1.1.2.	Especifico.....	3
1.2.	Hipótesis.....	4
II.	GENERALIDADES.....	5
2.1.	Plomo.....	5
2.1.1.	Características Físicoquímicas.....	6
2.1.2.	Usos y Fuentes de Contaminación.....	7
2.1.3.	Límites de exposición.....	11
2.1.4.	Toxicocinética.....	13
2.1.5.	Toxicodinámica.....	18
2.1.6.	Sintomatología clínica.....	21
2.1.6.1	Intoxicación Aguda.....	21
2.1.6.2	Intoxicación Crónica	22
2.1.7.	Diagnóstico y Tratamiento.....	24
2.2.	Ubicación Geográfica	27
III.	PARTE EXPERIMENTAL	30
3.1.	Muestra de estudio	30
3.2.	Materiales, Equipos y Reactivos	30

3.2.1. Material de Laboratorio	30
3.2.2. Equipo de Laboratorio	31
3.2.3. Reactivos	31
3.3. Metodología	32
3.3.1 Espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.....	32
3.3.2 Preparación de Reactivos, Estándar y Muestras	34
3.4. Distribución de la materia orgánica	37
3.5. Lectura de las muestras.....	38
3.6. Tipo y diseño de la investigación.....	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSION	51
VI. CONCLUSIONES	56
VII. RECOMENDACIONES	57
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	58
IX. ANEXOS	66

RESUMEN

El plomo pertenece al grupo de los metales pesados, no posee función fisiológica en el cuerpo humano, sin embargo, debido a la contaminación existente en la atmosfera generada por el desarrollo industrial, se produce diversas enfermedades causadas por el nivel de plomo en el medio ambiente.

El objetivo de la investigación es poder determinar la concentración de plomo en sangre que presenta la población adulta del Fundo Oquendo del distrito del Callao en 40 pobladores, entre varones y mujeres, cuyas edades fluctúan entre 18 a 60 años de edad; utilizando la técnica de Absorción atómica con horno de grafito.

En los resultados se obtuvo, que los niveles promedio de plomo sanguíneo son 1,73ug/dL, con un valor máximo de 7,46 ug/dL y un valor mínimo de 0,17 ug/dL, encontrando que los niveles se encuentran dentro de los límites establecidos por la OMS (adultos hasta 20 ug/dL). Dentro de los resultados, se encontró también que los pobladores del Fundo Oquendo con un tiempo de residencia entre 6 -10 años presentan una concentración promedio de plomo en sangre de 1,93 ug / dL.

Palabras clave: Concentración de plomo sanguíneo, técnica de absorción atómica con horno de grafito, causas de contaminación.

SUMMARY

Lead belongs to the group of heavy metals, it does not have a physiological function in the human body, however, it is due to a large amount in the industrial environment, various diseases are produced, due to the level of lead in the environment.

The objective of the research is to determine the concentration of lead in the blood that presents the adult population of the bottom of the district of Callao in 40 settlers, between men and women, which fluctuate between 18 and 60 years of age; Using the technique of atomic absorption with graphite furnace. Average blood lead results are 1.73ug / dL, with a maximum value of 7.46 ug / dL and a minimum value of 0.17 ug / dL, which is found in lead levels. They are within the limits established by WHO (adults up to 20 ug / dL). Within the results, it is also in residence times between 6 -10 years in an average blood lead concentration of 1.93 ug / dL.

Key words:

Concentration of lead in blood, atomic absorption with graphite furnace, pollution factors.

1. INTRODUCCION

La intoxicación causada por plomo constituye un gran problema de salud a nivel mundial, siendo las poblaciones más afectadas y vulnerables los niños, las personas de condiciones socioeconómicas bajas y trabajadores de diferentes industrias en las que se utilizan materias primas con este metal. Siendo a su vez la principal desventaja del plomo que no realiza ni una función vital en nuestro cuerpo humano, aparte de ello no es biodegradable e incluso en pequeñas dosis es altamente toxico.¹

World Health Organization (WHO) señala como intoxicación por plomo a los valores superiores a 5 µg/dL en niños y 10 µg/dL en adultos en sangre; por su parte, el Centro de Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los E.E.U.U, señala como intoxicación por plomo a los niveles de plomo en sangre iguales o mayores a 10 µg/dL.²

El Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria, según datos de 2015, ha estimado que la exposición al plomo causó 494 550 muertes y la pérdida de 9,3 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) esto causado por sus efectos a largo plazo.³

El Perú es un país eminentemente minero y por lo cual gran parte de su población está expuesta a contaminación debida a la minería, así como a los relaves mineros; ello está demostrado por una serie de estudios en zonas mineras como La Oroya, o en zonas de almacenes como el Callao, donde estudios realizados, han encontrado niveles de plomo sanguíneo muy elevados en la población; asimismo, se ha evaluado a la población cercana a un relave minero donde se

encontró que aproximadamente un 25% de niños menores a diez años tiene intoxicación plúmbica.⁴

El plomo actualmente se ha difundido en tiempos modernos, siendo empleado específicamente en cañerías fabricadas para el transporte de agua potable, pinturas para construcciones, juguetes, cosméticos, humo de cigarrillo, fabricación de baterías, industrias de plástico, vidrio, cerámica y cristal. ⁵ Es por ello que en consecuencia se genere una alta exposición y contaminación, ya sea en el área laboral, sectores industriales y comerciales. Esto ha desencadenado niveles altamente tóxicos de plomo, estando por encima de los límites permisibles según la OMS en zonas urbanas y rurales de la población.⁶

En cuanto a los efectos en la salud, el exceso de plomo en sangre también conocido como saturnismo, es más grave a nivel neurológico causando problemas irreversibles, principalmente en niños, afectando el desarrollo del cerebro. ⁶. Mientras menor sea la edad que posee la persona es más propenso el intestino a absorber mayor cantidad de plomo, de 5 a 10 veces aproximadamente, especialmente cuando el estómago se encuentra vacío.⁷

Con la finalidad de proteger la salud de las mujeres gestantes, niños y trabajadores, la organización mundial de la salud, exige la intervención de los Estado miembros, ya que considera al plomo como una de las principales sustancias químicas más tóxicas causantes de grandes problemas de salud pública. ⁸

Frente a ello, la OMS está elaborando una serie de directrices para la prevención y el tratamiento de la intoxicación por plomo; su finalidad es ofrecer a las

autoridades de salud pública, una orientación de base científica sobre las medidas que se pueden adoptar para proteger la salud de la población.⁸

El objetivo de la presente investigación es conocer los niveles de plomo en sangre que posee la población del centro poblado “Fundo Oquendo” en el distrito de Callao, ya que una posible fuente de contaminación de plomo es la cercanía de zonas industriales aledañas (papeleras Reyes, Zeta gas, Ajinomoto, Fundición Ventanilla y Reactivos Nacionales), el denso transporte vehicular y almacenes del Callao.

Se realizó este estudio mediante la técnica establecida para la detección de metales pesados más sensible conocido como Absorción atómica con horno de grafito. En una población significativa de 40 personas entre varones y mujeres cuyas edades fluctúan entre 18 a 60 años, para determinar los niveles de plomo sanguíneo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

- Determinar la concentración de plomo sanguíneo en la población adulta del Fundo Oquendo del distrito del Callao.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Comparar las concentraciones de plomo con los valores establecidos por la OMS.

- Determinar la relación entre el tiempo de residencia, mediante la recolección de datos por medio de encuestas y la concentración de plomo en sangre.

1.2. HIPÓTESIS

La población del Fundo Oquendo-Callao presenta niveles elevados de plomo cuyos valores superan las concentraciones establecidos por la OMS.

2. GENERALIDADES

2.1 Plomo

El plomo es un metal de color gris azulado y se encuentra ubicado en la tabla periódica, dentro del grupo IV-A, en su estado elemental o en sus dos estados de oxidación: Plomo (II) y Plomo (IV), ya sea en forma de óxido o carbonatos. El plomo forma parte de las partículas en la atmósfera, dependiendo de su densidad o tamaño se mantendrá suspendida en el aire y transportada por el viento a grandes distancias. En el suelo, en ambientes cercanos a carreteras se encuentran concentraciones elevadas de plomo debido a que es absorbido en suelos, sobre todo en arcillas y óxidos de hierro.⁹

El plomo fundido a temperaturas alrededor de los 500°C, emite vapores tóxicos, que al entrar en vías respiratorias alcanzan fácilmente los alveolospulmonares.¹⁰

En las pinturas, se añaden compuestos de plomo en forma de pigmentos para asignar su correspondiente color. Estos compuestos, de igual manera pueden agregarse a las pinturas como agentes de secado y catalizadores en pinturas elaboradas a base de aceite.¹¹ El pigmento más utilizado es el Carbonato básico de plomo (II), también llamado plomo blanco ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$); además de los cromatos de plomo y el sulfato básico de plomo.¹²

Este metal pesado se puede conseguir por fundición, en el refinamiento de las minas o se puede obtener por reciclar materiales de desecho que en su composición presenten plomo, como por ejemplo en el esmaltado de cerámicas, soldadura de latas, pigmentos para barnices y pinturas, en el proceso de

producción de tuberías, aditivos en las gasolinas, fabricación de cristales, las baterías de los automóviles, antisépticos, cisternas, elaboración de municiones y revestimiento de cables. ¹³

La exposición al aire y comida, constituyen la mayor fuente de contaminación para las personas de manera general, por otra parte, la exposición laboral a plomo en los trabajadores ocurre porque están relacionados a las industrias de refinería, a las industrias que producen baterías, pinturas y plástico. ¹⁴

2.1.1 Características Fisicoquímicas

Este metal se caracteriza por su aspecto brillante al corte, maleable y dúctil, pero que toma un aspecto mate rápidamente por oxidación, es muy resistente al sulfato de hidrógeno, fácilmente soluble con ácidos orgánicos.¹⁵ Es radiopaco y posee una alta firmeza frente a la corrosión provocada por el agua, aire y suelo. ^{16,17}

El plomo es un constituyente natural del suelo y del polvo, sus concentraciones normales aumentan debido a las actividades humanas de 10 a 200 veces. ¹⁸

Algunas de sus propiedades químicas se detallan en la siguiente **Tabla N° 1:**

Tabla N° 1. Propiedades Químicas del Plomo

SÍMBOLO QUÍMICO	Pb
Número atómico	82
Peso atómico	207.21
Densidad	11.85
Solubilidad	Poco soluble en agua
Punto de fusión	326.9 °C
Punto de ebullición	1750 °C
Potencial de ionización	7.415eV
Configuración electrónica	4f14 5d10 6s2 6p2
Porcentaje de plomo en corteza terrestre	2x10 ⁻⁵ %
Concentración media de plomo en corteza terrestre	15 ppm

Fuente: Ubillus (2003).¹⁸

2.1.2 Usos y Fuentes de Contaminación

A nivel industrial este metal se encuentra formando parte de diferentes aleaciones. Se encuentra bajo la forma metálica en un 40 %, bajo aleaciones en un 25% y como compuesto químico en un 35 %. Como agente de mezcla en la fabricación de caucho (óxido de plomo), pintura (Tetróxido de plomo), barnices y esmalte, se hace uso del óxido de plomo.

Como parte importante de pinturas y pigmentos, tenemos a las sales de plomo: el sulfato de plomo, carbonato de plomo, el cual nos proporciona pigmentos blancos y los cromatos de plomo, el cual nos brinda el pigmento rojo, amarillo, verde y anaranjado del cromo.

Las principales sales de plomo utilizados en la industria química, mezclas de caucho, agente secante e insecticidas respectivamente son: el acetato de plomo, sulfato de plomo, naftaleno de plomo y el arseniato de plomo, y como agente antidetonante para la gasolina actualmente se hace uso del plomo tetraetilo, solo en algunos países donde sea permitido su legislación.¹⁹

El plomo al ser combinado con otros metales (arsénico, antimonio, estaño, bismuto) mejora sus propiedades químicas y mecánicas; si llega a añadirse a aleaciones (latón, bronce y acero) se logra determinar características que poseen los compuestos de plomo inorgánicos.¹⁹

Una de las principales y mayores fuentes de contaminación lo constituye la explotación minera, la cual ha generado mayor contaminación ambiental entre otras como las actividades de fábricas, el reciclaje, la minería y en algunos países en las cuales aún se siguen utilizando gasolina y pinturas que contienen este metal.

La fabricación de baterías de vehículos a nivel mundial, constituye un alto porcentaje de consumo de plomo. Asimismo, el plomo es utilizado también en municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería, material de soldadura, vajillas de cristal, juguetes, medicamentos tradicionales y estudios actuales también demuestran que están presentes en algunos productos cosméticos.²⁰

Cabe mencionar que también puede contener plomo el agua que es canalizado por tuberías antiguas o soldadas a base de este metal. Actualmente el mercado mundial comercializa el plomo usado por medio del reciclaje.²⁰

Polvo de Plomo: Este polvo invisible y muy perjudicial es generado cuando puertas, ventanas y escaleras con pinturas a base de este metal se desprenden por la fricción. La población más propensos a envenenarse tienden a ser los niños y las mujeres embarazadas, causando daños graves al feto.

Tierra: Otro foco de contaminación es el suelo, ya que presenta plomo en consecuencia del desgaste de bloques de pinturas antiguas, al estar expuesta a los niños son propensos a tragar por accidente la tierra contaminada o transferida a los pisos dentro de sus casas.

Agua Potable: La gran mayoría de tuberías instaladas en casas antiguas contienen plomo en su interior, este es liberado y transferido de la tubería vieja al agua potable, contaminándola. Cerca del 10 y 20 por ciento de envenenamiento por plomo en niños es por el contacto de agua potable con tuberías viejas.

Alimentos: El plomo puede encontrarse en cualquier tipo de alimento almacenado en alfarería o cerámicos importados.

Otras fuentes de contaminación:

Exposición ocupacional: En personas cuya labor consiste en trabajos expuestos al plomo como, por ejemplo, la industria automotriz, la industria de pinturas, el reciclaje o en algunos trabajos de vidrierías.

Cosméticos: Kohl y kajal.²⁰

Las principales fuentes de exposición al plomo mencionado según la OMS (2010)²¹, se detallan en la siguiente **Tabla N° 2**.

Tabla N° 2: Fuentes de Contaminación de Plomo

FUENTES DE INDUSTRIA	HABITOS Y NUTRICION	AGUA POTABLE	OBJETOS DOMESTICOS
Baterías plomo-ácido, materiales de plomería, cables de revestimiento, pinturas, esmaltes y municiones, gasolina y sus aditivos, exposición ocupacional.	Fumadores activos Alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados (como minas o fundiciones)	Sistemas de plomería que contienen tuberías de plomo, soldaduras, accesorios o agua en contacto con Pb por largo tiempo	Juguetes, medicinas tradicionales, cosméticos, pintura de las paredes de casas antiguas y polvo

Fuente: Fuentes Importantes de Contaminación de Plomo según la OMS (2010).

2.1.3 Límites de Exposición

Podemos decir que ningún nivel de concentración de plomo en sangre es considerado libre de algún tipo de riesgo, estudios actuales han asegurado que mientras mayor es el nivel de exposición, mayor es la gravedad y diversidad de efectos y síntomas asociados a la persona.²⁴

Según la “Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con intoxicación por Plomo” el Perú, de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, y su modificatoria la Resolución Ministerial N° 400-2017/ MINSA, las cuales tienen como referencia a la OMS y a la OPS parámetros internacionales, señalan que las concentraciones de plomo en sangre aceptadas son:

- En niños y gestantes menor de 10 ug/dL.
- Adultos no expuestos ocupacionalmente hasta 20 ug/dL.
- Adultos expuestos ocupacionalmente hasta 40 ug/dL.

En Estados Unidos el Centro de Prevención y Control de Enfermedades (CDC) para niveles mayores de 5 ug/dL en niños y 10 ug/dL en adultos recomienda intervención médica.^{25,26}

Según organismos internacionales, algunas recomendaciones y valores de referencias con respecto a las concentraciones de Pb sanguíneo, se detallan en la **Tabla N° 3.**²¹

Tabla N° 3. Recomendaciones y valores de referencia de organismos internacionales.

ORGANISMOS	NIÑOS	ADULTOS	RECOMENDACIONES
CDC	>5 µg/dL	>10 µg/dL (>16 años)	Prevención, comunicación y enseñanza de los principales riesgos, llevar a cabo medidas primarias e identificar fuentes de exposición. Tratamiento según síntomas y tratamiento farmacológico
OSHA*	>20 µg/dL 25-44 µg/dL >45 µg/dL	>10 µg/dL 50-60 µg/dL 40 µg/dL	Exámenes frecuentes 2 veces por año. Descanso laboral y tratamiento para retomar la labor, análisis médico. Precauciones, análisis cada tres meses, seguimiento, conocimiento sobre las rutas y vías de exposición, enseñanza de los principales riesgos y las indicaciones sobre el consumo de suplementos alimenticios. Retorno a la actividad laboral, análisis médicos.
NOM-199-SSA1-2000	10-14 µg/dL** 15-24 µg/dL** >45µg/dL* >70 µg/dL*	25-44 µg/dL*** >70 µg/dL***	Precauciones: Análisis cada 3 meses, conocimiento sobre rutas y vías de exposición, enseñanza de los principales riesgos y las indicaciones sobre el consumo de suplementos alimenticios, tratamiento farmacológico y hospitalización.
NOM-047-SSA1-2011*		>30 µg/100 mL >10 µg/dL (mujeres en periodo fértil)	Revisión de las fuentes de exposición, medidas de control específico según NOM-010-STPA-1999.

*Personas ocupacionalmente expuestas.

**Población menor de 15 años y mujeres embarazadas o en lactancia.

***Mayores de 15 años. Fuentes: CDC (Centro de Prevención y Control de Enfermedades de Estados Unidos), OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), Normas Oficiales Mexicanas (NOM-199-SSA1-2000 y NOM-047-SSA1-2011).²¹

2.1.4 Toxicocinética

El plomo (Pb) puede ser adquirido por varias vías, puede ingresar por la vía respiratoria, puede ser digerido por la vía gastrointestinal, también puede ser absorbido por vía cutánea, sin embargo, la absorción es muy poca si se trata de plomo inorgánico ya que el plomo orgánico si es bien absorbido por la vía cutánea. Luego de ser digerido el plomo es absorbida de manera directa, y esta absorción depende de aspectos como el tamaño, forma, tránsito gastrointestinal, situación nutricional y edad de la persona; existe mayor absorción si el tamaño de la molécula de plomo es menor, por déficit de Fe o Ca, un alto consumo de calorías y cuando el estómago está vacío, si es un adulto, anciano o niño debido a que es mayor la absorción cuando se trata de niños. ²⁷

si existe consumo alto de calorías y grasas, si el estómago está vacío, si es un adulto, anciano o niño debido a que es mayor la absorción cuando se trata de niños (30 a 50) % .²⁷

La siguiente figura muestra el modelo biológico que presenta el plomo.

Figura N°1.

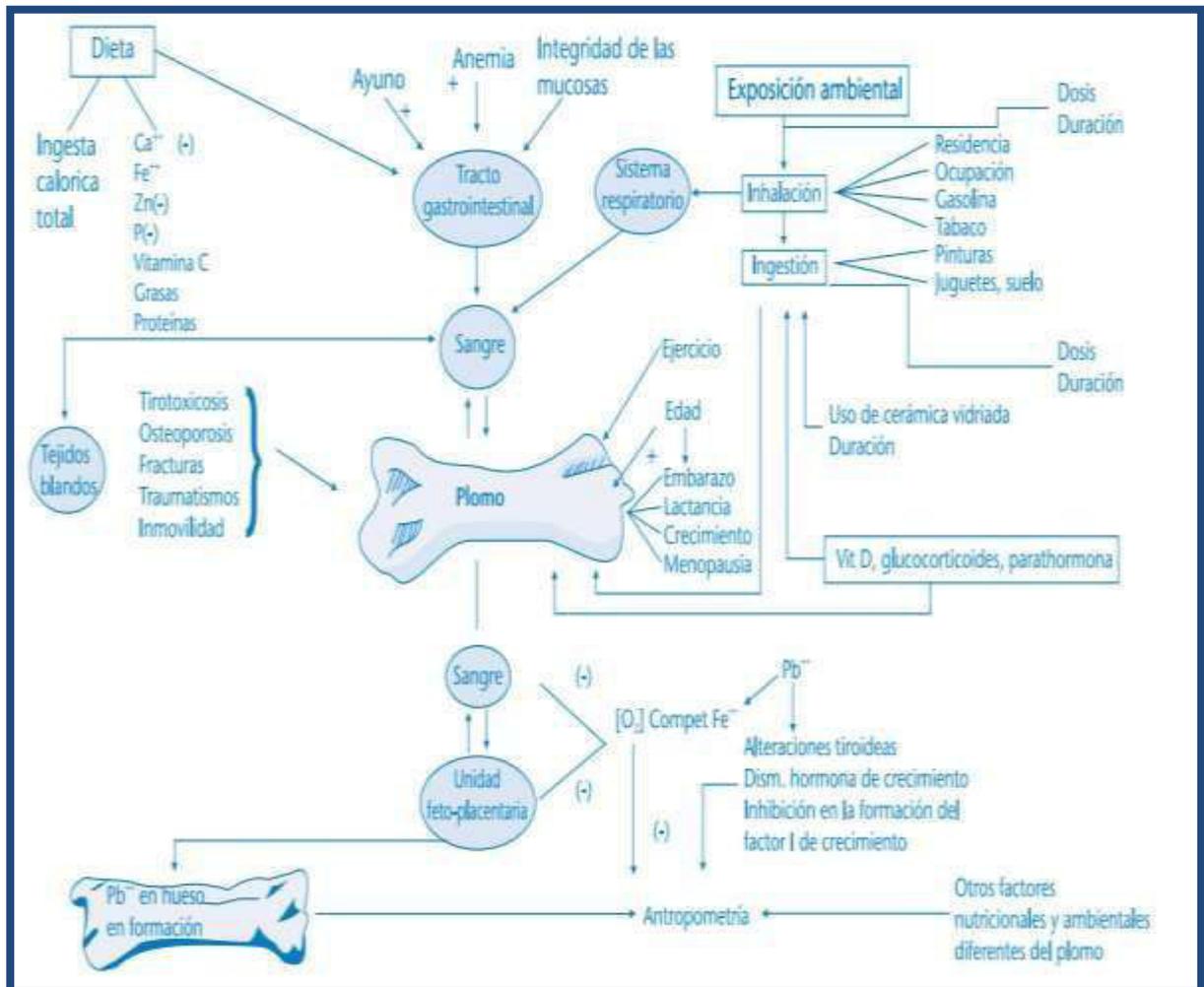


FIGURA N° 1. Modelo biológico del plomo. **Fuente:** Krantz A, Dorevitch S.

(2004)²⁷

Después de ser absorbido el plomo es distribuido en dos compartimientos. Como primer lugar de distribución el plomo circula en el torrente sanguíneo en un 95%, para después ser distribuido a los órganos blancos, como el hígado. El plomo puede ser movilizado al hueso en situaciones como embarazo, medicación, edad avanzada y también en hipertiroidismo.

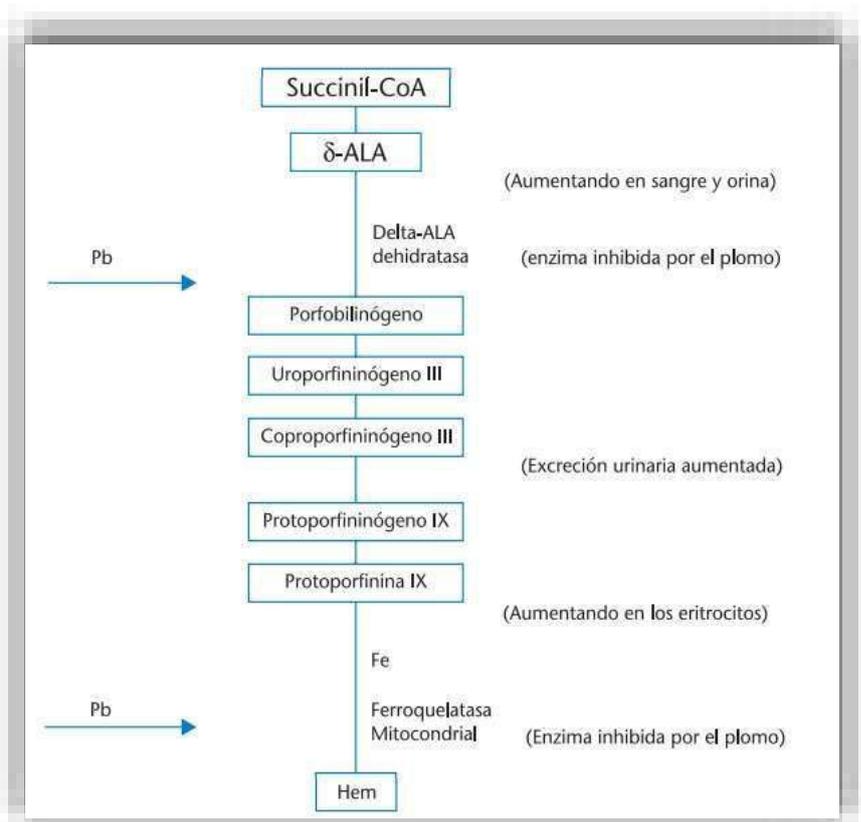


Figura N° 2. Acción del Pb sobre el grupo Hem.

Fuente: Melinda M. Valdivia Infantas (2005).³⁵

Este metal atraviesa diferentes barreras biológicas de nuestro organismo, como la barrera placentaria y hematoencefálica (BHE). Por último, es excretado en un 90 % a través de la orina, y es excretado en un porcentaje mínimo por el cabello, la bilis, la piel, leche materna y sudor, y en un porcentaje mayor de 90 % se encuentra depositado en el hueso, por lo que un descenso del nivel de plomo en sangre sin quelación nos indica que ha sido distribuido a los órganos blancos y el tejido óseo, tal como se observa en el modelo biológico del plomo.²⁸

ABSORCIÓN:

El plomo puede ser absorbido por tres vías mencionadas anteriormente: Sistema respiratorio, Sistema digestivo y la piel.

VÍA RESPIRATORIA:

El tamaño de partícula y la solubilidad del compuesto son los factores principales para que se dé la absorción por esta vía. Pueden ser absorbidos polvos, vapores, partículas con un tamaño menor a 1 μm .

VÍA DIGESTIVA:

Una pequeña cantidad es absorbida por esta vía, y es eliminado en un 90% por las heces. Puede alcanzar hasta un 30% de absorción en los niños debido a la mayor permeabilidad de la mucosa que presentan. En esta vía influye también la solubilidad del compuesto y la cantidad de potasio y calcio que es ingerido en la alimentación.

VÍA CUTÁNEA:

Esta vía suele ser específica para compuestos orgánicos por ejemplo el naftaleno, tetraetilato, etc. Cabe precisar la importancia de la permeabilidad en la barrera hematoencefálica (BHE) en los niños.²⁹

DISTRIBUCIÓN:

Una vez absorbido es distribuido en el organismo junto a los hematíes alrededor de un 95 %, para luego ser almacenado en los diferentes tejidos blandos como:

- El riñón
- El hígado
- El sistema nervioso
- En mayor concentración al nivel óseo: en forma de trifosfato en los huesos largos.

Este almacenamiento óseo es toxicológicamente importante, ya que determina episodios en el que se puede provocar diferentes enfermedades como: neoplasias, acidosis y alteraciones metabólicas, por el transporte del Ca, lo que en consecuencia conlleva a la liberación de plomo almacenado al torrente sanguíneo.³⁰

ELIMINACIÓN

Es absorbido y eliminado principalmente por la orina en un 75 %, por las heces, en un 16 % a través de la bilis, cabello, leche materna, lágrimas, saliva y por el sudor en un 8 %.³¹ En conclusión este metal es eliminado del cuerpo de manera lenta, ya que se estima que la vida media es de 10 años.

Su alta toxicidad se debe a las enzimas que tienen como sustrato principal al zinc, siendo los órganos más dañados por los niveles tóxicos de plomo, el riñón y el sistema hematopoyético y nervioso central. Interrumpen la síntesis del hem, debido a la unión con los complejos sulfhídricos de las metaloenzimas, como son las alfa-aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa, el cual se aprecia en la Figura 2; obteniendo como resultado el incremento de protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la generación de anemia.³³

Los múltiples efectos hematológicos del Pb son:

- La anemia, que resulta de dos defectos básicos: disminución del tiempo de vida del eritrocito y daño en el desarrollo del complejo hem.
- La formación de eritrocitos microcíticos e hipocrómicos.
- La disminución de hierro.
- El aumento en el número de reticulocitos.

El mecanismo del plomo en relación a la anemia, se basa en la alta afinidad por los grupos sulfhidrilos, puede inactivar enzimas en especial las que están involucradas en la síntesis del grupo hemo tal como la inhibición de ácido α -aminolevulino dehidratasa (ALA-D); por medio de la competición y desplazamiento del calcio. ³⁴

2.1.5 Toxicodinámica

Podemos clasificar los mecanismos de acción del Plomo de la siguiente manera:

Alteración del Ca:

- Este metal actúa sustituyendo al ion Ca, adoptando su función principal, como segundo mensajero intracelular, alterando e interfiriendo en la regulación del metabolismo energético y la alteración del flujo de calcio intracelular.
- Posteriormente activa la enzima proteinquinasa C, enzima dependiente del calcio, para luego unirse a la proteína calmodulina, principal reguladora en el proceso de transducción de la señal de calcio en la célula.
- Bloquea a la bomba Na-K-ATPasa incrementado el Ca al nivel intracelular.

Alteración de las enzimas dependientes del Zn:

Actúa alterando la producción del complejo HEM, por medio de la unión a diferentes enzimas presentes en la siguiente Figura N° 3

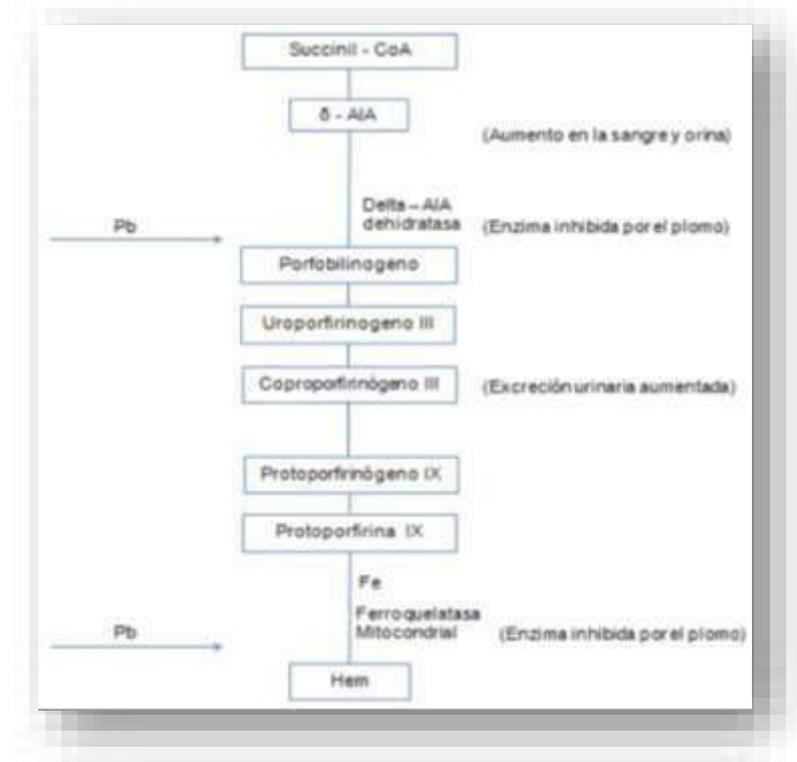


Figura N° 3. Acción del Pb sobre el grupo Hemo.

Fuente: Melinda M. Valdivia Infantas (2005).³⁵

El plomo se une a la ferroquelatasa y coproporfirino oxidasa, teniendo como consecuencia el aumento del zinc protoporfirina y la anemia. Por lo que se tiene como resultado el incremento de la coproporfirina urinaria y eritrocitaria.

Otros sistemas enzimáticos afectados.

A nivel celular este metal produce lo siguiente:

- Actúa alterando la integridad de las membranas celulares

- Induce el incremento en la protoporfirina eritrocitaria, manifestando una anemia normocrómica y normocítica.

El cual se demuestra en la Figura N° 4:

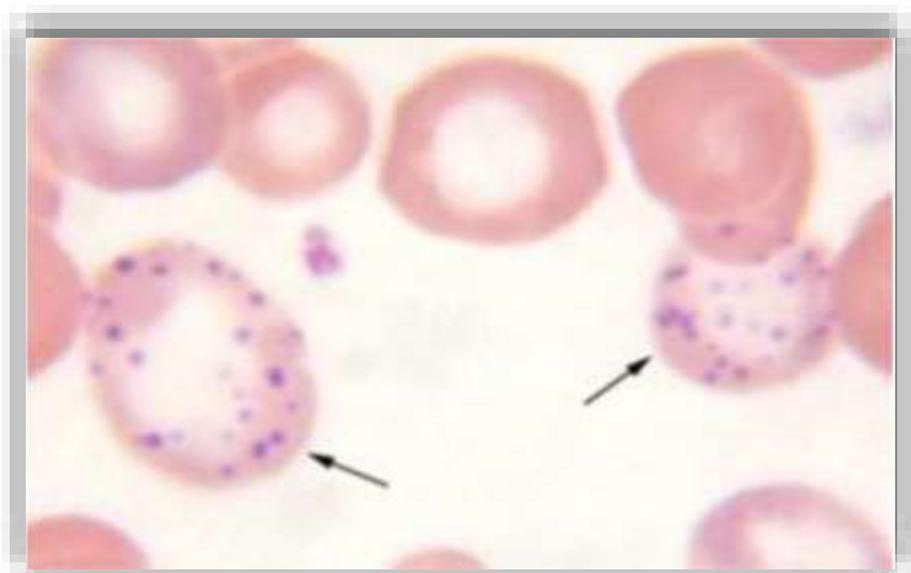


Figura N° 4. Punteado Basófilo por Intoxicación con Plomo. **Fuente:** Consultado en la Web <http://noeqbcursodehema.blogspot.com.co/2015/11/punteado-basofilo.html>.³⁶

Vitamina D

Los efectos de este metal a nivel renal son:

- Actúa interfiriendo en el proceso de cambio de la Vitamina D.
- Se da la formación de inclusiones intracelular en los túbulos renales, provocando tubulopatías.
- Y en cuadro agudo llega a su vez a fibrosis sin compromiso glomerular y a atrofia tubular.

A nivel digestivo el paciente manifiesta estreñimiento, dolores abdominales (cólico saturnino), vómitos alimentarios y en casos graves anorexia. Las alteraciones hepáticas son relativamente frecuentes.

Las manifestaciones tóxicas al nivel del sistema nervioso pueden presentarse con déficit de atención, dolor de cabeza, irritabilidad, alteración en la memoria, aumento de la presión cerebral, movimientos involuntarios (convulsiones), coma y la muerte. A su vez provoca también poli neuropatías y parálisis de miembros inferiores y superiores.^{37, 38,39}

Al nivel sistema hematopoyético: altera la producción de hemoglobina, interfiere con los precursores sanguíneos y actúa sobre los eritrocitos circulantes, generando una anemia moderada.^{40, 41}

El daño renal no es específico ya que la pérdida de túbulos renales y la atrofia se relacionan a fibrosis intersticial. Al nivel glomerular se puede apreciar esclerosis focal o global. Al convertirse la lesión renal en aguda puede presentarse un cuadro de insuficiencia renal, hipertensión arterial, hiperuricemia y gota.⁴²

Al nivel reproductor, el plomo produce en las mujeres abortos, disfunción ovulatoria, parto prematuro, esterilidad. Y en varones la astenospermia, teratospermia y el hipogonadismo.^{42, 43}

2.1.6 Sintomatología clínicas

2.1.6.1 Intoxicación Aguda

Esta intoxicación resulta ser muy escasa y es el efecto de la ingestión de productos solubles o de la inhalación de vapores de plomo. Se manifiesta con síntomas digestivos como: (náuseas, vómitos, dolor abdominal, constipación y afección hepática) y del sistema nervioso (parestesias, dolor y debilidad

muscular).

Los niveles tóxicos de plomo en sangre, pueden llegar a provocar:

- Convulsiones y coma
- Crisis hemolítica
- Oliguria
- La muerte en algunos días.⁴⁴

2.1.6.2 Intoxicación Crónica

Se puede dividir en 3 estadios.

1. Estadio de intoxicación leve

En esta etapa el plomo sanguíneo se encuentra alrededor de los 40 ug/100 mL y se caracteriza por los siguientes efectos leves sobre la salud:

- Puede incluir inhibición parcial de la deshidratasa del ácido amino levulínico (AAL-D) eritrocitaria y reticulocitosis ligera.
- Incremento de la excreción de ácido amino levulínico (AAL) y en menor cantidad de zinc proto-porfirina (ZPP).
- Este estadio aún podría ser considerado aceptable ya que actualmente son escasas las investigaciones que hablan de alteraciones neuro-comportacionales tempranas detectables con pruebas psicológicas.

2. Estadio de intoxicación moderada

En esta etapa el plomo sanguíneo oscila alrededor de 40 y 60 ug/100 mL y se caracteriza por los siguientes efectos que predominan:

- Agotamiento
- Pérdida de apetito y malestar epigástrico, en combinación con anemia.
- Disminución de la captación tiroidea de yodo e hipospermia.
- Excreción elevada de ácido amino levulínico (AAL) y coproporfirina urinaria (CPU).
- Interfiere en la velocidad de conducción en nervios periféricos.

3. Estadio de intoxicación clínica:

En este estadio el plomo sanguíneo presenta niveles mayores de 70 ug/100 mL.

- Encontrándose un cuadro clínico de sintomatologías que caracterizan la intoxicación.
- Los otros indicadores biológicos de exposición (IBE) también están elevados.
- El obligatorio el tratamiento en esta fase.
- Es importante recordar que las anomalías bioquímicas sin exposición no pueden ser consideradas signos de intoxicación por plomo.^{45, 46,47}

2.1.7 Diagnóstico y Tratamiento

Aun siendo el plomo uno de los metales más antiguos en uso, es poco conocido su mecanismo de acción, por lo que actualmente sigue siendo objetivo de numerosos estudios. Dentro de los efectos más relevantes, tenemos:

Efectos a nivel del sistema hematopoyético

Aunque a nivel clínico el efecto del plomo en este tejido, no sea necesariamente lo más importante, nos ha permitido reconocer una gran variedad de métodos de tamizaje precoz, como por ejemplo la impregnación saturnina. Por otra parte, los niveles de este metal al nivel medular resultan importante ya que nos detalla la alteración de la maduración de los hematíes que causa:

Inhibiendo la producción del Hem en los Eritroblastos:

Por medio del bloqueo enzimático de las siguientes enzimas:

- Delta-ALA-deshidratasa (ALA-D),
- Coproporfirinógeno III,
- Decarboxilasa
- Ferroquelatasa

Enzimas que son necesarias para la producción del complejo Hemo, siendo la primera inhibirse la ALA-D, dependiente de la dosis de absorción.

Esta acción inhibitoria produce el incremento biológico de:

- ALA en orina y sangre (ALA-B, ALA-U).
- Los niveles de Coproporfirinógeno II y III en muestra de orina (CPU).
- Los niveles de la Protoporfirina IX (enzima) en eritrocitos.

- Del Fe sérico.

Efectos sobre los precursores sanguíneos:

El plomo actúa inhibiendo al complejo enzimático Pirimidin-5-nucleotidasa, provocando la degradación del ARN al nivel de reticulocitos que se encuentren en persistencia de las granulaciones basófilos y vías de maduración.⁴⁸

Alteración sobre los eritrocitos circulantes:

Actúa produciendo la anemia, y esto se explica al aumento de la vulnerabilidad mecánica de los eritrocitos.

Disminuye el tiempo de vida media de los eritrocitos ligeramente. Esto nos permite clasificar la anemia saturnina entre la anemia de origen hemolítico.⁴⁹

Efectos a nivel del sistema nervioso

Dentro de las diferentes consecuencias por la continua exposición a este metal, identificamos que afecta a diferentes sistemas del organismo, resultando ser los más nefastos y vitales: el sistema nervioso central (los neurológicos y neurocompartimentales), por lo que entraremos en detalle. El plomo actúa interfiriendo con la liberación de la adenil-ciclasa y la acetilcolina del Sistema Nervioso Central (SNC), por lo que se considera un potente neurotóxico periférico.⁴⁹

Efectos a nivel renal

En respuesta a una exposición prolongada al plomo, se distinguen 3 fases:

- 1ra Fase (< 1 año): Durante esta fase se observa inclusiones intracelulares presentes en las células tubulares, y un incremento del aclaramiento del Pb.

- 2da Fase: Esta fase se caracteriza por la pérdida de la capacidad que tienen las células tubulares para generar inclusiones intracelulares, en consecuencia, de la continua exposición al metal; un decremento de la excreción de plomo, presentando fibrosis intersticial. Teniendo como resultado el inicio de la alteración de la función renal.
- 3era Fase: Se caracteriza por la presencia de daño tubular y también glomerular, generando una nefritis crónica. Según un estudio sobre la neuropatía plúmbica se han aportado datos sobre un marcador precoz de daño renal (N-acetil-beta-D-glucosaminidasa urinaria (NAG). Aunque sean poco persistentes la relación de la concentración de plomo sanguíneo y NAG .⁵⁰

Efectos sobre el sistema cardiovascular.

Al nivel cardiovascular presenta una gran variedad de manifestaciones clínicas, dentro de las más relevantes mencionamos a la hipertensión y riesgo coronario, entre otros. La presencia de alteraciones cardiacas es provocada por 3 mecanismos: Aumento de las resistencias periféricas sobre los vasos sanguíneos, la hipertensión arterial con daño renal y la infiltración celular en el tejido de conducción.

Tratamiento

a) Ácido etilendiaminotetraácético :

Se diluye de (30-50) mg/kg/día en dextrosa al 5 %, para luego pasar por goteo intravenoso cada 6 - 8 horas, durante 5 días .⁵¹

b) Dimercaprol:

En casos de encefalopatía o plúmbemia (>100 mg/dL en adultos y > 60 mg/dL en niños) se asocia a EDTA-Ca, por vía intra-muscular, c/ 4, 6, y 12 horas durante 5 días.

c) Ácido dimercaptosuccínico:

Este no produce muchos efectos adversos y su vía de administración es oral a 10 mg/kg, cada 8 horas durante 5 días, luego c/12h durante 14 días más. Este agente tiene la ventana de no distribuir el metal al cerebro.⁵⁴

2.2 Ubicación Geográfica

La provincia constitucional del Callao se encuentra dividida en 7 distritos: Callao (Cercado), Bellavista, Carmen de La Legua-Reynoso, La Perla, La Punta, Ventanilla y Mi Perú.

El ex Fundo Oquendo, se encuentra ubicado en el distrito de callao (cercado), aproximadamente a la altura del kilómetro 7.5 de la avenida Néstor Gambeta, limita por el norte con el centro poblado "Brisas de Oquendo", por el sur con varias fábricas entre ellas la Papelera Reyes "Paracas" (fuente de contaminación), por el este con el distrito de San Martín de Porres y por el oeste con muchas fábricas entre ellas la fábrica Ajinomoto, (fuente de contaminación por los humos que emite todo el día) fundición ventanilla, reactivos nacionales y la avenida Néstor Gambeta la cual representa una fuente de contaminación por la gran cantidad de transporte pesado que circula en esta vía.

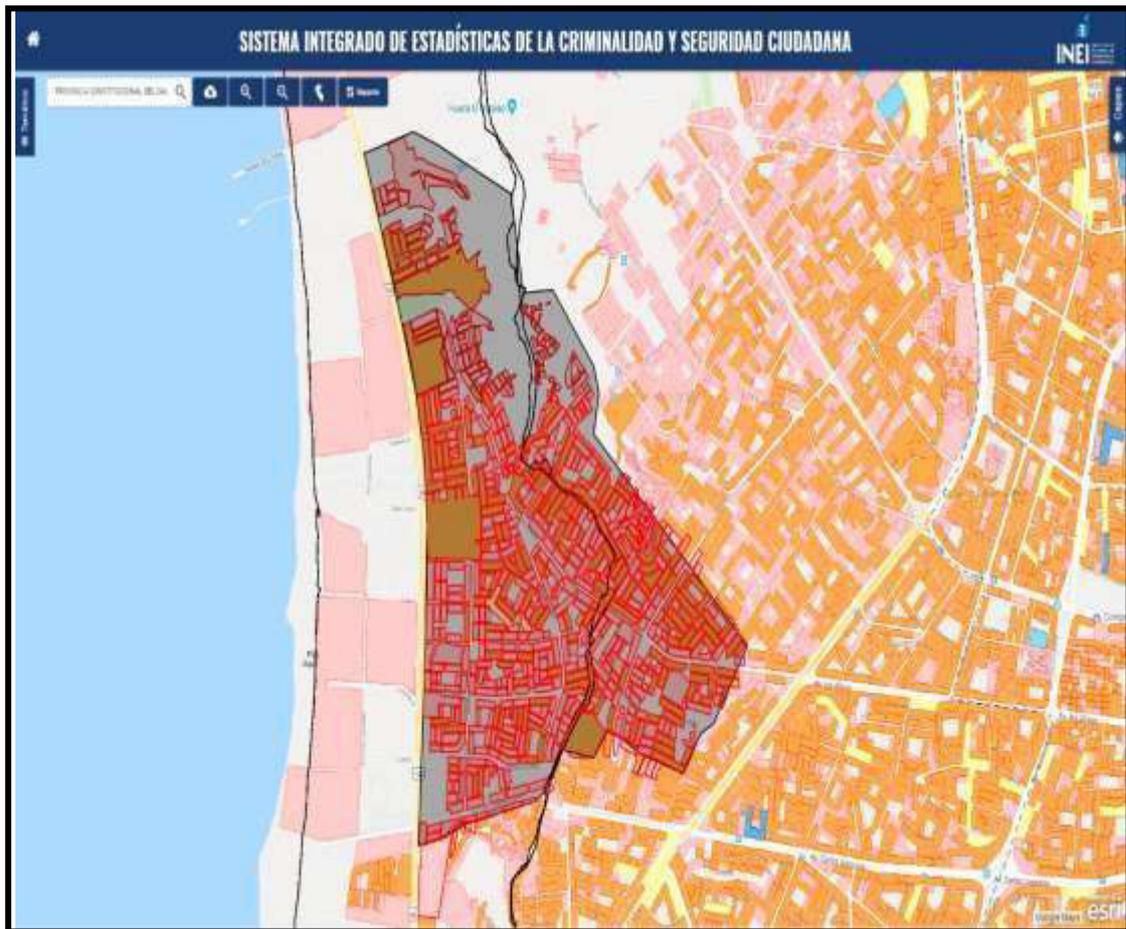


FIGURA N° 5: Ubicación Geográfica Centro Poblado Oquendo.

Fuente: inei.gob.pe⁵³

Según datos del INEI, la población censada en el año 2017 corresponde a un total de 51,418 personas en el distrito del callao pertenecientes al Fundo Oquendo. Cabe precisar que fueron excluidos niños y ancianos para este trabajo de investigación. En la siguiente tabla se puede apreciar la población censada por grandes grupos de edad.

TABLA N° 4. POBLACIÓN CENSADA SEGÚN GENERO Y GRUPO DE EDAD EN EL EXFUNDO OQUENDO, 2017. Fuente: inei.gob.pe. ⁵³

**PRINCIPALES INDICADORES DE POBLACIÓN Y VIVIENDA DEL
EXFUNDO OQUENDO, 2017**

Indicador CPV 2017	Absoluto	%
Nro Manzanas		703
POBLACIÓN CENSADA	51,418	100.0
Hombres	25,612	49.8
Mujeres	25,806	50.2
POBLACIÓN POR GRANDES GRUPOS DE EDAD		
00-14	14,670	28.5
15-64	34,826	67.7
65 y más	1,922	3.7
Población adulta mayor (60 y más años)	3,098	6.0

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Muestra de estudio

De una población total de 51,418 personas, se muestreó una población significativa de 40 adultos entre varones y mujeres del Centro poblado “Fundo Oquendo” la cual pertenece al distrito de Callao, cuyas edades están dentro de 18 a 60 años de edad y que se encuentren trabajando y/o viviendo en dicho lugar por un periodo mínimo de 2 años. Cabe precisar que fueron excluidos, ancianos y mujeres embarazadas para este trabajo de investigación.

El muestreo se realizó en febrero del 2018, se midieron las concentraciones sanguíneas de plomo y se obtuvo mediante la punción venosa, colectando en un tubo Vacutainer con anticoagulante (Heparina litio) de 5mL de sangre, luego de ello fue enviado al Laboratorio con cadena de frío a una T° (2 – 8) °C, para el análisis posterior.

3.2 Materiales, Equipos y Reactivos

3.2.1 Materiales

- Encuestas
- Tubos tipo Vacutainer con anticoagulante (Heparina Litio) de 5 mL.
- Agujas N° 20 x 1 ½ pulgadas.
- Torniquete
- Torundas
- Algodón.
- Alcohol 96°.

- Cinta adhesiva.
- Fiolas de 100mL y 10 mL
- Frascos volumétricos
- Micropipetas de rango variable de 10 - 100 μ L, 100 – 1000 μ L.
- Gradillas.
- Cooler con refrigerante

3.2.2 Equipo

Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) de doble haz, provisto de horno de grafito con corrección de fondo deuterio. Marca THERMOSCIENTIFIC, Modelo:ICE3500

3.2.3 Reactivos

- Surfactante no iónico, octil-fenoxi-polietoxietanol (Tritón X-100).
- Tritón X-100 al 0.1% (100 μ L)
- (NH₄H₂PO₄) al 10% (4mL)
- Ácido nítrico concentrado al 65 – 70% ultra puro.
- Muestra patrón de plomo de 1000 mg/mL
- Aire de 80 PSI de presión, filtrado para remover agua y aceite.
- Argón especial UHP.

3.3 Metodología

3.3.1 Espectrofotometría de Absorción atómica con horno de grafito:

Esta técnica analítica tiene como finalidad determinar la cantidad de energía radiante percibida a través de las moléculas que están en modo basal.

La cantidad de energía es medible y es proporcional a la concentración de átomos que la absorben. Para que este método ocurra primero se desarrolla la atomización electroodérmica, haciendo uso de la resistencia eléctrica.

Las moléculas basales se obtienen de un nivel energético inferior a otro superior, éstas actúan captando la cantidad de energía de radiación de una onda específica producida por una lámpara que contiene un cátodo. El detector se encarga de recoger la variación entre la energía incidente y la transmitida, realizándose a determinación cualitativa del elemento.⁵⁴

Esta técnica está basada en la absorción a diferentes longitudes de onda, las cuales son características para estos elementos en sus diferentes estados atómicos.⁵⁵ La absorbancia de una muestra es proporcional a la concentración de la sustancia que absorbe la luz incidente.⁵⁶

Este método consta del desarrollo de la atomización del compuesto a analizar y la absorción de la energía que se produce por las moléculas en estado basal. Este método consta principalmente de 3 etapas:

Secado: En esta etapa se evapora los solventes y todos los componentes volátiles. Una vez es inyectada la muestra de análisis en el contenedor de grafito, se procede a llevar la temperatura de ebullición a una menor que la del solvente, entre 80 a 180 °C; con la finalidad de evaporar por completo el solvente.⁵⁹

Calcinado: La siguiente etapa del proceso es la calcinación, el cual consiste en el aumento de la temperatura, con la finalidad de eliminar toda la materia orgánica presente en la muestra, sin alterar la integridad del analito. El rango temperatura de calcinación que se usa oscila de 350 a 1600 °C. Esta etapa se caracteriza por la descomposición del material sólido (materia orgánica), mientras que por otra parte los óxidos que forman parte del material refractario permanecen sin alteración alguna.

Atomización: Como última etapa, se lleva el horno a una temperatura de 1800 – 2800 °C, por el incremento rápido de temperatura, con el fin de culminar con los residuos sobrantes del paso del calcinado por vaporización. En la atomización se genera los átomos libres en el camino óptico, midiendo la absorbancia durante este proceso.

La volatilidad del elemento a analizar constituye el principal factor para determinar la temperatura de atomización. Para garantizar la limpieza óptima del horno de manera usual se incorpora una cuarta etapa que consta de elevar la temperatura a una mayor que la de la atomización. La atomización y la obtención de una muestra libre de interferencias, será mucho más eficiente, cuánto mayor sea la separación de los elementos concomitantes del analito.⁵⁷

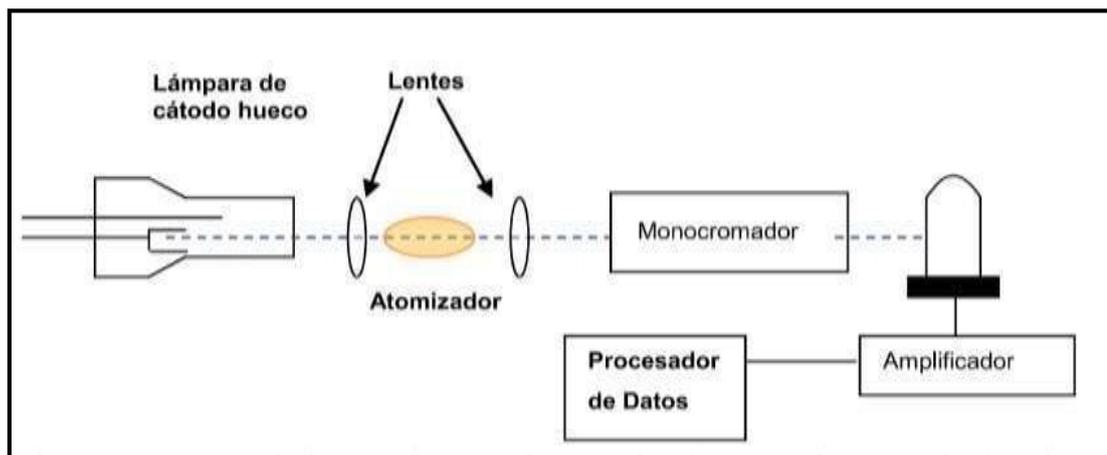


FIGURA N° 6: Representación gráfica de los componentes del espectrofotómetro

Fuente: Método de Espectrofotometría (GFAAS).⁵⁷

3.3.2 Preparación de reactivos, estándar y muestras

SOLUCIÓN MODIFICADORA DILUYENTE

Está formada por 4 mL de Fosfato de amonio al 10%(P/V) y 100 uL Tritón-X-100 al 0.1%(P/V), diluido a un volumen de 100 mL con agua ultra pura

SOLUCIÓN DE ENJUAGUE

Tomar 0,1 mL de Tritón X-100 0,1% (P/V) y llevarlo a una fiola de 100 mL con agua ultra pura.

BLANCO DE REACTIVO

- Ácido Nítrico al 1%

Tomar 1.43 mL de HNO₃ al 70% ultra puro. Y llevarlo a una fiola de 100 mL con agua desionizada ultra puro.

- Blanco de Reactivo

Mezclar 100 uL de Ácido Nítrico al 1% (HNO₃) y 900 uL de solución modificadora diluyente.

SOLUCION ESTANDAR

Los estándares para la curva de calibración se preparan en base a la solución madre de plomo de 10000 ppb (1000 ± 10 µg/mL Pb – 0.5%(v/v) HNO₃) y el enrase se da con agua ultra pura según el siguiente cuadro:

TABLA N° 5. ST / Pb: Estándares para la calibración de plomo en sangre.

	Solución madre Pb 10000 ppb (uL)	Volumen de enrase (mL)	de Estándar de Pb final (ug/L)
ST 1	50	10	5.0
ST 2	100	10	10.0
ST 3	200	10	20.0
ST 4	300	10	30.0

Fuente: Elaboración propia

Procesamiento de los estándares

Tomar una alícuota 100 µL de estándar y 900 µL de la solución mezcla modificadora, homogenizar y enrasar a un volumen final en una fiola de 10 mL. Se coloca los viales en el automuestreador del horno de grafito.

TABLA N° 6. Análisis cuantitativo

NOMBRE	CONCENTRACIÓN PREPARADA (ug/dL)	ABSORBANCIA
BLANCO	0	0.009
ST1	5	0.039
ST2	10	0.070
ST3	20	0.129
ST4	30	0.178

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7: Condiciones del equipo para análisis de plomo en sangre

Tiempo de duración	4 horas y 30 minutos
Pre tratamiento	Solución diluyente
Volumen de muestra	100 uL
Longitud de onda	217.0 nm
Sensibilidad del equipo	0.03 ug/L *
Tiempo de lectura	1 min
Concentración de plomo en	5, 10, 20, 30 (ug/dL)

*Horno de grafito basado en 20 uL.

Fuente: Elaboración propia

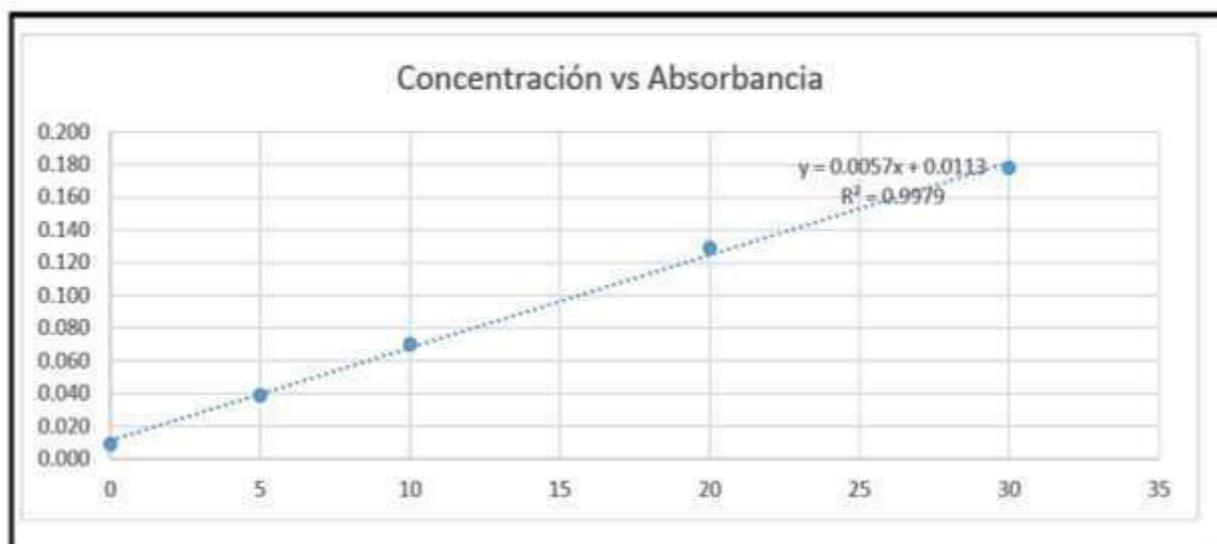


FIGURA N° 7. Concentración Vs Absorbancia de los Estándares

Fuente: Elaboración propia

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se toma 900 microlitros de la sustancia modificadora diluyente y se mezcla con 100 microlitros de sangre obtenida. Se homogeniza en el automuestreador con la micropipeta asegurando una mezcla homogénea.

3.4 Destrucción de la Materia Orgánica

La técnica presente emplea la destrucción de la materia orgánica por medio de la vía seca, el cual consiste en remover la mayor cantidad de interferencias del tejido biológico (materia orgánica) por medio del aumento de temperatura, sin pérdida del analito. Para ello se coloca la muestra dentro del horno de grafito y se somete a una temperatura dentro del rango de 350 a 1600 °C por

10 a 15 segundos, durante dicho proceso se elimina todo tipo de interferencias presentes en la muestra de análisis.⁵⁸

3.5 Lectura de las muestras

Las lecturas se realizaron por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Horno de Grafito. (Realizada en: CICOTOX – Facultad de Farmacia y Bioquímica UNMSM).

Tabla N° 8. Condiciones del equipo para análisis de plomo en sangre

Parámetro	Valor
Longitud de onda de Lectura: 283.31 nm	Rango (217 - 283.31) nm
Abertura	0.7 nm
Corriente de lámpara	10 mA
Tiempo de lectura	5 segundos
Réplicas	2
Unidades de estándar	ug/dL
Unidades de muestra	ug/dL
Concentración de plomo en estándares	(5, 10,20,30) ug/dL
Temperatura del equipo	130°C – 2300°C

Fuente: Elaboración propia

3.5 Tipo y diseño de la investigación

Corresponde a un estudio descriptivo transversal. Descriptivo ya que describe la presencia o el valor promedio del contenido de plomo en sangre en la población definida, por medio del Método de espectrofotometría y la técnica por absorción atómica; es transversal porque está diseñado para determinar el nivel de plomo en una población expuesta definida y en un punto específico del tiempo.

Constituye un diseño de investigación no experimental, ya que se aprecia sucesos que se dan de manera espontánea y natural, sin la intervención en su desarrollo.

4. RESULTADOS

En el presente estudio se analizaron 40 muestras sanguíneas correspondientes a la población adulta que vive en el Fundo Oquendo, en base al método espectrofotométrico, en el periodo enero-febrero 2018.

TABLA N° 9. Concentración promedio de plomo en sangre de la población que vive en el Fundo Oquendo

Estadístico	Valor
N° de casos	40
Media	1,73 ug/dL
Desviación Estándar	1,58
Valor Mínimo	0,17 ug/dL
Valor máximo	7,46 ug/dL
Parámetro OMS	20 ug/dL

Fuente: Elaboración propia

En la **TABLA N° 9**, se aprecia que la concentración media de plomo sanguíneo de la población adulta del Fundo Oquendo, en base al método espectrofotométrico es de 1,73 ug/dL, con una desviación estándar de 1,58 ug/dL , como valor mínimo 0.17 ug/dL y el valor máximo 7,46 ug/dL

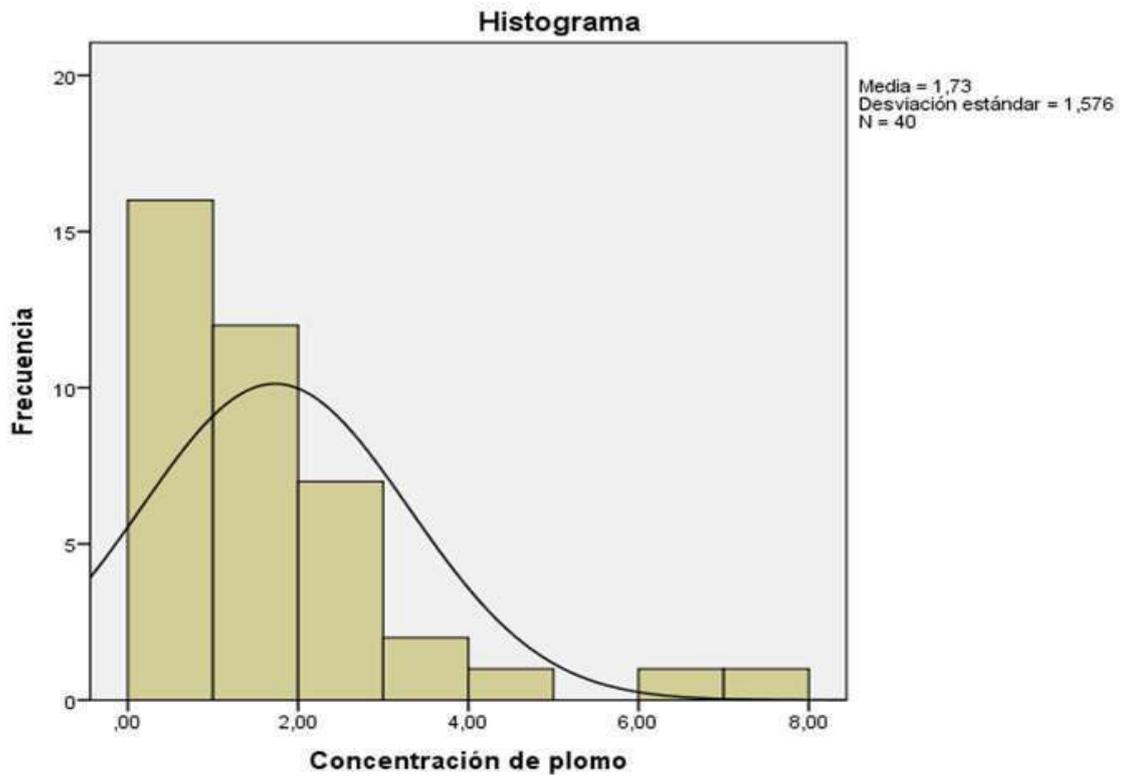


FIGURA N° 8. Histograma. **Fuente:** Elaboración propia

TABLA N° 10. Distribución porcentual de la población adulta que vive en el Fundo Oquendo, según concentración sanguínea de plomo

[Pb] sanguíneo (ug/dL)	n	Promedio Estadístico (ug/dL)	Distribución Porcentual
0-5	38	1,5	94,7%
6-10	2	7	5,3%
11-15	0	0	0%
16-20	0.	0	0%

Nº de casos: 40

Enero-febrero 2018

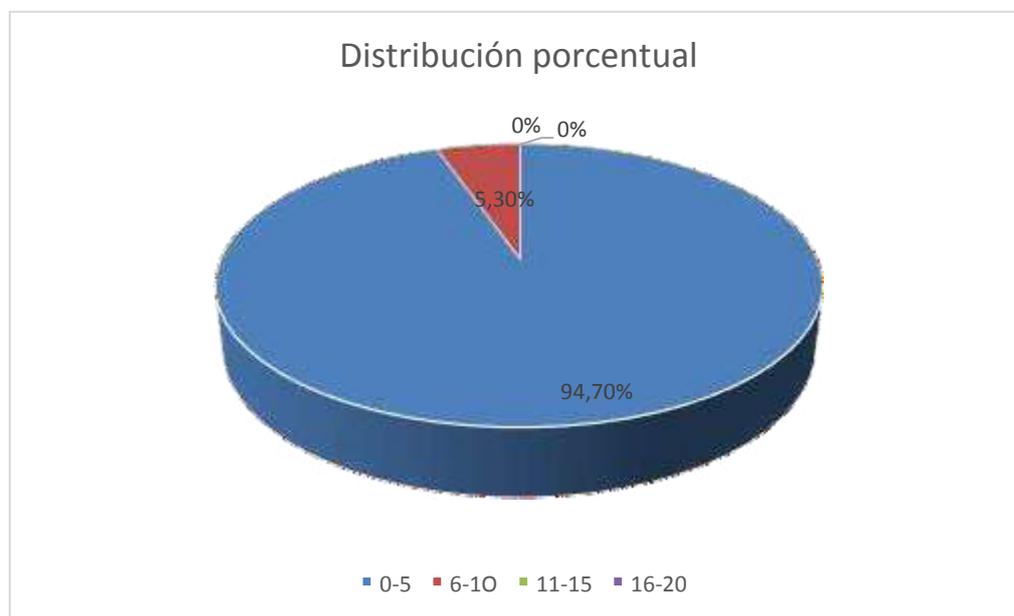


FIGURA N° 9. Distribución porcentual de la población según rango de concentración de plomo (ug/dL) en sangre. **Fuente:** Elaboración propia.

TABLA N° 11. Anova de los valores de plomo

Concentración plasmática promedio de plomo en la población adulta del Fundo Oquendo según valor referencia OMS (20 ug/dL)

	n	Media Estadística (ug/dL).	Desviación estándar	T	P
Concentración de plomo	40	1,73	1,58	73	0.000*

$p > 0,05$, acepto H_0

$p < 0,05$, rechazo H_0

En la **TABLA N° 11**, se aprecia que la Concentración promedio de Pb sanguíneo en la población adulta del Fundo Oquendo es menor significativamente $p = 0,000 < 0,05$ valor referencia OMS (20 ug/dL).

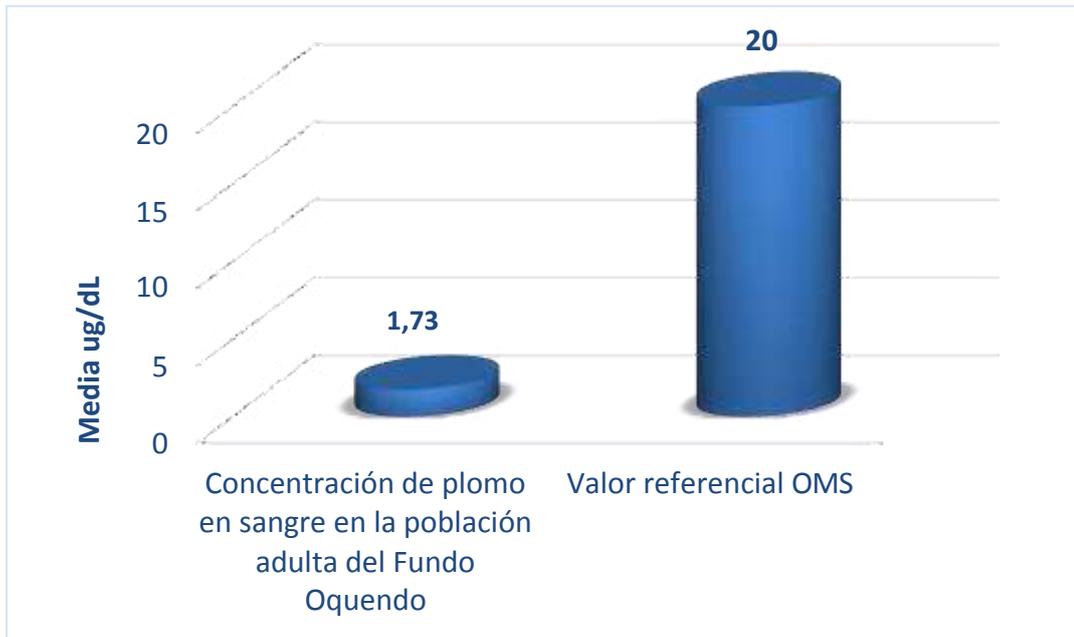


FIGURA N° 10. Niveles promedio de Pb sanguíneo en la población del Fundo Oquendo Vs los niveles de referencia establecidos por la OMS.

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 12. Concentración promedio de plomo en sangre según número de años de residencia en el Fundo Oquendo

Años de residencia	n °	Media (ug/dL)	Desviación estándar	Distribución Porcentual	Anova
3 - 5	5	1,11	0,34	12.5%	F= 0.3 P=0.80
5 - 10	16	1,93	1,74	40%	
10 - mas	17	1,73	1,74	42.5%	
Otros	2	1,68	0,07	5%	

p: probabilidad de error empírica

p>0,05 , acepto Ho

p<0,05 , rechazo Ho

De la **TABLA N 12**, se aprecia que no se encontró diferencias significativas $p=0,80 >0,05$ entre los años que reside la población y los niveles de Pb sanguíneo.

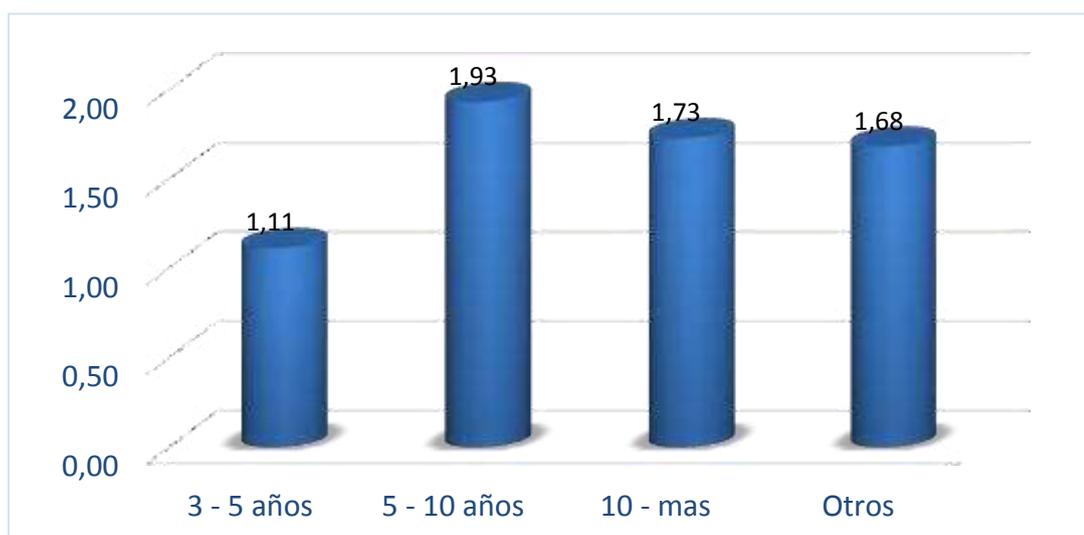


FIGURA N° 11. Comparación entre los rangos de tiempo de residencia Vs los niveles promedio de Pb de la población. **Fuente:** Elaboración propia

TABLA N° 13. Relación entre el número de horas de permanencia en su vivienda y los niveles de plomo en sangre.

¿Cuántas horas permanece en su vivienda?	N	Media (ug/dL)	Desviación estándar	Anova
8h	11	1,17	0,86	F:0,9 P=0,4
10h	8	2,25	2,11	
12h	7	1,44	0,93	
24h	14	2,02	1,87	

De la **TABLA N° 13**, se aprecia que no se encontró diferencias significativas $p=0,40 > 0,05$ entre los años que reside la población y los niveles de Pb sanguíneo.

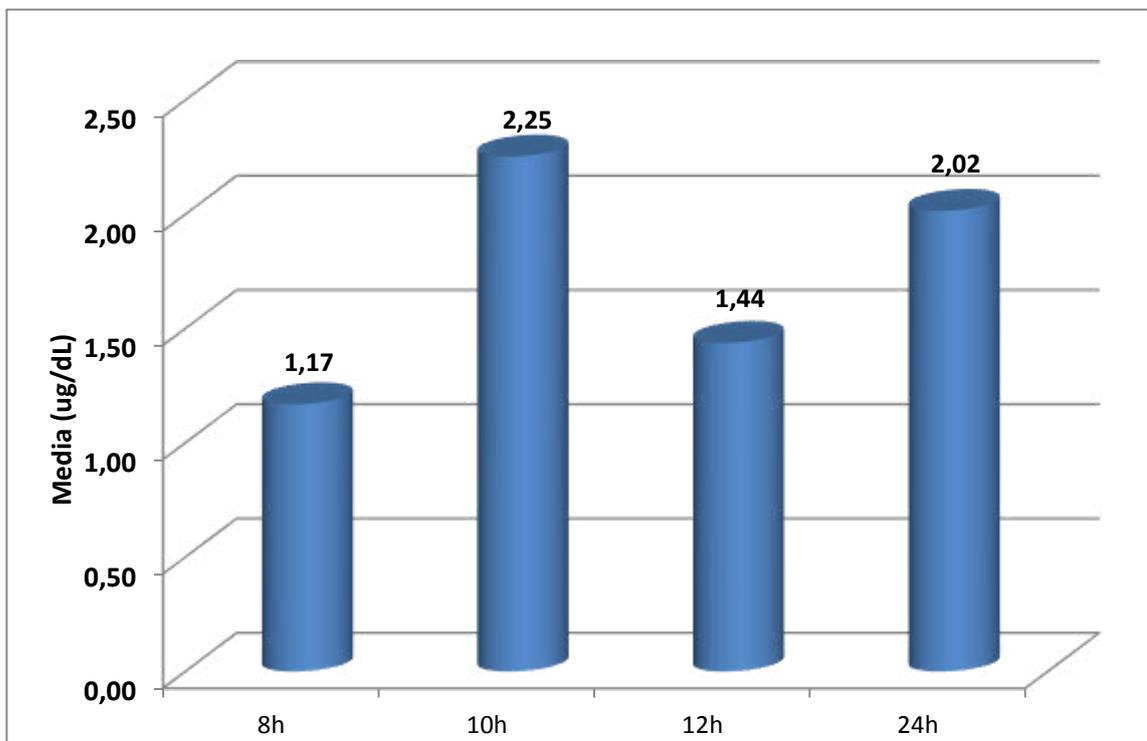


FIGURA N° 12. Comparación entre el número de horas de permanencia en su vivienda Vs los niveles de Pb en sanguíneo en la población. **Fuente:** Elaboración propia.

TABLA N° 14. Causas de contaminación y concentración de Pb

Factores Laborales		N	Media (ug/dL)	Desviación estándar	P
¿Actualmente en qué tipo de trabajo se encuentra laborando?	Industria de Pintura	1			0,49
	Otros	39	1,76	1,59	
¿En qué lugar se encuentra ubicado su centro de trabajo?	Cerca de un grifo	3	0,77	0,67	0,41
	Cerca de una Avenida	5	1,13	0,64	
	Cerca de un área de reciclaje	1			
	Otros	31	1,95	1,70	
¿Cuánto tiempo tiene laborando en su trabajo?	6 meses - 1 año	1			0,01*
	1 - 3 años	7	1,24	0,44	
	3 - 5 años	2	0,42	0,01	
	5 - 10 años	8	1,18	0,88	
	10 a mas	22	2,16	1,93	

Fuente: Elaboración propia

De la **TABLA N° 14**, se aprecia que los niveles promedio de plomo en otros tipos de trabajo son 1,76 (ug/dL), Los niveles promedio de Pb en la población cuyo trabajo se encuentra cerca de un grifo es 0,77 (ug/dL), cerca de una avenida es 1,13 (ug/dL) y cerca a otros trabajos es 1,95 (ug/dL). Asimismo, los datos reportan que la media de concentración de plomo en la población que tiene tiempo laborando de 1a 3 años es 1,24 (ug/dL), de 3 a 5 años es 0,42 (ug/dL), de 5 a 10 años es 1,18 (ug/dL) y en otro rango de tiempo la media de concentración de plomo es 2.16 (ug/dL), se encontró diferencia significativa $p < 0,05$

TABLA N 15. Hábitos y concentración de plomo

HABITOS		n	MEDIA (ug/dL)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ANOVA
¿Usted fuma?	Si	3	1,13	0,66	0,84
	No	7	1,76	1,63	
¿Usted toma algún tipo de suplemento con calcio?	Si	4	1,77	0,79	0,85
	No	36	1,72	1,65	
¿Usted consume alimentos enlatados?	Si	32	1,76	1,67	0,67
	No	8	1,62	1,24	
¿Con que frecuencia consume alimentos enlatados?	Diario	1			0,04*
	Interdiario	5	2,87	2,85	
	1 vez por semana	17	1,26	0,92	
	1 vez al mes	13	2,00	1,56	
	1 vez al año	3	0,88	0,30	
	No consume	1			

Fuente: Elaboración propia

* $p < 0,05$ existe diferencias significativas

De la **TABLA N° 15** ,se aprecia que los niveles de plomo sanguíneo en el grupo que fuma es 1,13 (ug/dL) , en el grupo que consume suplemento con calcio la media es 1,77 (ug/dL), en el grupo que consume alimentos enlatados la media es 1,76 (ug/dL) y del grupo de personas que consumen alimentos enlatados con una frecuencia Interdiario la media de concentración de plomo es de 2,87 (ug/dL), se encontró diferencia significativa $p<0,05$, obteniéndose mayor media en el grupo con frecuencia interdiario que consume alimentos enlatados.

TABLA N° 16. Demográficos y concentración de plomo

G.ETARIO		N °	MEDIA (ug/dL)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	P
SEXO	Hombre	22	1,53	1,49	0.01*
	Mujeres	18	1,97	1,68	
EDAD	19 a 29 años	8	2,22	1,85	0.02*
	30 a 40 años	10	2,44	2,22	
	41 a 51 años	13	0,99	0,91	
	52 a 62 años	9	1,57	0,74	

Fuente: Elaboración propia

En la **TABLA N° 16**, se aprecia que los niveles promedio de plomo en hombres es 1,53 (ug/dL) y en mujeres es 1,97 (ug/dL) se encontró diferencias significativas $p < 0,05$, a su vez se logra identificar que los niveles promedio de plomo en la edad de 19 a 29 años es 2,22 (ug/dL), la media de concentración de plomo entre las edades de 30 a 40 años es 2,44 (ug/dL), la media de concentración de plomo entre las edades de 41 a 51 años es 0,99 (ug/dL), se encontró diferencia significativa, obteniendo mayor media en el grupo de 30 – 40 años.

TABLA N 17. Síntomas y concentración de plomo

Sintomatología		N	Media (ug/dL)	Desviación estándar	Anova
¿Ha sufrido últimamente mareos, cansancio, debilidad?	Si	37	1,76	1.63	0.84
	No	3	1,15	0.66	

De la **TABLA N° 17**, se aprecia que la concentración promedio de Pb presente en el grupo que ha sufrido mareos, cansancio, debilidad es de 1,76 (ug/dL) y la media de las personas que no han sufrido ningún tipo de malestar es de 1,15 (ug/dL). De la **TABLA N° 18**, se aprecia que no se encontró diferencias significativas $p = 0,84 > 0,05$ entre la sintomatología y los niveles de plomo en sangre.

5. DISCUSION

Actualmente el aumento del desarrollo de industrias, áreas petroleras , fábricas de pintura, la explotación minera y diferentes áreas de reciclaje, han generado una alta exposición ocupacional, ambiental y doméstica con las personas ,lo que ha llevado a generar la relación causa y efecto entre la exposición humana y la contaminación por metales pesados, siendo una de las más frecuentes y letales el plomo, es por ello el grado de significancia de evaluar la cuantificación de este metal pesado en nuestro organismo, ya que según (Alexis Rodríguez 2016)⁵⁹ han generado a largo plazo afecciones neurológicas, alteraciones metabólicas, malformación congénita , retraso del crecimiento y diferentes sintomatologías que perjudican en mayor medida a la población más vulnerable , siendo estos los niños (según la OMS) ; teniendo un costo muy accesible y la base principal de estudios experimentales que determinan la relación causal de concentración y exposición es indispensable su determinación inmediata. Pues esto se manifiesta cuando la concentración de plomo en sangre refleja valores anormales, convirtiéndose en una sustancia toxica que sobrepasan los valores según la OMS.

60

En relación a los resultados hallados en la determinación de plomo en sangre en la muestra de 40 pobladores, encontramos que dentro del 100 % de todos los resultados, estos se hallan dentro de los establecidos y permisibles por la OMS, aun habiéndose hallado una relación significativa entre los niveles de plomo sanguíneo y las diferentes causas de contaminación dadas en el Centro Poblado Oquendo - distrito el Callao; ya que esta zona presenta cercanía a zonas industriales (industria de productos químicos, industria papelera), áreas enormes

de reciclaje (plástico, vidrio entre otros), limita con la avenida Néstor Gambeta (en donde circulan una gran cantidad de transporte pesado ,público y particular) y zonas aduaneras.

En la TABLA N° 11, según la relación de los niveles de plomo sanguíneo con los valores de la OMS, se puede apreciar que dentro de la población adulta del Fundo Oquendo es menor significativamente $p=0.000 < 0,05$ al valor de referencia de la OMS (20 ug / dL).

El 45% de las mujeres y el 55% de los varones tiene una ocupación de trabajo que no tiene relación directa con el plomo, según los datos obtenidos de las encuestas realizadas.⁶¹

Recientes investigaciones han demostrado que el plomo posee alta toxicidad, aun cuando los niveles de plomo sanguíneo son bajos, pueden producir síntomas clínicos asociados a la exposición con este metal. Sin embargo, en un estudio, se han encontrado operarios de estaciones de servicio con niveles de plomo superiores a los valores de referencia sin ningún indicio de intoxicación. En nuestro estudio se encontró una concentración máxima de 7,46 ug/dL, el cual no supera el valor establecido por la OMS (10 ug/dL) y a su vez tampoco manifiesta ninguna sintomatología.⁶¹

En la TABLA N° 12, según la relación de los niveles de Pb sanguíneo con los años que reside la población, se identificó según la comparación de los datos con el valor referencial, que no se encontró diferencias significativas $p=0.80 > 0.05$ entre los niveles de Pb sanguíneo con los años que reside la población.

En la TABLA N° 13, se puede apreciar que no se encontró diferencias significativas según el valor $p=0.40 >0.05$ los niveles de Pb sanguíneo con los años que reside la población.

Por lo que se interpreta que el tiempo de residencia y horas de permanencia de los pobladores del centro poblado Fundo Oquendo no tienen relación directa con las concentraciones de plomo sanguíneo hallados, y esto se debe a la cercanía que presentan los pobladores hacia las diferentes áreas industriales de la zona y también según los datos de la encuesta por la ocupación de trabajo de mujer como de varón.

Se obtuvo una concentración media de 1,93 ug/dL en personas que residen entre 5 a 10 años y una concentración media de 2,02 ug/dL en personas que permanecen 24 horas en su vivienda. Cabe mencionar que ninguna de ellas tiene una concentración que sobrepase lo establecido por la OMS

En la TABLA N° 14, según la relación de los niveles de plomo sanguíneo con las causas de contaminación, se observa que los niveles promedio de Pb sanguíneo en otros tipos de trabajo es 1,76 ug/dL , la media de concentración de plomo en la población cuyo trabajo se encuentra cerca de una grifo es 0,77 ug/dL , cerca de una avenida es 1,13 ug/dL y cerca a otros trabajos es 1,95 ug/dL .Asimismo los datos reportan que la media de concentración de plomo en la población que tiene tiempo laborando de 1 a 3 años es 1,24 ug/dL , de 3 a 5 años es 0,42 ug/dL , de 5 a 10 años es 1,18 ug/dL y en otro rango de tiempo la media de concentración de plomo es 2,16 ug/dL , se encontró diferencias significativas $p<0,05$.

Esto se debe a que hay una relación directa entre el tiempo de exposición del poblador y la zona contaminada (trabajo), a su vez por la cercanía del trabajo a zonas industriales, por el tipo de trabajo, y las horas que labora diario.

En la TABLA N° 15, según la relación de concentración de plomo en sangre con los hábitos, se observa que los niveles promedio de Pb sanguíneo en el grupo que fuma es 1,13 ug/dL, en el grupo que consume algún suplemento con calcio la concentración de plomo es 1,77 ug/dL, en el grupo que consume alimentos enlatados la media concentración de plomo es 1,76 y con frecuencia interdiaria el promedio de concentración de plomo fue de 2,87, se encontró diferencia significativa $p < 0,05$

El hábito de fumar en la población no presenta relación significativa, esto puede deberse a que la mayoría de población encuestada no fuma.

En el grupo que consume alimentos enlatados la media concentración de plomo es 1,76 ug/dL y con frecuencia interdiario la media de concentración de plomo fue de 2,87 ug/dL, encontrándose diferencia significativa $p < 0.05$. Esto puede deberse a que según estudios actuales las latas son recubiertas por una película protectora que evita el contacto con los alimentos por tal motivo disminuye este factor de contaminación.

A su vez en un estudio realizado en Madrid para detectar plomo en trabajadores de un hospital se obtuvo que su media de plomo fue de 1,7 $\mu\text{g/dL}$, siendo una de las 55 más bajas en comparación con estudios previos realizados en España, pero baja en comparación con la mediana de esta investigación que fue de 1,73 $\mu\text{g/dL}$.⁶²

En cuanto a la ingesta de suplementos de calcio en este mismo estudio de Madrid, el promedio de la concentración plasmática de plomo fue superior en aquellas personas que consumían dichos suplementos a la del grupo que no los consumía, siendo esta diferencia altamente significativa ($p=0,037$), al igual que en nuestro estudio ($p<0,05$). Debido a que el plomo posee la misma carga y tamaño del calcio, éste puede sustituirlo fácilmente en los tejidos óseos (principal sitio de acumulación). Mientras mayores niveles de calcio sean consumidos por la persona, el plomo será removido de los tejidos óseos y se incorporarán al torrente sanguíneo causando neurotoxicidad, hipertensión y nefrotoxicidad, además de alterar los glóbulos rojos limitando su capacidad para transportar oxígeno hacia otros órganos y tejidos provocando anemia.⁶³

En función a la interpretación de datos de las tablas, se identifica que los niveles promedio de plomo sanguíneo en la población del Fundo Oquendo – Callao en relación a los diferentes factores dados, no se encuentran sobre los niveles establecidos por la (OMS): $\leq 20 \text{ ug / dL}$.

6. CONCLUSIONES

- La concentración de plomo en sangre en la población adulta del Fundo Oquendo del distrito del Callao, presenta una concentración promedio de 1,73(ug/dL), una concentración mínima de 0,17 (ug/dL) y una concentración máxima de 7,46 (ug/dL) de plomo en sangre los cuales no superan los valores establecidos según la OMS (20 ug / dL).
- Se determinó que los pobladores con un tiempo de residencia en el Fundo Oquendo entre 5-10 años presentan una mayor concentración promedio de plomo en sangre de 1,93 ug / dL.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar más factores laborales y de hábitos que guarden relación con la concentración de plomo.
- Dado la presente investigación se quiere dar a conocer a las autoridades y a la población los factores de contaminación y el impacto que puede tener la toxicidad de este metal, de tal manera que se realicen las medidas preventivas y correctivas.
- Se recomienda a los profesionales de la salud prestar atención a la población ante cualquier indicio que manifieste síntomas de contaminación a personas y más si trabajan o residen en lugares altamente contaminado.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cornejo Febres, Carlomagno, Zuzunaga Floreamos, Luis Antonio. Determinación de Plomo en sangre de Varones y Mujeres Adultos del Asentamiento “Cultura y Progreso” del Distrito de Chaclacayo.Lima-Peru. 2007.
2. Organización Mundial de la Salud – OMS (2017) Intoxicación por plomo y salud. <http://origin.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>. Visitado 10 de diciembre del 2018
3. Rodríguez, A., & Espinal, G. Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2 a 10 años en el Barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana. *Redalyc*, 595-606. (2008)
4. Manuel Chávez R; Georgina Ortiz P; Celia Niño L; María del Carmen Gastañaga. NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN LA POBLACIÓN DE UNA CIUDAD CON ALTOS NIVELES DE PLOMO EN EL AMBIENTE Y COMPARACIÓN CON OTRAS CIUDADES DEL PERÚ. año 17 (5-6) may - jun Bol - Inst Nac Salud 2011.
5. Vega,J,De Coll, J, Katekaru, D , Lermo y col. Intoxicacion plúmbica crónica y alteraciones del crecimiento y desarrollo cognitivo-emocional en niños. *Anales Facultad de Medicina*. 2003. Vol. 64 N° 2.
6. Ascione, A. I. Intoxicación por plomo en pediatría. *Archivo Pediatría*. , Pag (133-138). 2001.
7. Poma, P. A. Intoxicación por plomo en humanos. Scielo Perú. 2008. Pag (120-126).

8. Jiménez, D. B. Cuantificación de metales pesados (Cadmio, cromo, níquel, plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) ostión de mangle en el puente Portete del Estero Salado (Guayaquil) (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador (2012).
9. Peña A., L., et al. Toxicología clínica. Primera edición. Pag (547-554) Colombia. (2010).
10. IPEN. Lead in enamel flyers. (2010). http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/lead_in_enamel_flyers-es.pdf
11. González, M., Trasobares, E., Cano, S., & Oliván, P. Determinación de plomo y cadmio en sangre y su relación con fuentes de exposición. Elsevier. 2008. 115123.
12. Concepción Nava-Ruíz, Marisela Méndez-Armenta. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Arch Neurocién (Mex).2011. Vol. 16, No. 3: 140-147.
13. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Case Studies in Environmental Medicine: Lead Toxicity. US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2010.
14. GISBERT, J. Medicina Legal y Toxicología. Edit. Masson S.A. 5ta.Edición. Barcelona. 1998. pp.835 – 850.
15. Nava R, Méndez A. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Archivos de Neurociencias. 2011; 16(3): 140-147.
16. Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México. [Sede Web] México. 2015 [Fecha de acceso 05 de octubre de 2015]. Hojas de

seguridad. Disponible en:

<http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/23plomo.pdf>

17. Ubillus, J. Estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/ubillus_lj/cap2.pdf

18. Córdova D. Toxicología. 5ta ed. México: Editorial Manual Moderno; 2008.

19. San Lorenzo de El Escorial. Plomo características. Quinta Metálica. Madrid. 2012.

20. Envenenamiento por Plomo. Environmental Protection Agency. Centro Nacional de Información sobre el Plomo (The National Lead Information Center) al 1-800-424-LEAD (5323). 2016.

21. María Isabel Azcona-Cruz. Ribani Ramírez y Ayala. Gabriela Vicente-Flores. Efectos tóxicos del plomo. Rev Esp Méd Quir 2015; 20:72-77.

<http://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2015/rmq1511.pdf>

22. WHO (World Health Organization). Exposure to lead: a major public health concern. Switzerland: Public Health and Environment. 2010

23. Poma P., Lead effects on humans. Medicina 2008; 69(2):120-6.

24. Organización Mundial de la Salud – OMS (2017) Intoxicación por plomo y salud. <http://origin.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>. Visitado 10 de diciembre del 2018.

25. Castro, P.C. Sobrado, S.F. Detección y cuantificación de plomo en muestras de sangre venosa de escolares de 12 a 17 años de la urbanización. TESIS para optar al título profesional de Químico Farmacéutico, UNMSM. La primavera del distrito del Agustino mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. (2010).

26. Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA, “Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con intoxicación por Plomo”
27. Krantz A, Dorevitch S. Metal exposure and common chronic diseases: A guide for the clinician. *Dis Mon* 2004; 50:215- 262.
28. Nogué S. Burton’ s Line. *N Engl J Med* 2006; 354:e21.
29. Marquez C. Biomonitorización de Cadmio, Cromo, Manganeso, Níquel y Plomo en muestra de sangre total, orina, vello axilar y saliva en una población laboral expuesta a metales pesados. Memoria presentada para optar al grado de Doctora en Medicina. Facultad de Medicina. Universidad de Granada. Granada-España. Setiembre 2012.
30. Duffus J. Toxicología Ambiental. Barcelona. Ediciones Omega; 1983.
31. Albert L. Introducción a la Toxicología Ambiental. Metepec. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. División de Salud y Ambiente. OPS/OMS; 1997.
32. Stauding, K. C. Occupational lead poisoning includes patients handouts on lead and health. *American Family Physician* (1998).
33. Mycyk, Hryhorczuk y Amitai. «Lead» en Timothy Erickson y cols editores: *Pediatric Toxicology: Diagnosis and Managament of the Poisoned Child*. McGraw-Hill, 1ra edición *Rev. Soc. Per. Med. Inter.* 18(1) pag 24, 2005.
34. Flora SJS, Mittal M, Mehta A. Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. *Indian J Med Res* 2008;128: 501-23
35. Melinda M. Valdivia Infantas. Intoxicación por Plomo Lead poisoning, *Rev. Soc. Per. Med. Inter.* 18(1) .

36. Punteado basófilo (2015) Enlace: <http://noeqbcursodehema.blogspot.com.co/2015/11/punteadobasofilo.html>. www.flickr.com/photos/64061910@N02/galleries/72157626965076518/ visitado 20 de abril del 2019.
37. Schwartz B, Stewart W, Bolla K. et al. Past adult lead exposure is associated with longitudinal decline in cognitive function. *New York. Neurology*. 2000;55: 1144- 1150.
38. Lanphear B, Eberly S, Howard C. Long-term effect of dust control on blood lead concentrations. *New York. Official journal of the American Academy of Pediatrics*; Oct 2000. 106(4) .
39. Cedano K, Requena L. [Tesis para optar al Título Profesional]. “Estudio Toxicológico de los Niveles de Concentración de Cadmio, Manganeso y Plomo, en Sangre y/u Orina en Personas Expuestas en las Avs. Abancay y Alfonso Ugarte de la Ciudad de Lima”. Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNMSM. Lima; Pag (64-67). 2007.
40. GISBERT, J. *Medicina Legal y Toxicología*. Edit. Masson S.A. 5ta Edición.
41. COREY, G., GALVAO, L. Plomo. Serie Vigilancia 8. OPS/OMS. Metepec. pp 1-103.1989.
42. Kim, D.H. y al., et. *Atlas de lesiones vertebrales en adultos y niños*. Madrid: Elsevier Sander, 2010. pág. 621
43. Marti, J.A. y Deville, H. *Medicina del Trabajo*. segunda. Madrid: Masson. pág. 290.2002.
44. Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones ambientales infantiles con plomo Pag 19 .2013 edición 2013 link

http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000293cnt-guia_intoxicaciones_con_plomo_2013.pdf.

45. Plomo. Toxicología. Disponible en la página Web de la Universidad de Zaragoza:

<http://wzar.unizar.es/stc/toxicologianet/pages/x/x17/x17f/09.htm>.

Consultada el 10/03/2012.

46. Padilla Magunazelai A, Rodríguez-Sierra Huguet N, Martínez Castillo A. Protocolo de vigilancia sanitaria específica de Plomo. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid, 1999.

47. Brawnwald E, Hauser S, Fauci A, Longo D, Kasper D, Jameson JL. Harrison, Principios de Medicina Interna. 15 Edición, Mc Graw-Hill, Madrid. Intoxicación por Metales Pesados, sección específica de Plomo. Págs. 3034-3035. 2002.

48. López y cols. Anemia secundaria a intoxicación por plomo. Rev Clin Esp 2001; 201:390-393.

49. Gonzales D. Rojas W. Relación entre la exposición crónica ocupacional al plomo y efectos neurocomportamentales revisión documental. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Enfermería-Facultad de Medicina. Bogotá D.C - Colombia, 2008. Pag.(185-187). 2008.

50. Cedano K, Requena L. [Tesis para optar al Título Profesional]. "Estudio Toxicológico de los Niveles de Concentración de Cadmio, Manganeso y Plomo, en Sangre y/u Orina en Personas Expuestas en las Avs. Abancay y Alfonso Ugarte de la Ciudad de Lima". Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNMSM. Lima; Pag (73-74). 2007.

51. American Academy of Pediatrics, Committee on Drugs. Treatment guidelines for lead exposure in children. *Pediatrics* 1995; 96:155-160.
52. Mycyk, Hryhorczuk y Amitai. «Lead» en Timothy Erickson y cols editores: *Pediatric Toxicology: Diagnosis and Management of the Poisoned Child*. McGraw-Hill, 1ra edición, Rev. Soc. Per. Med. Inter. 18(1) pag 27. 2005.
53. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2017. www.inei.gob.pe
54. Soria S. Determinación de metales en residuos de disparo por espectroscopía de absorción atómica. Tesis doctoral, UNAM. 2012.
55. Jiménez CM. Validación del método de análisis de residuos de disparo por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente en frotis de manos, en el instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses. *Ciencias forenses*, 1(1), 8- 12. 2013.
56. Rubinson, K. A., & Rubinson, J. F. *Análisis Instrumental*. Madrid: Prentice Hall. 2001.
57. Espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito (GFAAS). [En línea]. [Fecha de acceso 20 de marzo del 2019]. Disponible en: <http://w3.ua.es/ite/proyectos/proyectoGFAAAS/teoria/fundamentos.html>.
58. Espinoza Dominguez Judith Quispe Huillca Yessica. “DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN MACA (*Lepidium meyenii*) EXPENDIDA EN EL MERCADO 10 DE OCTUBRE DURANTE EL PERÍODO DE JUNIO – OCTUBRE 2016”. Pág. 33. Lima-Perú. 2016.
59. Alexis Rodríguez Rey, I Liliam Cuéllar Luna, II Geominia Maldonado Cantillo, II María Elena Suardiaz Espinosa. Efectos nocivos del plomo para

la salud del hombre. Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". La Habana, Cuba. II Institut. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. 2016;35(3).

60. Rubio C, Gutiérrez AJ, Martín RE, Revert C, Lozano G, Hardisson A, et al. El plomo como contaminante alimentario. Revista de Toxicología [Internet]. Julio 2004 [citado Febrero 2015];21(2-3):[aprox. 20 p.]. Disponible en: <http://www.fmed.uba.ar/depto/toxico1/articulos/7.pdf>
61. Molina, L., Rondón, C., & et.al. Determinación y estandarización de plomo en sangre en operarios de estaciones de servicio del Estado Mérida. Redalyc, 229- 236.2007.
62. Trasobares, E. Plomo mercurio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores de exposición (Tesis de pregrado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.2010.
63. Higuera, P., & Oyarzun, R. (2012). Minerales, metales, gases y la salud humana y ambiental. Recuperado el 10 de Agosto de 2016. http://www.uclm.es/users/higuera/MGA/Tema08/Minerales_salud_4_1.htm.

ANEXOS

Anexo N°1: Lectura y entrega del consentimiento informado



Anexo N°2: Entrega y registro de encuesta



Anexo N° 3: Toma de muestra sanguínea



Anexo N° 4: Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito



Anexo N°5: Encuesta para la población de Oquendo

Encuesta

Nombre y Apellido:

Fecha:

Instrucciones:

Por favor conteste las preguntas con la verdad, lea con detenimiento cada una. La información proporcionada será confidencial y no se revelará en ningún caso.

1. - Datos generales

Sexo: F () M ()

Edad:

2. ¿Cuántos años vive en Oquendo?

- a) 3 - 5 años
- b) 5 - 10 años
- c) 10 – más
- d) Otros

3. ¿Cuántas horas permanece en su vivienda?

- a) 8 h
- b) 10 h
- c) 12 h
- d) 24 h

4. Actualmente en qué tipo de trabajo se entra laborando

- a) Industria Cosmética
- b) Industria de Pintura
- c) Otros

5. ¿En qué lugar se encuentra ubicado su centro de trabajo?

- a) Cerca de un grifo
- b) Cerca de una AVENIDA
- c) Cerca de un área de reciclaje
- d) Otros

6. ¿Cuánto tiempo tiene laborando en su trabajo?

- a) 6 meses - 1 año
- b) 1 - 3 años
- c) 3 - 5 años
- d) 5 - 10 años
- e) Otros

7. ¿Usted fuma?

- a) SI
- b) NO

8. ¿Toma algún suplemento vitamínico como Calcio?

- a) Si
- b) No

9. ¿Usted consume alimentos enlatados?

- a) Si
- b) No

10. ¿Con qué frecuencia consume alimentos enlatados?

- a) Diaria
- b) Interdiaria
- c) 1 vez por semana
- d) 1 vez al mes
- e) 1 vez al año
- f) No consume

11. ¿Ha sufrido últimamente mareos, cansancio, debilidad?

- a) Si
- b) No

1,12,15,17,19,20,24,34,39,40,42,43,45-48,51-52,54,55,75-78



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, DECANIA DE AMÉRICA)
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Consentimiento Informado

“Determinación de plomo en sangre en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao”.

Yo :Identificado con Documento Nacional De Identidad
.....Domiciliado enEdad
.....Teléfono.....

He sido informado sobre el estudio que se realizara con el objetivo de determinar la concentración de plomo en sangre en la población adulta del Fundo Oquendo por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Horno de Grafito, por la Srta. Químico farmacéutico responsable de la obtención de la muestra biológica (sangre) y me ha informado ampliamente acerca de la posible contaminación a la que estoy expuesto(a) actualmente y la toma de muestra que se requiere realizar para ello. El procedimiento propuesto es la toma de 5ml de sangre venosa.

Las personas que pueden formar parte de este estudio son personas adultas de 18 a 70 años que trabajen o vivan en el Fundo Oquendo, las cuales pasen más horas de su día en el sitio de referencia. Personas menores de edad (< 18 años) o embarazadas están excluidas de participar

Por otra parte, me ha informado de los posibles riesgos (dolor, hematomas, extravasación), complicaciones (flebitis) y efectos secundarios (algunas personas pueden sufrir mareos debido a la impresión) que podría suceder al momento de tomar la muestra, así como los beneficios que podré obtener mediante este procedimiento, el cual consiste en orientación farmacéutica y la entrega de resultados e interpretación de datos de manera gratuita y personalizada , los cuales serán entregados en 1 mes, posterior a la toma de muestra.

He realizado las preguntas que considero oportunas, todas las cuales han sido absueltas y con respuesta que considero suficiente y aceptable.

Por lo tanto, de forma consciente y voluntaria, autorizo que se realice el procedimiento correspondiente de toma de muestra de 5 ml de sangre venosa ,teniendo pleno conocimiento de los posibles riesgos, complicaciones, efectos secundarios y beneficios que podría desprenderse de dicho acto.

.....

Nombre y Apellido del PACIENTE



Huella

.....

Firma del Paciente o representante legal

Lima..... de.....del 2018

Anexo N°7: Aprobación del comité de ética



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

Oficio N° 0014/FFB-UI/2019

Lima, 24 de enero de 2019

Señorita
Erika Ortega Vega
Presente.-

Ref.: Documento c/f 17/10/2018

Asunto: EL QUE SE INDICA

Por medio de la presente le saludo muy cordialmente y en atención al documento de la referencia, le informo el Proyecto de investigación titulado: "**Determinación de plomo en sangre en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao**", ha sido evaluado y aprobado por el Comité de Ética de nuestra Facultad; el cual se encuentra certificado con el registro **Nro. 004-CE-UDI-FFB-2018**.

Sin otro en particular, hago propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente


Dra. María Elena Salazar Salazar
Directora



Mch

Anexo N°8: Resultados del análisis



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú, Decana de América
 Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N° **84210** - **84229**

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Erika Mariela Ortega Vega y Srta. Wendy Marlene Landa Alvarado
TESIS: "Determinación de plomo en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao"
FECHA DE RECEPCIÓN: 18 de Febrero de 2018 HORA: 12:30 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03 de Marzo de 2018 HORA: 06:30 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 10 de Marzo de 2018 HORA: 11:00 p.m.

MÉTODO: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno Grafito.
TIPO DE MUESTRA: Sangre con heparina.
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posterior al análisis.
V.N Adultos masculinos < 40 µg/dL personas expuestas ocupacionalmente ()*
*V.N Mujeres en edad fértil < 30 µg/dL personas expuestas ocupacionalmente (**)*

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84210	OQ 2	0.66 µg/dL
84211	OQ 3	1.23 µg/dL
84212	OQ 4	0.17 µg/dL
84213	OQ 5	0.42 µg/dL
84214	OQ 6	0.50 µg/dL
84215	OQ 7	2.78 µg/dL
84216	OQ 8	1.00 µg/dL
84217	OQ 9	2.58 µg/dL
84218	OQ 10	0.18 µg/dL
84219	OQ 11	0.99 µg/dL

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84220	OQ 12	0.18 µg/dL
84221	OQ 13	0.76 µg/dL
84222	OQ 14	4.23 µg/dL
84223	OQ 15	3.81 µg/dL
84224	OQ 16	7.46 µg/dL
84225	OQ 17	0.75 µg/dL
84226	OQ 18	0.61 µg/dL
84227	OQ 19	1.63 µg/dL
84228	OQ 20	0.94 µg/dL
84229	OQ 21	1.36 µg/dL

Lima, 10 de Marzo de 2018

Director de CICOTOX
 Dr. José A. Apesteguía Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.I N° 09359857

Dr. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS
 COFP: 10579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.
 (**)(**) Guía Técnica: Guía de práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo. RM 511-2007/MINSA. Ministerio de Salud-Perú, 2007

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1
 E-mail: cicotex.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

Anexo N°8: Resultados del análisis (continuación)



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	84230	-	84249
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Erika Mariela Ortega Vega y Srta. Wendy Marlene Landa Alvarado
TESIS: "Determinación de plomo en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao"
FECHA DE RECEPCIÓN: 18 de Febrero de 2018 HORA: 12:30 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03 de Marzo de 2018 HORA: 06:30 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 10 de Marzo de 2018 HORA: 11:00 p.m.

MÉTODO: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno Grafito.
TIPO DE MUESTRA: Sangre con heparina.
OBSERVACIONES: La contratmuestra será descartada a los 30 días posterior al análisis.
V.N Adultos masculinos < 40 µg/dL personas expuestas ocupacionalmente ()*
*V.N Mujeres en edad fértil < 30 µg/dL personas expuestas ocupacionalmente (**)*

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84230	OQ 22	0.41 µg/dL
84231	OQ 23	6.47 µg/dL
84232	OQ 24	2.60 µg/dL
84233	OQ 25	2.18 µg/dL
84234	OQ 26	0.64 µg/dL
84235	OQ 27	0.82 µg/dL
84236	OQ 28	1.14 µg/dL
84237	OQ 29	1.73 µg/dL
84238	OQ 30	1.48 µg/dL
84239	OQ 31	0.61 µg/dL

N° ANÁLISIS	CÓDIGO	RESULTADO
84240	OQ 32	0.72 µg/dL
84241	OQ 33	1.50 µg/dL
84242	OQ 34	2.90 µg/dL
84243	OQ 35	1.31 µg/dL
84244	OQ 36	3.07 µg/dL
84245	OQ 37	1.07 µg/dL
84246	OQ 38	1.87 µg/dL
84247	OQ 39	1.60 µg/dL
84248	OQ 40	2.14 µg/dL
84249	OQ 41	2.64 µg/dL

Lima, 10 de Marzo de 2018

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.I N° 09359857



AMERICO K. FIGUERDA VARGAS
 CQFP: 19579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepción del resultado.
 (**)(**) Guía Técnica: Guía de práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo. RM 511-2007/MINSA. Ministerio de Salud-Perú, 2007

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>