

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



EVALUACIÓN DE PLOMO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA EN ESMALTE DE UÑAS QUE SE
COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Trabajo de graduación presentado por Esteban Isaac Monterroso Velásquez para optar el grado
académico de Licenciado en Química Farmacéutica

Guatemala

2024

EVALUACIÓN DE PLOMO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA EN ESMALTE DE UÑAS QUE SE
COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades




EVALUACIÓN DE PLOMO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN ESMALTE DE UÑAS QUE SE COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Trabajo de graduación presentado por Esteban Isaac Monterroso Velásquez para optar el grado
académico de Licenciado en Química Farmacéutica


Guatemala


2024


Vo. Bo.:

(f) 
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesora

Tribunal Examinador:

(f) 
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesora

(f) 
MSc. Ana Luisa Mendizabal Solé
Revisora

(f) 
Dr. Élfego Rolando López García
Director
Departamento de Química Farmacéutica

Fecha de aprobación: Guatemala, 05 de diciembre de 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a **Dios** quien me dio el esfuerzo y la gracia para avanzar hasta esta última etapa de mi carrera. Quien me brindó las fuerzas para seguir adelante y sobrellevar cualquier obstáculo.

Mis papás, quienes me apoyaron en toda mi carrera de distintas maneras. Mediante palabras de aliento y esfuerzo de cada uno; reconozco que las metas que he logrado son también de ellos por motivarme a ser mejor cada día.

Mis hermanas, quienes gracias a sus conocimientos me ayudaron a avanzar en cada etapa de mi carrera. Su disposición para ayudarme siempre estuvo presente y su apoyo incondicional me alentaron a seguir adelante.

Mi psicóloga, Regina Fanjul, quien fue una gran fuente de apoyo en varias ocasiones para encontrar la paz mental frente a mis miedos. Ella me motivó y me ayudó a determinar que era capaz de llevar a cabo este estudio.

Mis amigos Favio Roberto, Pablo Romero y Kevvin Alexander, quienes me vieron crecer durante mi carrera y me ayudaron a alcanzar logros en varias áreas de mi vida. Les agradezco enormemente a cada uno.

Mi asesora, MSc. Carolina Guzmán, quien en desvelo y esfuerzo me ha apoyado durante todo este año. Me brindó su apoyo y compartió sus conocimientos para yo crecer académica y profesionalmente.

A la **Universidad del Valle de Guatemala**, quienes me guiaron desde el primer día para desarrollar nuevas competencias cada año. A cada catedrático de cada curso quienes compartieron sus conocimientos para formar químicos farmacéuticos en excelencia.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE CUADROS	IV
LISTA DE GRÁFICOS	V
RESUMEN	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL	3
A. Antecedentes del problema	3
B. Justificación	4
C. Planteamiento del problema	6
D. Alcance y límites del problema	6
1. Alcance	6
2. Límites	6
III. MARCO TEÓRICO	7
A. Plomo	7
1. Generalidades	7
2. Toxicocinética	7
3. Toxicodinamia	9
4. Sintomatología de la intoxicación por plomo	10
5. Diagnóstico	12
6. Tratamiento	13
7. Registros encontrados de plomo en sangre	15
8. Fuentes de exposición de plomo	16
9. Medidas de seguridad para reducir la exposición a plomo	19
B. Formulación del esmalte de uñas	21
C. Espectroscopía de absorción atómica	23
D. Espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito	26
E. Digestión asistida por microondas	27
F. Regulación de plomo en cosméticos	28
1. Regulaciones internacionales	28
2. Regulación nacional	29
IV. MARCO METODOLÓGICO	30
A. Objetivos	30
1. Generales	30
2. Específicos	30
B. Hipótesis	30
1. Hipótesis nula (H ₀)	30
2. Hipótesis de investigación (H _a)	30
C. Variables	31
D. Población	31
E. Muestra	31
F. Procedimiento	31
G. Diseño de investigación	33

H. Análisis estadístico	33
V. MARCO OPERATIVO	34
A. Recolección y tratamiento de los datos	34
B. Recursos	34
1. Recursos humanos	34
2. Recursos materiales	34
3. Equipo	34
4. Materiales y cristalería de laboratorio	34
5. Lugar	35
VI. RESULTADOS	36
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
VIII. CONCLUSIONES	43
IX. RECOMENDACIONES	44
X. BIBLIOGRAFÍA	45
XI. ANEXOS	50
XII. GLOSARIO	64

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1. Mapa de muestreo de niveles de plomo en sangre (BLL)	16
Figura No. 2. Estructura química del tetraóxido de plomo (Pb_3O_4)	19
Figura No. 3. Primera página de ficha técnica de estándar de plomo	55
Figura No. 4. Segunda página de ficha técnica de estándar de plomo	56
Figura No. 5. Tercera página de ficha técnica de estándar de plomo	57
Figura No. 6. Cuarta página de ficha técnica de estándar de plomo	58
Figura No. 7. Quinta página de ficha técnica de estándar de plomo	59
Figura No. 8. Sexta página de ficha técnica de estándar de plomo	60
Figura No. 9. Séptima página de ficha técnica de estándar de plomo	61
Figura No. 10. Octava página de ficha técnica de estándar de plomo	62
Figura No. 11. Novena página de ficha técnica de estándar de plomo	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1. Respuesta clínica según la concentración de plomo en sangre	11
Cuadro No. 2. Administración de las terapias quelantes	14
Cuadro No. 3. Estrategias de intervención según BLL	14
Cuadro No. 4. Cantidad de personas (0 – 19 años) con niveles de plomo en sangre $\geq 5 \mu\text{g/dL}$	15
Cuadro No. 5. Derivados de plomo identificados en actividades y procesos seleccionados	17
Cuadro No. 6. Formulación de la base de suspensión para aplicación prolongada	22
Cuadro No. 7. Formulación de esmalte de uñas para aplicación prolongada	23
Cuadro No. 8. Inscripción sanitaria vigente de muestras de esmaltes de uñas	36
Cuadro No. 9. Resultados para la curva de calibración de estándar de plomo	36
Cuadro No. 10. Información respecto a la curva de calibración de estándar de plomo	37
Cuadro No. 11. Resultados del análisis en las muestras de esmalte de uñas	37
Cuadro No. 12. Estadística descriptiva de las concentraciones de plomo en esmaltes de uñas	38
Cuadro No. 13. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 1	50
Cuadro No. 14. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 2	50
Cuadro No. 15. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 3	51
Cuadro No. 16. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 4	51
Cuadro No. 17. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 5	51
Cuadro No. 18. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 6	52
Cuadro No. 19. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 7	52
Cuadro No. 20. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 8	52
Cuadro No. 21. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 9	53
Cuadro No. 22. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 10	53
Cuadro No. 23. Especificaciones de espectrofotómetro de absorción atómica	53
Cuadro No. 24. Resultados obtenidos del análisis de las muestras de esmaltes de uñas	54
Cuadro No. 25. Pesos utilizados de cada muestra de esmalte de uñas para el análisis	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1. Curva de calibración de estándar de plomo	<u>37</u>
Gráfico No. 2. Concentración de plomo de las muestras de esmaltes de uñas respecto al límite permisible indicado por la regulación nacional e internacional	<u>38</u>

RESUMEN

El propósito del siguiente estudio fue cuantificar los niveles de plomo en 10 muestras de esmaltes de uñas que se encuentran disponibles en supermercados y locales que comercializan productos provenientes de Asia, ubicados en la zona 7 y 11 de la Ciudad de Guatemala; estos se encuentran en el listado de inscripción sanitaria vigente el cual está actualizado hasta el 12 de septiembre de 2024.

La evaluación de las muestras se ejecutó mediante la revisión de los productos en el listado de inscripción sanitaria que se encuentra disponible en el sitio web del Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines (DRCPPFA). El 70% de las muestras evaluadas se encuentran en el listado de inscripción sanitaria vigente; sin embargo, 30% de las muestras no se encontraron en el listado mencionado anteriormente ni contaban con el etiquetado de la inscripción sanitaria.

Respecto a los niveles de plomo en las muestras analizadas se determinaron concentraciones, en esmaltes de uñas disponibles en supermercados, entre 0.08865 – 2.673 ppm. Por el contrario, en los esmaltes disponibles en los locales que comercializan productos de origen asiático, se encuentran en un rango entre 0.06347 – 2.358 ppm. Las muestras 5A (2.673 ppm) y 3B (2.358 ppm) presentaron las concentraciones de plomo superiores en comparación a la Ley Reguladora para el Control de la Utilización del Plomo en el artículo 1. Todas las muestras presentaron concentraciones por debajo de los niveles permisibles por la Agencia de Control de Alimentos y Medicamentos (FDA).

Se recomienda seguir con el estudio mediante el análisis de estos productos cosméticos en otras zonas y departamentos de Guatemala, de manera que se verifique el control y regulación. Determinar que las concentraciones de metales pesados en estos productos cumplan con las regulaciones nacionales e internacionales. Asimismo, analizar distintos colores de esmaltes para proporcionar información respecto a la ausencia o presencia de concentraciones de plomo por trazas de contaminación por pigmento

I. INTRODUCCIÓN

El plomo es un compuesto químico el cual se clasifica como metal pesado; se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra en una cantidad estimada entre 15 - 20 mg/kg (ATSDR, 2020). Este compuesto está presente en la corteza como sulfuro de plomo (PbS) el cual se denomina como galena. Sin embargo, estos valores se pueden incrementar en ciertas áreas debido a fuentes antropogénicas que provocan la deposición de compuestos de plomo sobre sedimentos y cuerpos acuáticos (WHO, 2023).

La exposición a fuentes de plomo puede provocar intoxicación aguda o crónica, por lo que puede ocasionar graves daños a la salud. Los síntomas y signos pueden variar según la edad del paciente, dieta, vía de absorción, compuestos de plomo y concentración del metal en sangre. La introducción de plomo al organismo no se debe tomar a la ligera, ya que tiene la capacidad de adherirse en el hueso cortical donde puede permanecer hasta 20 años lo cual ocasiona efectos a largo plazo (Gaviola, *et al.*, 2018).

Las principales vías de intoxicación son mediante inhalación e ingestión. Según el tamaño de las partículas de plomo pueden ingresar por inhalación al tracto alveolar o ser eliminadas por el sistema mucociliar por el cual se pueden absorber por vía digestiva. Por otra parte, en el tracto digestivo se puede absorber aproximadamente 20% en adultos y entre 40 - 50% en niños, lo cual puede influir en una dieta en déficit de hierro, calcio, rica en grasas y ayunos prolongados. Respecto a la vía dérmica, la absorción es baja; sin embargo, si el individuo no mantiene correctos hábitos de higiene y lavado de manos permite la entrada de partículas de plomo de las manos a la vía respiratoria o digestiva (Gaviola, *et al.*, 2018).

Los síntomas y signos que pueden aparecer posterior a la exposición a plomo varían según la concentración en sangre. Este metal ocasiona graves daños al sistema hematológico, cardiovascular, reproductivo, renal y nervioso. A concentraciones $<5 \mu\text{g/dL}$ puede ocasionar disminución del coeficiente intelectual (IQ), déficit de atención, hiperactividad entre otras patologías presentes en niños. Asimismo, puede retrasar el crecimiento del feto si la madre presenta mayores niveles de plomo. Por otra parte, a concentraciones mayores puede

ocasionar anemia, aborto espontáneo, neuropatía periférica, encefalopatía hasta la muerte (Rees y Fuller, 2020).

Por lo expuesto previamente, es importante la identificación de fuentes de exposición entre las cuales las principales fuentes son la fundición, soldadura, esmaltado, fabricación de baterías ácidas, cerámicas y pigmentos. En muchos de estos procesos de manufactura y producción no se utilizan compuestos de plomo de manera directa; sin embargo, en materia prima se ha encontrado como trazas de contaminación. Por consiguiente, en ciertos pigmentos no regulados que se emplean en la formulación de cosméticos se ha determinado la presencia de plomo. Por parte de la FDA se evaluó múltiples productos cosméticos de los cuales se concluyó que aquellos que tienen el objetivo principal de brindar color pueden contener mayores concentraciones de plomo si el proceso de manufactura no es el correcto (Haz – Map, 2024).

La comercialización de cosméticos puede representar un riesgo para los consumidores si estos no se encuentran regulados y en constante vigilancia por parte del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). Muchos de estos productos que se comercializan no cuentan con un registro sanitario, el cual respalda que estos sean controlados y seguros para los consumidores por lo que es necesario evaluar los distintos productos que puede encontrarse en el mercado nacional.

Debido a lo anterior, es importante evaluar y verificar que los productos cosméticos y de aplicación tópica cumplan con los niveles de plomo permisibles. Este estudio tiene como propósito principal la evaluación de esmaltes de uñas rojo que se comercializan en supermercados y locales de venta de productos de origen asiático ubicados en la zona 7 y 11 de la Ciudad de Guatemala. Mediante la investigación y supervisión de estos productos se puede evitar los riesgos a la salud de los consumidores que pueden presentar intoxicación por uso repetido y prolongado.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Antecedentes del problema

En Guatemala existen varios locales donde se comercializan cosméticos principalmente maquillaje, y en muchos de estos lugares no se supervisan que estos productos sean de calidad para evitar que los consumidores puedan presentar repercusiones. Debido a ello, la importancia del análisis y cuantificación de metales pesados en cosméticos, como es el caso del plomo en diferentes productos de maquillaje. (Robles, *et al.*, 2014).

Debido a la intoxicación por plomo ha ocurrido muertes las cuales se podrían evitar, y como se mencionó anteriormente, el plomo se puede encontrar en productos con aplicación tópica. Con relación a ello, es importante mantener la supervisión desde las marcas más conocidas hasta aquellos comercios locales en donde se venden productos genéricos, de manera que se cuide la salud del consumidor como en aquellos implicados en su producción. Mediante ello, es importante emplear un procedimiento útil y factible para determinar la concentración de plomo en productos cosméticos como lo es el esmalte de uñas, para evitar que los consumidores que lo utilicen arriesguen su vida a intoxicación ocasionada debido al metal mencionado (Gliozzo y Ionescu, 2022).

Por consiguiente, se han generado estudios con el objetivo de analizar la concentración de plomo presente en esmalte de uñas. En 2014 un estudio en Nigeria por Ouremi *et al.*, se analizó muestras de esmaltes de uñas en variedad de colores en donde se encontró niveles de plomo superiores a lo aceptable; arriesgando la salud de los consumidores e incrementando las posibilidades de padecimiento de cáncer, disfunción en el sistema hematológico, renal, cardiovascular, nervioso central entre otras patologías debido a su uso repetitivo (Ouremi, *et al.*, 2014). En 2015 un estudio en Irán por Karami *et al.*, se analizaron distintos metales pesados en 13 muestras distintas de esmalte de uñas, en donde se concluyó niveles superiores a lo aceptable de plomo y cadmio (Karami, *et al.*, 2015). En 2017 un estudio en Estados Unidos por Ceballos *et al.*, se analizaron distintas muestras de esmalte de uñas, orina y muestras de uñas de los trabajadores dentro de los

salones. En donde se obtuvo concentraciones de metales pesados permisibles (Ceballos, *et al.*, 2021).

Asimismo, se han hecho estudios previos en productos cosméticos que se comercializan en Guatemala en los cuales se cuantificaron la concentración de plomo. En 2009 se ejecutó un estudio por Jacinto, en el cual se analizaron distintas marcas de delineadores para ojos. Se determinó que el 20% de las muestras presentaron concentraciones entre 15.74 – 23.61 ppm (Jacinto, 2009). En 2018 un estudio generado por Tock, se evaluaron 12 muestras de sombras de polvo compacto de color azul. Entre las muestras analizadas con registro sanitario y sin registro sanitario, ninguna presentó concentraciones >10 ppm por lo que cumplió con los valores propuestos (10 ppm) por la FDA (Tock, 2018). Por el contrario, un estudio en 2018 que se llevó a cabo por Saenz, se analizaron distintas muestras de labiales en barra (sólidos y líquidos) disponibles en mercados de la zona 1 de la ciudad de Guatemala. Mediante la experimentación se determinó una mediana de 79.3 ppm de labiales en barra y 214 ppm en labiales líquidos por lo que todas las muestras analizadas superaron los 10 ppm (Saenz, 2018). Recientemente se llevó a cabo un estudio en 2023 por Tzib, en el cual se evaluaron 11 muestras de polvos compactos de tono oscuro disponibles en la zona 1. Se determinó que el 100% de las muestras presentaron concentraciones de plomo de las cuales el 9% superaron los niveles permisibles (10 ppm) por la FDA (Tzib, 2023).

B. Justificación

La evaluación de materias primas con trazas de plomo ha sido documentada en distintos productos como cosméticos, y debido a ello se ha planteado medidas de prevención a nivel internacional ante el riesgo de intoxicación por el metal pesado. En un estudio publicado en 2022 por Gliozzo y Ionescu, se describe la reacción del plomo y ácido acético para la obtención de pigmento rojo que se empleaba anteriormente en productos como los esmaltes de uñas (Gliozzo y Ionescu, 2022).

En la actualidad se ha encontrado compuestos de plomo presentes en los pigmentos que se emplean en esmaltes de uñas, por lo que, debido a ello, se decide evaluar los

esmaltes de color rojo comercializados en Guatemala, ya que es un color que se mantiene vigente dentro del gusto de los consumidores.

Los cosméticos que se aplican de manera tópica pueden exponer a los consumidores a contaminantes como plomo si este se encuentra presente en los productos. Tomando en cuenta que en Guatemala existen locales de venta en granel y menudeo de cosméticos que incluyen esmaltes de uñas, procedentes de contenedores importados que incluyen productos variados, posiblemente sin registro sanitario, se hace necesario saber si en algunos de dichos productos se encuentra esmaltes de uñas que tengan valores altos de plomo.

Debido a lo anterior, con este estudio se tuvo como propósito analizar distintas muestras de esmaltes de uñas de color rojo en almacenes que comercializan productos importados de Asia, así como supermercados de las zonas 7 y 11 de la ciudad de Guatemala. Se compararon las concentraciones de plomo entre las distintas marcas tomando como referente los niveles propuestos por la FDA y la Ley Reguladora para el Control de la Utilización del Plomo.

El análisis se ejecutó en muestras de esmaltes de uñas de color rojo empleando espectrofotometría de absorción atómica. La evaluación de estas muestras se llevó a cabo durante el segundo semestre del 2024 con los productos que se encuentren disponibles en los locales determinados.

El presente estudio reporta resultados respecto a la presencia de plomo en estos productos. Por lo anterior, se brinda información de interés nacional respecto a los productos evaluados, y la concentración de metales pesados específicamente de plomo.

C. Planteamiento del problema

¿Lo esmaltes de uñas rojo que se incluyen en el presente estudio, están registrados en Guatemala para su comercialización y no contienen niveles de plomo, que pueden ser dañinos para la salud de los usuarios?

D. Alcance y límites del problema

1. Alcance

La investigación consiste en la evaluación de plomo en esmaltes de uñas de color rojo. Se llevó a cabo en productos que se encontraban disponibles en supermercados y en locales que comercializan productos de origen asiático de las zonas 7 y 11 de la ciudad de Guatemala.

2. Límites

Las concentraciones de plomo medidas aplican únicamente a las 10 muestras de esmalte de uñas de color rojo que se encuentran disponibles en los supermercados y en locales que comercializan productos de origen asiático que se ubiquen en la zona 7 y 11 de la ciudad de Guatemala. Por lo tanto, los resultados son aplicables solamente al producto y local donde se adquirieron.

III. MARCO TEÓRICO

A. Plomo

1. Generalidades

El plomo (Pb) es un compuesto químico el cual se clasifica como metal pesado. Se encuentra en la tabla periódica con el número atómico 82. Este elemento se presenta de manera brillante, pesado y gris plateado, el cual al contacto del aire este se empaña provocando una coloración azul. La textura del plomo es suave de manera que es manejable siendo útil para emplearse en distintos procesos de manufactura. Además, posee una masa molecular de 207.2 g/mol, punto de ebullición a 1740°C y fusión a 327°C, y densidad relativa de 11.34 g/ml a 20°C (ChemSpider, 2022).

Este elemento se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra entre 15 – 20 mg/kg. Este compuesto está presente en la corteza como sulfuro de plomo (PbS) el cual se denomina como galena. Sin embargo, esta concentración puede variar según la deposición y acumulación producida por las fuentes antropogénicas. Se ha evaluado que las concentraciones de plomo cercanas a las carreteras oscilan entre los 30 – 2000 µg/g lo cual es mayor a los niveles naturales (WHO, 2023). Por otra parte, los niveles en aguas superficiales pueden variar según las fuentes de exposición, contenido de plomo en sedimentos y características del sistema pluvial. La media cuantificada de plomo ha sido de 4 µg/L; por lo contrario, en cuerpos acuáticos cerca al área urbana y descargas industriales las concentraciones han sido >100 µg/L (ATSDR, 2020).

2. Toxicocinética

a. Absorción

El plomo es un metal pesado el cual ha sido bastante alertado debido a su toxicidad en el ambiente. Por consiguiente, la intoxicación de plomo se determina mediante 3 vías principales las cuales son por ingestión, dérmica e inhalación. Las partículas de plomo pueden ingresar a las vías respiratorias según el tamaño de las mismas, aquellas que son mayores a 5 micrones pueden depositarse en la vía aérea media y superior que pueden ser eliminadas mediante el sistema mucociliar, y deglutirse por el sistema digestivo para ser

absorbido. Al ser menores a 5 micrones estas ingresan al tracto alveolar, el rango de absorción dependerá del derivado de plomo; sin embargo, se puede considerar totalmente absorbido posterior a las 24 horas desde la exposición (Gaviola, *et al.*, 2018).

Mediante la vía digestiva puede variar la cantidad de absorción según el estado nutricional. En adultos se absorbe aproximadamente un 20% y en niños entre 40 – 50%. Asimismo, el déficit de hierro o calcio, ayunos prolongados o dietas ricas en grasas pueden incrementar la absorción de este metal. Respecto a la vía dérmica la absorción de derivados de plomo es baja; sin embargo, el riesgo de contaminación de alimentos, bebidas, cigarrillos u otros objetos pueden ser un vehículo por el cual ingrese al sistema gastrointestinal (Gaviola, *et al.*, 2018).

b. Distribución

La distribución ocurre mediante la unión mayoritariamente del plomo a los glóbulos rojos; sin embargo, se puede determinar un 1% presente en plasma. Posteriormente, el metal se une a la enzima deshidratasa ácido aminolevulínico (ALAD) por lo cual pasa de la sangre a los tejidos blandos del hígado y riñones. Por otra parte, estos derivados pueden transportarse al Sistema Nervioso Central (SNC) lo cual es predominante en niños que, en adultos, esto se refleja en la sintomatología. La bioacumulación de este metal es mayor en el Sistema Nervioso Periférico (SNP) que el SNC (Gaviola, *et al.*, 2018).

Durante la distribución se puede provocar la adherencia de este metal, predominantemente en los huesos donde se bioacumula aproximadamente el 95% de la carga corporal total. Esto ocurre debido a la biotransformación a fosfato tricálcico de plomo lo cual permite mantener propiedades similares al calcio. Los huesos se conforman de dos estructuras importantes relacionadas a la fijación de plomo, las cuales son el cortical que se encuentra mayormente (80%) y trabecular (20%) por el cual se realiza el intercambio del plomo entre los glóbulos rojos y huesos. El recambio de plomo ocurre más rápidamente en el trabecular donde la vida media es de 1 año; por lo contrario, en el

cortical puede ser aproximadamente 20 años debido a un menor recambio (Gaviola, *et al.*, 2018).

c. Eliminación

El plomo se puede eliminar principalmente en orina o heces; debido al ritmo circadiano la eliminación por orina disminuye durante la noche. Por otra parte, en las heces se elimina a través de la bilis posterior a la conjugación entre glutatión – plomo, esto ocurre cuando la concentración de plomo es reducida, ya que a altas dosis la eliminación por heces es menor. Se ha determinado una vida media teórica de plomo en sangre de 30 días y 40 días en tejidos blandos (Gaviola, *et al.*, 2018).

3. Toxicodinamia

El mecanismo de acción en relación con la exposición a plomo se ha descrito mediante la inhibición de síntesis de eritroblastos de la médula ósea el cual es mediado por la enzima deshidratasa ácido δ - aminolevulínico (δ - ALAD). Por otra parte, la intoxicación al plomo se encuentra en relación con la ausencia de actividad antioxidante, ya que el plomo posee gran afinidad a grupos sulfhidrilo provocando una interferencia en las actividades de enzimas tales como superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (GPx), glucosa – 6 – fosfato deshidrogenasa (G6PD) y ALAD. Por consiguiente, se produce un aumento en los radicales libres y baja actividad antioxidante (Sani y Amanabo, 2021).

Asimismo, debido al estrés oxidativo el cual es provocado por la exposición a este metal, se producen especies reactivas de oxígeno (ROS) o nitrógeno (RNS). Estas sustancias funcionan como pro – oxidantes que pueden ser endógenos o exógenos, son potencialmente dañinos en un organismo con ausencia de antioxidantes provocando muerte celular. Por otra parte, puede ocasionar lipoperoxidación lo cual se emplea como un indicador para determinar el estrés oxidativo en células y tejidos (Sani y Amanabo, 2021).

Se ha determinado que este metal posee un peso molecular de 207 g/mol y el calcio (Ca) un peso de 40 g/mol. Debido a ello, permite el empaquetamiento de manera más densa por lo que produce un menor radio en los sitios de unión, esto facilita la entrada a la célula por los canales de Ca. Además, se une competitivamente a proteínas de manera que desplaza al calcio, zinc y otros metales de los sitios de unión iónicos; al unirse a estas proteínas produce un cambio conformacional que altera las propiedades de la misma (Markowitz, 2021).

4. Sintomatología de la intoxicación por plomo

Los síntomas relacionados a la exposición de plomo puede ser encefalopatía cuando hay presencia de altos niveles de plomo en sangre. Asimismo, en exposiciones prolongadas puede provocar irritabilidad, ausencia en la capacidad de atención, estreñimiento, vómitos, convulsiones y muerte. Debido a su actividad dentro del organismo, presenta serios daños sobre el sistema nervioso, hematológico, cardiovascular y renal (ATSDR, 2014).

La intoxicación aguda por plomo puede presentar síntomas gastrointestinales tales como estreñimiento, dolor abdominal y vómitos. A nivel de SNC puede ocasionar alucinaciones, insomnio, ansiedad, aumento en la presión intracraneal y convulsiones. Debido a las complicaciones en niños se puede presentar anemia y encefalopatía (ATSDR, 2014).

La intoxicación crónica puede provocar disminución en el coeficiente intelectual lo cual se puede agravar con relación a la concentración de plomo en sangre. Asimismo, respecto a efectos reproductivos puede ocasionar aborto o un parto prematuro; por otra parte, puede presentar alteraciones en los espermatozoides y disminuir la fertilidad en hombres. Además, puede ocasionar alteraciones neuroconductuales a exposiciones prolongadas en niños en estado prenatal o posnatal (ATSDR, 2014).

En el Centro Internacional de Investigaciones del Cáncer (IARC) se han clasificado los compuestos inorgánicos de plomo en el grupo 2A los cuales pueden ser

probablemente cancerígenos. Por el contrario, los compuestos orgánicos de plomo en el grupo 3, ya que no han demostrado actividad cancerígena. El plomo como elemento puro se clasifica en el grupo 2B debido a ser posiblemente cancerígeno (IARC, 2024).

Cuadro No. 1. Respuesta clínica según la concentración de plomo en sangre.

Nivel de plomo en sangre	Respuesta clínica
<5 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del IQ, rendimiento cognitivo y académico • Hiperactividad/déficit de atención • Decece del crecimiento fetal • Insuficiencia renal • Inhibición de la síntesis ALAD
<10 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso de la pubertad • Hipertensión • Daño cardiovascular • Aborto espontáneo • Parto prematuro
<20 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa los niveles de protoporfirina de eritrocitos • Disminuye el metabolismo de vitamina D • Disminuye la homeostasis del calcio
>20 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Anemia
>30 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la velocidad de la conducción nerviosa • Incrementa el metabolismo de vitamina D
>40 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Neuropatía periférica • Efectos neuroconductuales
>50 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye síntesis de hemoglobina
>60 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Cólicos abdominales
>90 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Encefalopatía
>105 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Alteraciones neurológicas graves
150 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte

(Rees y Fuller, 2020).

5. Diagnóstico

Los síntomas y signos no suelen aparecer rápidamente posterior a la exposición de plomo, debido a ello es necesario realizar un historial clínico del paciente, antecedentes, entorno y dieta del mismo. Posterior, se debe evaluar los niveles de plomo en sangre (BLL), orina, pelo y saliva, ya que estos funcionan como biomarcadores. Los niveles aceptables en sangre deben ser $<10 \mu\text{g/dL}$ en adultos y $<3.5 \mu\text{g/dL}$ en niños (Ruckart, *et al.*, 2021).

La fijación de plomo en los huesos permite determinar el grado de exposición y acumulación a largo plazo. La concentración de plomo se puede evaluar mediante el hueso cortical empleando fluoroscopia de rayos X (XRF), y la prueba de movilización de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) han sido técnicas bastante sensibles para determinar el grado de acumulación de plomo (Kim, *et al.*, 2015).

Otros biomarcadores que son útiles para determinar la intoxicación por plomo, es el incremento de ácido aminolevulínico urinario (ALA) debido a la inhibición de ALAD. Es importante mencionar que esta técnica es factible en concentraciones $\geq 35 \mu\text{g/dL}$ en adultos y entre $25 - 75 \mu\text{g/dL}$ en niños, ya que no es preciso si se emplea a concentraciones menores. Asimismo, la inhibición de la ferroquelatasa mediante el plomo incrementa la protoporfirina eritrocítica (EP) y de zinc (ZPP); sin embargo, esto es útil emplearlo a concentraciones $\geq 30 \mu\text{g/dL}$ en adultos y $15 \mu\text{g/dL}$ en niños de lo contrario no será factible realizarse (Kim, *et al.*, 2015).

El punteado basófilo y la hemólisis de los glóbulos rojos inmaduros suelen ser biomarcadores para el diagnóstico de intoxicación por plomo, esto se debe a la disminución en la actividad de la pirimidina 5' – nucleotidasa. Aunque, ambas patologías pueden ocurrir debido a la exposición de benceno o arsénico, la anemia microcítica o normocítica – hipocrómica con la presencia de punteado basófilo ocurre exclusivamente cuando las concentraciones de plomo son de $50 \mu\text{g/dL}$ en adultos y $\geq 40 \mu\text{g/dL}$ en niños (Kim, *et al.*, 2015).

6. Tratamiento

Previo al tratamiento del paciente es importante determinar la fuente de exposición, ya que de esta manera se puede prevenir futuros casos similares o más graves. Es importante enfatizar que durante el manejo de estos pacientes la administración de suplementos de calcio o hierro no suelen producir efecto sobre el BLL; sin embargo, es recomendable administrar vitamina D para incrementar la absorción de calcio y vitamina C para absorber efectivamente hierro de fuentes no cárnicas (Markowitz, 2021).

Las terapias quelantes son las más empleadas para el correcto manejo de pacientes intoxicados por plomo. Actualmente, se emplean 2 terapias las cuales consisten en el EDTA de calcio disódico ($CaNa_2EDTA$) y Succimer. El $CaNa_2EDTA$ se administra de manera intravenosa (IV) o intramuscular (IM), posee una limitada y reversible toxicidad cuando este se administra apropiadamente para la velocidad de flujo y prevención de extravasación. El Succimer es el medicamento más reciente que se encuentra disponible; presenta un perfil de seguridad y menor costo en comparación a otras terapias (Markowitz, 2021).

Ambos medicamentos se pueden emplear de manera concomitante en pacientes pediátricos quienes tienen $BLL \geq 70 \mu\text{g/dL}$, al emplearse se mejora la eliminación del plomo. Por lo contrario, no es recomendable emplear terapias quelantes en pacientes con niveles $\leq 45 \mu\text{g/dL}$ debido a que estos medicamentos no son específicos de plomo por lo que pueden eliminar metales esenciales del organismo (Markowitz, 2021).

Cuadro No. 2. Administración de las terapias quelantes.

Medicamento	Vía de administración	Dosificación	Indicación	Efectos adversos
Succimer	Oral	350 mg/m ² c/8 hrs durante 5 días 350 mg/m ² c/12 hrs durante 14 días	$BLL \geq 45 \mu\text{g/dL}$	<ul style="list-style-type: none">Anomalías transitorias en las pruebas de funciones hepáticasNeutropenia reversible
$CaNa_2EDTA$	Intravenosa Intramuscular	250 mg/m ² c/6 hrs durante 5 días. En infusión continua con solución salina o dextrosa al 5%.	$BLL \geq 45 \mu\text{g/dL}$	<ul style="list-style-type: none">Disfunción renal

Medicamento	Vía de administración	Dosificación	Indicación	Efectos adversos
<i>CaNa₂EDTA</i>	Intravenosa Intramuscular	Combinado con Succimer	BLL \geq 70 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Hipocalcemia Irritación cutánea en caso de extravasación

(Markowitz, 2021).

Cuadro No. 3. Estrategias de intervención según BLL.

Nivel de plomo en sangre	Estrategias de intervención
\leq 5 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Indica que la exposición no incrementó los niveles de plomo en sangre. No se requiere investigación sobre posibles fuentes de exposición. Sin embargo, en embarazadas con BLL $>$4 μg/dL es recomendable investigarse.
5 – 10 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Requiere investigación de posibles fuentes de exposición. Generar un historial clínico detallado sobre el entorno del paciente. Dar seguimiento mediante prueba de plomo en sangre a los 6 meses o antes, posterior a la reducción de exposición a posibles fuentes. Considerar el muestreo a otros miembros del hogar o sospechosos expuestos a fuentes de plomo.
10 – 20 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Establecer estrategias las cuales corresponden a las autoridades sanitarias estatales o de la región para el manejo de las fuentes de exposición. Realizar un seguimiento respecto a las funciones cognitivas, cambios conductuales y alteraciones auditivas en niños. Evaluar periódicamente las funciones renales y presión arterial en adultos.
20 – 44 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Se debe acudir a especialistas que realicen una evaluación clínica y manejo correspondiente del paciente. Realizar una intervención sobre la evaluación de exposición, investigación del entorno, riesgos y gestión de la fuente.
45 – 69 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Establecer una vigilancia dentro de las 48 horas. Administrar la terapia de quelación correspondiente mediante especialistas clínicos.
\geq 70 μ g/dL	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una muestra de emergencia inmediatamente. Hospitalizar y establecer la terapia quelante correspondiente.

(NHMRC, 2016).

*Las estrategias de intervención son acumulativas por lo que se deberían realizar aquellas de los niveles anteriores como las propuestas del siguiente nivel.

7. Registros encontrados de plomo en sangre

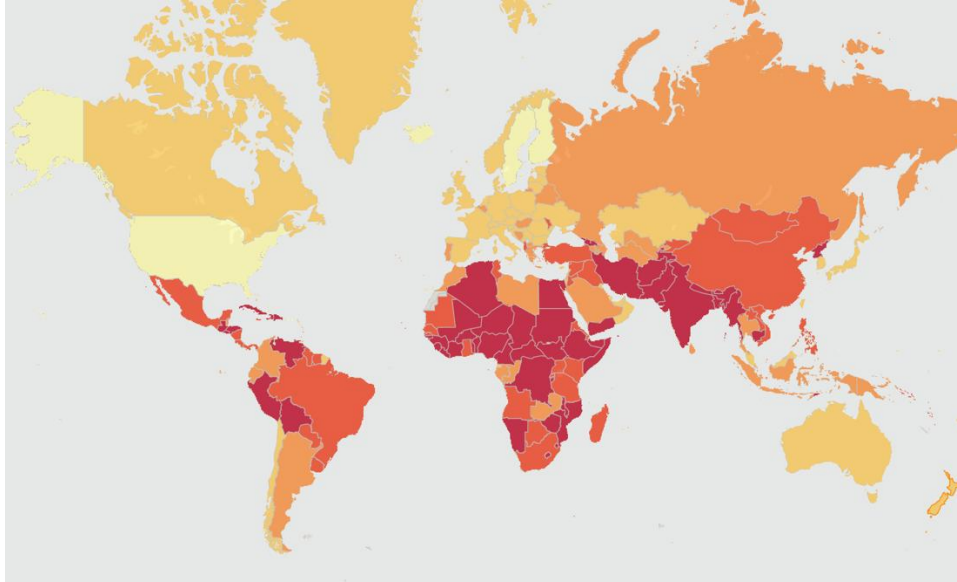
En el Instituto de evaluación y métrica de salud (IHME) ubicado en Estados Unidos, se determinaron valores de plomo en sangre (BLL), por sus siglas en inglés, los cuales superan a los 5 µg/dL en pacientes de 0 a 19 años. Los valores se presentan mediante ciertas regiones continentales:

Cuadro No. 4. Cantidad de personas (0 – 19 años) con niveles de plomo en sangre ≥ 5 µg/dL.

Región	Promedio
Asia Oriental y Pacífico	77,675,947
Europa y Asia Central	12,501,133
Europa Oriental y Asia Central	10,027,028
Europa Oriental	2,474,105
Latinoamérica y Caribe	49,107,507
Medio Oriente y África del Norte	63,441,649
Norteamérica	1,359,412
Asia del Sur	378,651,188
África Sub – Sahariana	232,483,273
Sur y Este de África	93,109,913
África de Oriente y Central	139,373,360

(Rees y Fuller, 2020).

Figura No. 1. Mapa de muestreo de niveles de plomo en sangre (BLL).



(IHME, 2021)

Respecto a Guatemala se obtuvo valores muestreados mediante el IHME en donde se reportaron a 5,641,592 niños con presencia de BLL por encima de los 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Asimismo, se cuantificó a 939,260 niños con BLL superior a los 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Por otra parte, se reportaron 2,427 muertes en 2021 las cuales se atribuyen a la exposición por plomo (IHME, 2021).

8. Fuentes de exposición a plomo

Los distintos derivados de plomo se han empleado en varios procesos de fabricación y manufactura, entre estos se encuentran los óxidos de plomo, metálicos, sales orgánicas e inorgánicas. Estas fuentes pueden incrementar los niveles de plomo alrededor de la zona; estos residuos o contaminantes se logran depositar en los sedimentos o cuerpos acuáticos que pueden amenazar a las comunidades cercanas. La minería o fundición pueden producir gases de plomo debido a los procesos primarios o secundarios implicados con latón, cobre y plomo. Asimismo, las operaciones de reciclaje de chatarra pueden influir en estos niveles (Haz – Map, 2024).

Por otra parte, entre los usos principales para los cuales han sido utilizados ciertos derivados de plomo es la soldadura de bronce, pintura (principalmente en casas y

edificios precedente a 1978), puentes, barcos, torres de acero, producción de metales, reparación de radiadores, cables, alambres, producción de plásticos, pastas y selladores, entre otros. El uso de estos compuestos involucra a los operarios que se encuentran altamente expuestos; se ha determinado que la mayor proporción de adultos con altos BLL son empleados en manufactura (72%), construcción (14%) y minería (6%). Sin embargo, hay ciertas actividades no ocupacionales las cuales conforman el 4%, entre las cuales son el tiro de armas de fuego, remodelación, pintura y balas retenidas (Haz – Map, 2024).

Respecto a la manufactura de productos ha sido bastante aplicado en la producción de baterías ácidas de plomo, soplado de vidrio, cerámica, pinturas, pesas de pesca, componentes electrónicos, entre otros procesos. En cada proceso se encuentran múltiples derivados de plomo los cuales se han identificado para determinar los riesgos que pueda ocasionar a cada organismo:

Cuadro No. 5. Derivados de plomo identificados en actividades y procesos seleccionados.

Actividad	Compuestos
Soldadura, fundición y esmaltado	Plomo
Fabricación de baterías	Cloruro de plomo (II), Yoduro de plomo (II), Óxido de plomo (II), Perclorato de plomo (II), Sulfato de plomo (II) y Óxido de plomo (III)
Pintura (pigmentos, aglutinantes y biocidas)	Molibdato de plomo, Tungstato de plomo, Vanadato de plomo, Sulfuro de plomo (II) y Acetato de plomo (II)
Fabricación de cerámica	Carbonato de hidróxido de plomo, Carbonato de plomo (II) y Silicato de plomo
Fabricación de vidrio	Fluoruro de plomo, Fosfato de plomo (II) y Tetraóxido de plomo
Textiles (estampado, teñido o acabado)	Nitrato de plomo (II), Trihidrato de acetato de plomo (II) y Cromato de plomo

(Haz – Map, 2024).

Estos procesos y usos incrementan la exposición de este elemento, lo cual representa riesgos graves a los trabajadores y consumidores de los productos finales. Por consiguiente, se han evaluado distintos productos para determinar las concentraciones de

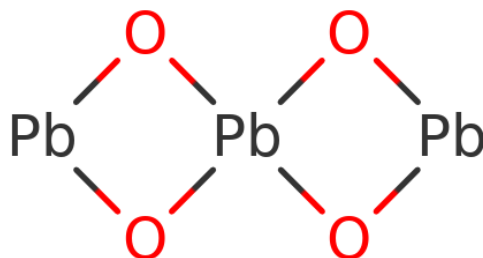
plomo para evitar consecuencias posteriores. En un estudio se analizaron distintas muestras de agua potable donde se obtuvo concentraciones por debajo del límite de detección hasta 0.114 mg/L de plomo. Las concentraciones altas se atribuyeron a la corrosión de las tuberías fabricadas de plomo. Se analizaron 24 muestras de las cuales 17 se encontraron con niveles superiores a lo aceptable (0.01 mg/L) por la Organización Mundial de la Salud (WHO) (Mahugija, 2018).

Asimismo, se analizaron distintas muestras de cosméticos (bálsamo de labios, esmalte de uñas y tinte de cabello). Todas las muestras evaluadas excedían los niveles permisibles de plomo propuestos por la Unión Europea (10 mg/kg) excepto por una marca de esmalte de uñas donde se obtuvo una media de 6.60mg/kg (Mahugija, 2018).

La presencia de plomo en cosméticos se puede atribuir a una de las causas principales la cual es la utilización de las bases de pigmentos. Anteriormente, se empleaban láminas de plomo las cuales al reaccionar con ácido acético se obtenía las bases para pigmentos blancos y rojos; es mediante este proceso que se logró obtener el Minium o tetraóxido de plomo (Pb_3O_4), se asocia principalmente con los compuestos de Galena y Cerusita. Este pigmento era ampliamente empleado en tinción de textiles, pinturas decorativas y como pintura anticorrosiva; sin embargo, debido a su relación con la fabricación de baterías se ha disminuido en gran medida la aplicación por su alta toxicidad (Gliozzo y Ionescu, 2022).

El tetraóxido de plomo (Pb_3O_4) posee un peso molecular de 685.57 g/mol, color anaranjado – rojo e inodoro. Asimismo, tiene un punto de fusión entre los 500 – 530°C, pH de 10.8 a 20°C y densidad relativa entre 8.32 – 9.16 g/cm³. Entre las indicaciones de peligro se menciona el daño al feto, niños alimentados con leche materna, daños a órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas, muy tóxico para organismos acuáticos provocando efectos duraderos, nocivo si se ingiere o inhala, sospecha de ser cancerígeno y perjudicar la fertilidad (ThermoFisher Scientific, 2023).

Figura No. 2. Estructura química del tetraóxido de plomo (Pb_3O_4).



(Pubchem, 2024).

Por otra parte, el Litargirio u óxido de plomo (PbO) el cual corresponde al polimorfismo α , se obtiene como un sólido rojo. Aunque este compuesto se empleaba principalmente como aceite secante sobre las pinturas, existen ciertos casos en los cuales se utilizó debido a su pigmentación. Debido a ello, Minium y Litargirio han sido empleados en ciertos cosméticos, ya se obtiene una coloración duradera (Gliozzo y Ionescu, 2022).

Respecto al Litargirio (PbO) posee un peso molecular de 223.19 g/mol, coloración entre amarillo y rojo e inodoro. Además, tiene un punto de fusión $886^{\circ}C$ y ebullición $1470^{\circ}C$, presenta un pH entre 8 – 9 a $20^{\circ}C$ y densidad de 9.530 g/cm^3 . Es ligeramente soluble en agua con una solubilidad de 0.0702 g/L a $20^{\circ}C$. Por otra parte, presenta las mismas indicaciones de peligro previamente mencionadas con Minium (SigmaAldrich, 2024).

9. Medidas de seguridad para reducir la exposición a plomo

Debido a los riesgos potenciales que puede provocar concentraciones de plomo en sangre anormales, es necesario establecer ciertas medidas de seguridad para la reducción a la exposición del plomo. Por parte de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) se recomienda la limpieza frecuente en casas y libres de plomo para reducir la presencia de polvo, lo cual se puede mejorar limpiando superficies duras, marcos de puertas, encimeras y ventanas utilizando un paño o trapeador húmedo. Asimismo, limpiar aquellas áreas donde haya pintura agrietada o descascarada (EPA, 2024).

Por otra parte, consumir alimentos con altos niveles de calcio, hierro y vitamina C disminuye la absorción de plomo. En niños mantener una dieta saludable restringe la absorción de este metal. Lavar con abundante agua todos los vegetales y alimentos que se consumirá para eliminar cualquier rastro de tierra y polvo. Asimismo, no se recomienda consumir alimentos que se almacenaron en envases de cristal de plomo, cerámica esmaltada con plomo o arcilla que se encuentre agrietada (EPA, 2024).

Es importante lavarse las manos después de realizar cualquier actividad que puede estar relacionada a la exposición por plomo. En caso de actividades al aire libre es necesario evaluar el área, ya que al estar cerca de caminos, edificios antiguos, depósitos o sitios abandonados puede haber trazas de plomo depositadas en los sedimentos. Se recomienda colocar tapetes antipolvo dentro y fuera de la entrada de su hogar para evitar introducir polvo a los suelos de las distintas habitaciones (EPA, 2024).

Si se llevan a cabo renovaciones o reparaciones en viviendas previas a 1978 es necesario contar con profesionales certificados en plomo, ya que ellos conocen la materia de seguridad y prácticas seguras de trabajo. Asimismo, es recomendable evacuar a la comunidad que se encuentre alrededor hasta finalizar el trabajo requerido y limpieza posterior. Por otra parte, se insta a seguir las instrucciones de prácticas seguras de trabajo con plomo si las renovaciones o reparaciones se realizan por algún miembro de la familia (EPA, 2024).

Respecto a los niños es importante lavar frecuentemente aquellos artículos como chupetes, biberones, peluches, entre otros. Además, se debe evitar masticar o lamer juguetes pintados o áreas con pinturas. Debido a que la sintomatología en niños por exposición a plomo puede no presentarse rápidamente, se recomienda realizar pruebas de plomo en sangre a los 12 y 24 meses (EPA, 2024).

Asimismo, se recomienda acudir a las autoridades para determinar el tiempo el cual se debe dejar de correr el agua lo cual depende de si hay presencia de línea de servicio de plomo (tuberías) y la longitud de la misma. Por otra parte, la aplicación de filtros

certificados para la eliminación de plomo son útiles si se instalan correctamente; sin embargo, es importante evaluar frecuentemente que estos filtros sean cambiados en el tiempo estipulado, ya que si no se cambian pierden su eficacia. Además, verificar la limpieza del aireador frecuentemente debido a que se puede depositar sedimentos y partículas de plomo que puedan contaminar el agua (EPA, 2024).

B. Formulación del esmalte de uñas

Los esmaltes o lacas de uñas se formulan principalmente de uno o más polímeros e ingredientes no volátiles disueltos en solventes orgánicos volátiles. Estos productos se aplican sobre la superficie, ya que a temperatura ambiente se evaporan los solventes y se endurece la película. La formulación de estos productos implica 5 ingredientes principales los cuales son los formadores y modificadores de la película, solventes, aditivos y pigmentos (Sandewicz, 2017).

Los formadores de la película tienen como principal objetivo la durabilidad del producto ante los factores ambientales que sufren las uñas de las manos. La nitrocelulosa (N/C) es de los principales formadores de la película, ya que este se logra secarse rápidamente y brinda un aspecto brillante. En la aplicación se suele emplear la N/C de alto peso molecular debido que al disolverse con ciertos solventes permite obtener soluciones viscosas con excelente resistencia mecánica (Sandewicz, 2017).

Por otra parte, los modificadores de la película se emplean comúnmente para compensar los aspectos negativos de los formadores. Este ingrediente se subdivide en formadores secundarios y plastificantes. Asimismo, los formadores secundarios se clasifican en resinas modificadoras y plastificantes poliméricos. Los plastificantes poliméricos son utilizados para brindar reblandecimiento, ya que si se emplean como formadores son muy suaves y pegajosos. Por lo contrario, las resinas modificadoras confieren otras propiedades beneficiosas tales como la resistencia al agua y mejoramiento del brillo (Sandewicz, 2017).

La aplicación de los solventes depende directamente de la elección de los formadores de la película, ya que estos influyen con la viscosidad, facilidad de aplicación, tiempo de secado, adhesión, costo, seguridad de manufactura, inflamabilidad y estabilidad a largo plazo. Los solventes oxigenados son aquellos que se emplean principalmente debido a sus grupos funcionales que permiten disolver correctamente los formadores y plastificantes. En la formulación de

esmaltes se realizan comúnmente mezclas 1:1 de acetato de etilo y n – butil acetato o n – propil acetato; altos niveles de acetato de etilo brindan un secado más rápido. Por lo contrario, altos niveles de n – butil acetato permiten mayor durabilidad del producto aplicado (Sandewicz, 2017).

Adicionalmente, se emplean aditivos los cuales mejoran la estabilidad, vida media y rendimiento del producto final. Existen una gran variedad de aditivos los cuales se utilizan según sus propiedades; aquellos que brindan un control reológico se mezclan comúnmente con esmaltes transparentes para obtener un aspecto sombreado. Las arcillas modificadas orgánicamente (organoarcillas) proveen control reológico lo cual brinda un estado tixotrópico, de esta manera se obtiene alta viscosidad durante el almacenamiento y baja al aplicarse. Por otra parte, aquellos que son absorbentes de la luz ultravioleta evitan la degradación de N/C y cambio de coloración de los pigmentos debido a la exposición prolongada de la luz (Sandewicz, 2017).

Los esmaltes de uñas se caracterizan por la amplia variedad de colores que se emplean en la manufactura. Por lo tanto, los colorantes que se emplean se clasifican en tintes orgánicos los cuales se sintetizan mediante recursos petroquímicos y suelen ser solubles en el vehículo dispersante. Por lo contrario, los pigmentos inorgánicos se obtienen comúnmente de minerales, y son insolubles. En la aplicación de esmaltes se requieren distintos procesos para maximizar el impacto del colorante, los tintes deben ser completamente disueltos y los pigmentos se deben dispersar (Sandewicz, 2017).

Cuadro No. 6. Formulación de la base de suspensión para aplicación prolongada.

Ingrediente	Porcentaje peso (%)
N – butil acetato	36 – 39
Acetato de etilo	23 – 26
Tosylamide/Epoxy Resin (100% N.V.)	8 – 11
Diisobutirato de trimetilpentanodiol	7 – 9
½” RS Nitrocelulosa (70% N.V. en alcohol isopropílico)	8 – 10
¼” RS Nitrocelulosa (70% N.V. en alcohol isopropílico)	8 – 10
Stearalkonium Bentonite (100 % N.V.)	1 – 1.25
Alcohol isopropílico	0.15 – 0.35
Benzofenona 1	0.10

(Sandewicz, 2017).

En el cuadro anterior se describe la formulación de la base de suspensión de un esmalte de uñas de acción prolongada. La base de suspensión se debe realizar previo a la adición de los colorantes, en esta formulación se utiliza N – butil acetato, acetato de etilo y alcohol isopropílico como solventes; resina epóxica y nitrocelulosa como formadores de la película; Diisobutirato de trimetilpentanodiol como plastificante modificador de la película; Stearalkonium Bentonite y benzofenona 1 como aditivos (Sandewicz, 2017).

Cuadro No. 7. Formulación de esmalte de uñas para aplicación prolongada.

Ingrediente	Porcentaje peso (%)
Base de suspensión	87.50
Acetato de etilo	5
Dióxido de titanio	3
Rojo #6	2
Amarillo #5	1
Óxido de hierro rojo	1
Óxido de hierro negro	0.5

(Sandewicz, 2017).

La aplicación de los correctos ingredientes para una base de suspensión determina las características organolépticas del producto final (viscosidad, tiempo de secado, adhesión de la película, entre otras). En el cuadro anterior se describe la cantidad requerida de base y de acetato de etilo como solvente, para la adición de los colorantes. Se emplean distintos tipos de colorantes los cuales son el dióxido de titanio, rojo #6, amarillo #5, óxido de hierro rojo y negro (Sandewicz, 2017).

C. Espectroscopía de absorción atómica

La determinación de metales o metaloides se analizan mediante técnicas sensibles en las cuales se emplean muestras líquidas comúnmente, que se transforman en átomos libres. La espectroscopía de absorción atómica (FAAS) se fundamenta en la disolución y atomización de una muestra que al formar los átomos del analito, estos logran absorber cuantitativamente la luz siendo esto proporcional a la cantidad de analito presente en la muestra (Hill y Fisher, 2017).

1. Fuente de luz

El sistema de esta técnica se compone de una fuente de luz, sistema de corrección de fondo, monocromador o policromador, detector y sistema de lectura. La selección de la fuente de luz debe proporcionar un perfil de línea estrecho lo cual sea estable para permitir reproducibilidad con alta relación entre la señal obtenida y el ruido. En este sistema se emplean dos tipos de lámparas de las cuales se utiliza principalmente la de cátodo hueco (HCL). Esta lámpara consiste en el recubrimiento del metal de interés que al ionizar el gas inerte (argón o neón) mediante una corriente eléctrica, provoca la emisión de radiación a una longitud específica del analito (Hill y Fisher, 2017).

Por lo contrario, las lámparas de descarga sin electrodos se emplean principalmente en muestras de arsénico y selenio. El proceso de excitación es ocasionado mediante energía de microondas o radiofrecuencia. La lámpara se compone de una bombilla con el analito o sal de interés dentro de una atmósfera de argón, este gas al ser ionizado provoca excitación en la muestra por lo que se obtiene un espectro específico (Hill y Fisher, 2017).

2. Sistema de corrección de fondo

La corrección de fondo se puede realizar manualmente empleando líneas absorbentes no atómicas para la estimación de absorbancia del fondo. Por otra parte, se pueden emplear tres maneras automáticas entre las cuales están las lámparas de deuterio o hidrógeno que producen radiación continua la cual puede ser absorbida por ciertas especies moleculares presentes en la muestra. Sin embargo, la cantidad de absorbancia atómica es insignificante y se debe restar de la absorbancia total obtenida del analito (Hill y Fisher, 2017).

Asimismo, el efecto Zeeman realiza la corrección de manera versátil, esto funciona mediante un campo magnético que se sitúa alrededor de la bombilla o celda lo cual permite la división de la señal en varios componentes. Este campo se puede aplicar de manera longitudinal o transversal lo que permite obtener distintos patrones de división. En el

sistema Smith – Hieftje la HCL se aumenta periódicamente; por lo tanto, la alta corriente provoca la autoabsorbancia. En este estado no ocurre absorbanza atómica; sin embargo, la absorbanza molecular es continua. La corrección de fondo se genera automáticamente mediante la sustracción de la absorbanza obtenida en alta corriente de la obtenida en corriente normal (Hill y Fisher, 2017).

3. Dispositivo de aislamiento

En el sistema de esta técnica es esencial emplear un dispositivo de aislamiento para la obtención de una longitud de onda específica del analito de interés. Anteriormente, se empleaba un monocromador como instrumento de aislamiento; sin embargo, actualmente se cuentan con tres diseños modernos los cuales son las configuraciones de Ebert, Czerny – Turner o Littrow. Al emplear el monocromador, la luz ingresa a este mediante una rejilla de entrada que se divide en distintas longitudes de onda específicas. La división se produce a través de un prisma o rejilla de difracción, ya que al alterar la posición de este componente se permite la salida de solamente una onda específica hacia el detector (Hill y Fisher, 2017).

4. Sistema de detección

La detección de la longitud de onda específica obtenida mediante el monocromador se realiza principalmente utilizando un tubo fotomultiplicador (PMT). El proceso para la detección se obtiene mediante la entrada de la luz al PMT a través de una ventana de cuarzo que impacta sobre un fotocátodo para la emisión de electrones. Estos electrones son acelerados hacia abajo debido al impacto contra los dinodos por lo que esto provoca mayor expulsión de electrones. Posterior, la cantidad de electrones expulsados son medidos por el ánodo y la corriente obtenida es proporcional a la radiación introducida al PMT (Hill y Fisher, 2017).

Por otra parte, los instrumentos multielementos emplean comúnmente un arreglo de diodos o dispositivo de carga acoplada que logran medir múltiples señales separadas espacialmente. Asimismo, se obtienen simultáneamente señales que surgen del banco de HCL. Estos dispositivos constan de un conjunto de fotodetectores lineales en un chip de

silicio que logran separar las longitudes de onda analíticas que se detectan en distintas regiones de la matriz (Hill y Fisher, 2017).

5. Introducción de las muestras

En la técnica FAAS las muestras se introducen empleando un nebulizador, esta muestra es aspirada mediante el capilar. Al entrar esta muestra en contacto con los gases presentes, se disocian en pequeñas gotas que son transportadas hasta la cámara de pulverización. Esta cámara contiene una serie de deflectores que permiten filtrar el tamaño de las gotas, las gotas con mayor tamaño son dirigidas a los desechos mientras que las gotas más finas son trasladadas a la llama. La composición de la llama puede variar según el analito de interés. En la aplicación se utiliza comúnmente aire – acetileno mediante el cual se obtiene una llama de 10 cm de longitud a 2300 °C, lo cual depende de la velocidad de flujo (Hill y Fisher, 2017).

Las variaciones de la llama pueden ser ocasionadas por la cantidad de combustible que se emplee. Al emplear menor cantidad de combustible se producirá una llama caliente, azul y oxidante; por el contrario, si se emplea mayor cantidad se producirá una llama más fría, amarilla y reductora. Sin embargo, se pueden utilizar de manera estequiométrica donde se obtienen propiedades intermedias. Los analitos poseen distinta sensibilidad según la composición de la llama (Hill y Fisher, 2017).

Por otra parte, la llama posee distintas temperaturas y propiedades según el área por lo que la efectividad de la atomización depende directamente del área de la llama. El quemador debe estar a la altura correcta donde la atomización sea óptima, de esta manera el haz de luz que se obtenga de la HCL puede atravesar el área correspondiente (Hill y Fisher, 2017).

D. Espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito

La aplicación del detector de horno de grafito en unión a un espectrofotómetro de absorción atómica permite cuantificar concentraciones más bajas debido a la sensibilidad que posee. Esta técnica se fundamenta en la atomización de la muestra, por lo que la

radiación que transmite los átomos disueltos en el vapor son aislados por un monocromador de la lámpara de cátodo hueco y se determina mediante un dispositivo fotosensible (EPA, 2007).

Debido a lo anterior, esta técnica permite la cuantificación de distintos metales que se encuentran en productos, sedimentos, aguas subterráneas, desechos domésticos e industriales, entre otros. Permite llevar a cabo procesos rápidos, sencillos y en muestras con distintos niveles de metales. Las muestras que se encuentran disueltas deben pasar mediante un proceso de digestión previo a ser analizadas por el equipo, de lo contrario los resultados que se cuantifiquen no serán exactos ni precisos (EPA, 2007).

E. Digestión asistida por microondas

La digestión por microondas consiste en el mecanismo por el cual se generan altas temperaturas y presiones que al estar en contacto con mezclas ácidas producen la descomposición de materia orgánica a productos más simples tales como iones, agua y gases. Durante este proceso se generan interacciones entre compuestos bipolares e iónicos con la energía producida por el sistema, por lo que se obtiene con mayor rapidez la descomposición de ciertos compuestos (González, 2014).

El proceso de digestión de las muestras se realiza entre 170 – 180°C mientras ocurre un período de radiación de 10 minutos. Para armar los vasos de digestión se debe evitar forzar cada una de las partes para evitar dañarlas; además, el exterior de los vasos y la chaqueta de protección deben estar completamente secas, de esta manera no sufrirán daños al ser sometidos al calentamiento. Por otra parte, los vasos se deben colocar de manera que se mantenga el equilibrio del sistema y los sensores infrarrojos (González, 2014).

F. Regulación de plomo en cosméticos

1. Regulaciones internacionales

En la FDA se evaluaron 685 productos cosméticos para labios y de aplicación externa (polvos corporales, productos de baño, productos para uñas, lociones, pinturas faciales, entre otros) a los cuales se cuantificó las concentraciones de plomo. En las cremas de afeitar se obtuvo niveles por debajo del límite de detección, 4.6 ppm para polvos compactos, 14 ppm para sombra de ojos y rubor, y la mayoría de los productos de aplicación externa contenían niveles menores a 10 ppm. Se considera que los productos que tienen como objetivo brindar color pueden contener mayores niveles de plomo, esto se debe a que los pigmentos, tintes, lacas, sales orgánicas, minerales y otros colorantes, puede haber presencia de este metal como impureza (FDA, 2016).

En la FDA se establece que los aditivos colorantes empleados deben contener entre 10 – 20 ppm, los cuales disminuyen al momento de aplicarse en la formulación, ya que se emplean por debajo del 20%. Mediante la evaluación de los productos se propuso que la concentración máxima que puede haber en productos cosméticos y de aplicación externa es de 10 ppm. Los productos con niveles menores demuestran que los fabricantes han aplicado buenas prácticas de manufactura y correcta obtención de las materias primas (FDA, 2016).

En la Norma Oficial Mexicana NOM-118-SSA1 -1994, se establecen las especificaciones de identidad y pureza de los pigmentos y colorantes que se empleen en alimentos y cosméticos. La aplicación de dióxido de titanio, carbonato de magnesio, óxido de magnesio, óxidos de hierro, plata, silicato de calcio, entre otros no deben contener mayor a 10 mg/kg de plomo. Asimismo, en aluminio en polvo, ferrocianuro ferrico, hidróxido crómico verde, óxido de zinc, pirofilita, ultramarinos, entre otros no deben contener concentraciones mayores a 20 mg/kg (Diario Oficial de la Federación, 1995).

Respecto al reglamento (CE) N° 1223/2009 del parlamento Europeo y del consejo se establece mediante el artículo 3 que todos los productos cosméticos que se

comercialicen deben ser seguros según la función por la cual se han formulado. Posterior, mediante el artículo 14 se determina que los productos cosméticos no deberán contener las sustancias prohibidas enumeradas en el anexo II entre las cuales se restringe la presencia de plomo y sus compuestos con un número de CAS 7439 – 92 – 1 (Diario Oficial de la Unión Europea, 2009).

2. Regulación nacional

En la república de Guatemala se estableció el Manual de Legislación Ambiental, en el cual no se menciona específicamente los niveles permisibles en cosméticos. Sin embargo, en la Ley Reguladora para el Control de la Utilización del Plomo, Decreto 81 – 92 en el cual se prohíbe la importación, producción y venta de alimentos y productos farmacéuticos que posean niveles de plomo por encima de las 0.3 ppm o 0.3 mg/g (Diario de Centroamérica, 1992).

Además, se prohíbe la aplicación de plomo directa e indirectamente en productos los cuales están destinados para el uso o consumo en niños y adolescentes. Asimismo, es necesario que todos los productos que contienen ciertos niveles de plomo, sea incluido en la parte externa de manera que sea legible; además, deben especificar la concentración en partes por millón (ppm), número de lote o fecha de fabricación y fecha de vencimiento (Diario de Centroamérica, 1992).

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. Objetivos

1. Generales

- a. Determinar la presencia de plomo en esmalte de uñas que se comercializan en almacenes y supermercados de la zona 7 y 11 de la ciudad de Guatemala.
- b. Generar información científica que fundamente que los cosméticos evaluados estén exentos de niveles de plomo.

2. Específicos

- a. Cuantificar la concentración de plomo en los esmaltes de uñas de color rojo mediante espectrofotometría de absorción atómica con detector de horno de grafito
- b. Comparar los resultados encontrados con los límites que propone la FDA.
- c. Identificar las concentraciones de plomo encontradas en esmalte de uñas rojo, en productos adquiridos en almacenes y supermercados.
- d. Constatar que los productos que se comercializan y se encuentran disponibles en locales ubicados en la zona 7 y 11, están registrados en el MSPAS.

B. Hipótesis

1. Hipótesis nula (H₀)

Los esmaltes de uñas rojos evaluados mediante espectrofotometría de absorción atómica presentan concentraciones que cumplen con los niveles permisibles (10 ppm) propuestos por la FDA.

2. Hipótesis de investigación (H_a)

Los esmaltes de uñas rojos evaluados mediante espectrofotometría de absorción atómica presentan concentraciones que no cumplen con los niveles permisibles (10 ppm) propuestos por la FDA.

C. Variables

1. Dependientes

- a. Concentración de plomo

2. Independientes

- a. Esmaltes de uñas

3. De control

- a. Esmaltes de uñas color rojo que se comercializan en la Ciudad de Guatemala.

D. Población

Cosméticos que se comercializan en supermercados y locales que comercializan productos de origen asiático que se encuentran ubicados en la zona 7 y 11 de la ciudad de Guatemala.

E. Muestra

Esmaltes de uñas de color rojo (10) disponibles en supermercados y locales que comercializan productos de origen asiático que se encuentran ubicados en la zona 7 y 11 de la ciudad de Guatemala.

F. Procedimiento

Clasificación de muestras

- ◆ Las muestras obtenidas en supermercados (5) y locales que comercializan productos de origen asiático (5) se revisaron en el listado de productos afines con inscripción sanitaria vigente.

- ◆ La lista de productos afines con inscripción sanitaria vigente actualizado se encuentra disponible en el sitio web del DRCPFA.

Preparación de curva de calibración

- ◆ Se lavó la cristalería con agua y jabón, previa a la experimentación. Se dejó en reposo durante la noche en solución HNO_3 al 10%, y se enjuagó con agua destilada.
- ◆ Se pesó 0.1 mg del estándar de plomo y se aforó en un matraz volumétrico de 1 L para la preparación de una solución madre a 100 ppb.
- ◆ Se prepararon diluciones seriadas con 2.5, 12.5, 10 y 12.5 ml, y se añadieron a matraces volumétricos de 25 ml para obtener concentraciones de 10, 5, 2 y 1 ppb.
- ◆ Se generó una curva de calibración mediante los resultados obtenidos del espectrofotómetro de absorción atómica con detector de horno de grafito.

Análisis de las muestras de esmaltes de uñas

- ◆ Se lavó la cristalería a utilizar con agua destilada y jabón, previa a la experimentación. Se dejó en reposo durante la noche en solución HNO_3 al 10%, y se enjuagó con agua destilada.
- ◆ Se agregó una capa de esmalte de uñas en vidrios de reloj separados, y se dejaron secar durante 3 días. Se extrajo el esmalte de uñas seco empleando espátulas de acero inoxidable.
- ◆ Se pesó aproximadamente 0.2g del esmalte de uñas en un recipiente de teflón y, se añadió 6 ml de H_2SO_4 concentrado y 3 ml de H_2O_2 en una mezcla (2:1).

- ◆ El recipiente se colocó dentro del digestor de microondas con la reacción previa mediante las siguientes condiciones:

Temperatura (°C)	Tiempo (min)
170	10
200	15
10	75
1	75
1	75

- ◆ Se dejó enfriar para trasvasar cuantitativamente a un matraz volumétrico de 25 ml. Se aforó con agua doblemente destilada y desionizada.
- ◆ Se analizaron las muestras empleando absorción atómica con detector de horno de grafito para la cuantificación de plomo.

(Ackah, *et al.*, 2015).

G. Diseño de investigación

El diseño de investigación corresponde a un estudio experimental cuantitativo debido al análisis de esmalte de uñas rojo mediante espectrofotometría de absorción atómica con detector de horno de grafito para la detección de los niveles de plomo.

H. Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva de manera que los resultados se interpretaran correctamente, y se compararon entre las distintas muestras evaluadas.

V. MARCO OPERATIVO

A. Recolección y tratamiento de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y las concentraciones cuantificadas se compararon entre las distintas muestras. Asimismo, se determinó el cumplimiento con los niveles permisibles propuestos por la FDA.

B. Recursos

1. Recursos humanos

Autor: Esteban Isaac Monterroso Velásquez

Asesora: MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo

Revisor: Licda. Ana Luisa Mendizabal Solé

2. Recursos materiales

- a. Normas técnicas internacionales y nacionales
- b. Esmaltes de uñas de color rojo

3. Equipo

- a. Espectrofotómetro de absorción atómica con detector de horno de grafito
- b. Digestor de microondas

4. Materiales y cristalería de laboratorio

- a. Estándar de plomo
- b. Pizeta
- c. Varilla de vidrio
- d. Beaker de 100 ml
- e. Matraces volumétricos de 25 ml y 1 L

- f. Balanza analítica
- g. Espátulas de acero inoxidable
- h. Reactivos: Ácido nítrico grado analítico, ácido sulfúrico grado analítico, peróxido de hidrógeno grado analítico, gas acetileno y argón UHP.
- i. Agua ultrapura

5. Lugar

Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

VI. RESULTADOS

Cuadro No. 8. Inscripción sanitaria vigente de muestras de esmaltes de uñas.

Lugar de muestreo	Muestra	Inscripción sanitaria	Fecha de vencimiento
Supermercado	1A	Con inscripción sanitaria	21/10/2026
Supermercado	2A	Con inscripción sanitaria	03/11/2028
Supermercado	3A	Con inscripción sanitaria	03/11/2028
Supermercado	4A	Con inscripción sanitaria	24/11/2028
Supermercado	5A	Con inscripción sanitaria	21/10/2026
Local de productos asiático	1B	Sin inscripción sanitaria	---
Local de productos asiático	2B	Sin inscripción sanitaria	---
Local de productos asiático	3B	Con inscripción sanitaria	04/03/2027
Local de productos asiático	4B	Sin inscripción sanitaria	---
Local de productos asiático	5B	Con inscripción sanitaria	08/07/2026

Referencia: Tabla de elaboración propia con base en DRCPFA, 2024.

*La información de cada producto se encuentra en el listado de productos afines con inscripción sanitaria vigente que se encuentra en el sitio web del DRCPFA actualizado hasta el 12 de septiembre de 2024.

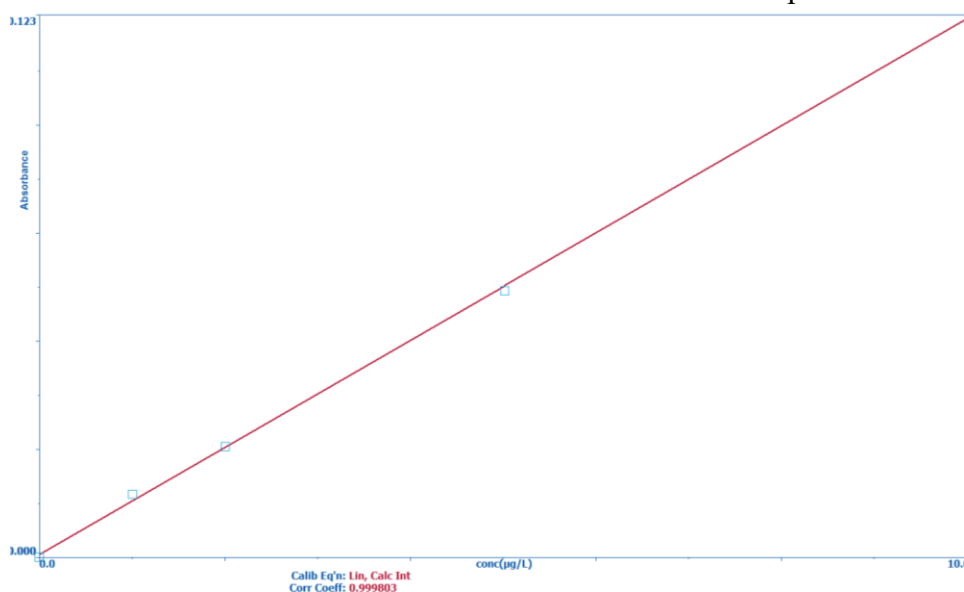
Cuadro No. 9. Resultados para la curva de calibración de estándar de plomo.

Muestra	Absorbancia	Concentración de plomo ppb ($\mu\text{g/L}$)
1	0.0142	1.106
2	0.0251	2.004
5	0.0603	4.885
10	0.1227	10.035

Referencia: Elaboración propia con base en los resultados del proceso.

*En el cuadro anterior se muestran los resultados obtenidos de los estándares que se emplearon para llevar a cabo la curva de calibración.

Gráfico No. 1. Curva de calibración de estándar de plomo.



*La curva de calibración se generó empleando los resultados de absorbancia que se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro No. 10. Información respecto a la curva de calibración de estándar de plomo.

Ecuación de la recta	$y = 0.0122x + 0.0007$
R²	0.999803

*La información se obtuvo de los datos graficados del Cuadro 10.

Cuadro No. 11. Resultados del análisis en las muestras de esmalte de uñas.

Muestra	Absorbancia	Concentración de plomo (ppm)
1A	0.0316	0.3082
2A	0.0243	0.2342
3A	0.0097	0.09087
4A	0.0096	0.08865
5A	0.0682	2.673
1B	0.0143	0.1383
2B	0.0074	0.06347
3B	0.1184	2.358
4B	0.0136	0.1309
5B	0.0133	0.1317

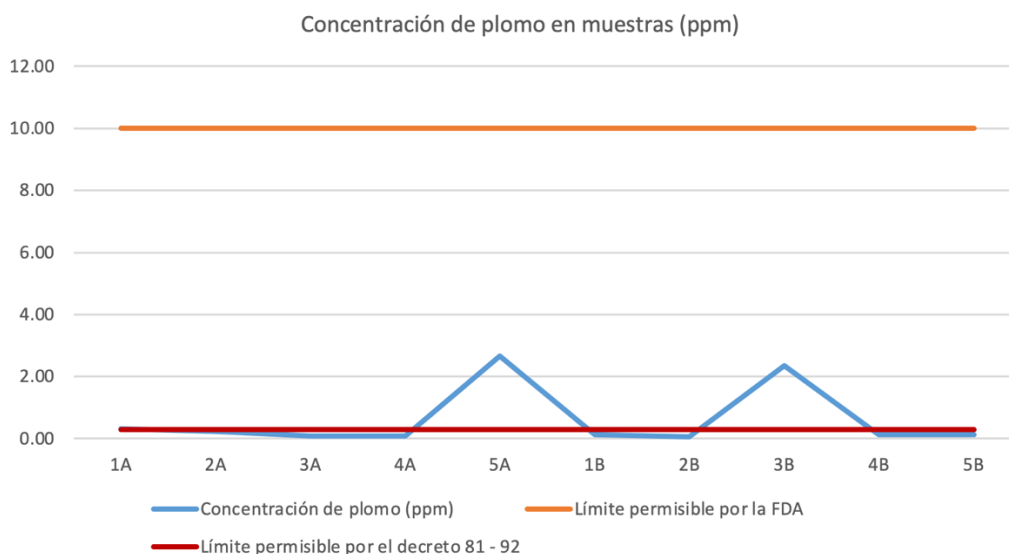
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de absorbancia. Se determinó la concentración de plomo mediante Excel 2021 utilizando datos de los Cuadros No. 25 y 26.

Cuadro No. 12. Estadística descriptiva de las concentraciones de plomo en esmaltes de uñas.

Concentración de plomo (ppm)	
Media	0.621729
Error típico	0.317336337
Mediana	0.135
Moda	#N/D
Desviación estándar	1.003505611
Varianza de la muestra	1.007023511
Curtosis	1.526048092
Coefficiente de asimetría	1.780156998
Rango	2.60953
Mínimo	0.06347
Máximo	2.673
Suma	6.21729
Cuenta	10

*Se determinó la estadística descriptiva de las concentraciones de plomo (ppm) de los esmaltes de uñas que se muestran en el Cuadro No. 12 empleando Excel 2021.

Gráfico No. 2. Concentración de plomo de las muestras de esmaltes de uñas respecto al límite permisible indicado por la regulación nacional e internacional.



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en comparación al límite permisible por la FDA y la Ley Reguladora para el Control de la Utilización del Plomo.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los cosméticos se utilizan habitualmente, ya que son fáciles de adquirir debido a la amplia gama de productos disponibles en supermercados, centros comerciales, mercados, y otro tipo de locales y redes sociales. Pueden emplearse prolongada y repetitivamente o para un uso según su formulación, presentación, contenido, estabilidad, entre otras propiedades. Debido a lo anterior, los fabricantes, comerciantes, distribuidores y autoridades sanitarias deben asegurar que estos productos cumplan con los lineamientos de calidad, seguridad y eficacia.

Entre los cosméticos que se utilizan comúnmente, sobresalen los productos que proporcionan color, como los esmaltes de uñas. Actualmente, se encuentra gran variedad de colores que poseen distintas propiedades tales como secado rápido, acabado brillante u opaco, uso prolongado, resistentes a otras sustancias, entre otras. Sin embargo, se ha demostrado que ciertos pigmentos utilizados contienen trazas de plomo las que pueden comprometer la salud del consumidor dependiendo de su concentración.

Mediante este estudio se analizó diez muestras de esmaltes de uñas de color rojo las cuales se adquirieron en supermercados y locales que comercializan productos de origen asiático. Se evaluó la inscripción sanitaria vigente utilizando la lista de productos afines que se encuentra actualizado en el sitio web del DRCPFA; presencia y cuantificación de los niveles de plomo.

En el Cuadro No. 9 se encuentra la información relacionada con la inscripción sanitaria vigente y fecha de vencimiento de los esmaltes de uñas disponibles en los supermercados y locales de productos de origen asiático. El 70% de las 10 muestras cuentan con inscripción sanitaria y se encuentran vigentes; de estas muestras, el 50% se encuentran disponibles en los supermercados seleccionados y el 20% en los locales de productos de origen asiático. Por lo contrario, el 30% de las muestras no se encontraron en la lista disponible en el portal y el producto no tenía el etiquetado de la inscripción sanitaria.

El análisis para la curva de calibración se llevó a cabo empleando un estándar de plomo en 4 soluciones (1, 2, 5 y 10 $\mu\text{g/L}$). Mediante el Gráfico No. 1 se observa un coeficiente de determinación (R^2) de 0.999803 el cual al ser un valor cercano a 1 permite utilizar datos que poseen linealidad, y no presenta varianza significativa (Chicco, *et al.*, 2021).

Respecto a la evaluación de la presencia de plomo en las muestras de esmaltes de uñas se calcularon mediante datos experimentales de los Cuadros No. 25 y 26. El análisis se llevó a cabo mediante un espectrofotometro de absorción atómica con detector de horno de grafito debido a que es más sensible para cuantificar concentraciones en partes por billón (ppb o $\mu\text{g/L}$). Se empleó Excel 2021 para determinar las concentraciones de plomo en ppm a partir de los resultados en ppb.

Las concentraciones de plomo en las muestras de esmaltes de uñas que se encuentran disponibles en supermercados presentan un rango entre 0.08865 – 2.673 ppm o mg/Kg. Por otra parte, en las muestras de esmaltes de uñas que se encuentran disponibles en locales que comercializan productos de origen asiático presentaron entre 0.06347 – 2.358 ppm o mg/Kg. La muestra 2B posee menor concentración de plomo (0.06347 ppm) en comparación con las otras muestras; por el contrario, la muestra 5A posee mayor concentración de plomo (2.673 ppm). Es importante mencionar que en las muestras 5A y 3B donde se obtuvo mayores niveles de plomo, se llevó a cabo diluciones 1:4 y 1:1 para lograr cuantificar las concentraciones correspondientes.

En el Gráfico No. 2 se encuentran las concentraciones de plomo de las muestras de esmaltes de uñas en comparación a los niveles permisibles por la FDA; ninguna de las muestras analizadas supera los niveles reportados por la FDA cumpliendo con la hipótesis nula. Sin embargo, todas las muestras presentaron niveles de plomo; aunque los riesgos no puedan ser potenciales como los que se mencionan en el Cuadro No. 1, es importante enfatizar que al exponerse prolongada y repetidas veces a concentraciones de plomo en este tipo de productos y algunas otras exposiciones, como suelo, pinturas de aceite o de base oleosa, entre otras, tienen la capacidad de bioacumularse por lo que se compromete la salud

de los consumidores. Como se mencionó anteriormente; aunque, la absorción del metal pesado por la vía dérmica es baja, el uso de estos productos en espacios constantes como salones incrementa la exposición a este metal. Por otra parte, mantener hábitos de higiene inadecuados puede provocar que pequeñas trazas del producto puedan ser inhaladas o ingeridas lo cual puede aumentar la absorción de manera sistemática (Gaviola, *et al.*, 2018).

Respecto a la regulación nacional, se indica en la Ley Reguladora para el Control de la Utilización del Plomo en el artículo 1 la prohibición, importación o venta de cualquier producto comestible o farmacéutico que contenga plomo en porciones mayores a 0.3 ppm o 0.3 mg/g (Diario de Centroamérica, 1992). Los esmaltes de uñas no corresponden a un producto farmacéutico; sin embargo, ciertas trazas pueden llegar al tracto gastrointestinal por la caída del esmalte de uñas sobre los alimentos o por malos hábitos de higiene. En el Gráfico No. 2 se muestran las concentraciones de cada muestra en comparación con el nivel permisible en el artículo 1, en las cuales se pueden visualizar que las muestras 5A y 3B poseen niveles superiores de plomo. Por otra parte, en el artículo 5 se indica que todos los productos que contengan plomo deberán indicarlo en caracteres claramente legibles e impresos en rótulos en la parte externa; sin embargo, ninguno de los esmaltes analizados contaba con esta leyenda.

Anteriormente, se ha evaluado muestras de esmaltes de uñas de distintos colores las que han presentado niveles de plomo con riesgos potenciales. En un estudio llevado a cabo en 2015 en Irán por Karami *et al.*, se determinó un promedio en la concentración de plomo de 5.9482 mg/L en esmaltes de color rojo (Karami, *et al.*, 2015). Asimismo, un estudio ejecutado en 2014 en Nigeria por Ouremi *et al.*, se evaluaron distintos colores de esmaltes de uñas, y se encontró niveles de plomo de 33.02 mg/L en esmaltes de color rojo (Ouremi, *et al.*, 2014). Por lo anterior, es importante mantener un sistema riguroso en el monitoreo y regulación de las materias primas y especialmente en los aditivos tales como los pigmentos, ya que estos pueden contener trazas de contaminación de plomo que provoquen consecuencias graves a largo plazo.

Mediante las muestras de esmaltes de uñas de color rojo evaluadas que se encuentran disponibles en supermercados y locales que comercializan productos de origen asiático de la zona 7 y 11 de la Ciudad de Guatemala, se determinó que hay productos que son comercializados sin contar con inscripción sanitaria lo cual puede concurrir a un tema legal severo. Es importante que por parte del DRCPA se evite y sancione la comercialización de estos productos, debido al peligro el cual se puede exponer a los consumidores. Asimismo, asegurar que los fabricantes que producen este tipo de productos cosméticos cuenten con un certificado de buenas prácticas de manufactura vigente que permita respaldar que cualquier producto manufacturado sea de calidad y seguro.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se evaluaron 10 muestras de esmaltes de uñas de las cuales el 70% de las muestras se encuentran en el listado de inscripción sanitaria vigente actualizado hasta el 12 de septiembre de 2024. El 30% de las muestras no se encontró en el listado de registros de inscripción sanitaria ni tienen dicha información en la etiqueta.
2. Todas las muestras de esmaltes de uñas analizadas contienen plomo en niveles por debajo al límite establecido por la FDA. Las muestras 5A (2.673 ppm) y 3B (2.358 ppm) presentaron niveles superiores de plomo respecto a la Ley Reguladora para el Control de la Utilización del Plomo en el artículo 1.
3. Las concentraciones de plomo presentes en los esmaltes de uñas disponibles en supermercados están en un rango entre 0.08865 – 2.673 ppm. Por el contrario, en los esmaltes disponibles en los locales que comercializan productos de origen asiático se encuentran en un rango entre 0.06347 – 2.358 ppm.
4. Los niveles de plomo de las muestras analizadas no exceden al límite permisible por la FDA; sin embargo, la concentración de plomo de este tipo de productos y la exposición a fuentes de otros derivados de plomo puede ocasionar bioacumulación, por lo que puede provocar daños significativos a largo plazo para el consumidor.

IX. RECOMENDACIONES

1. Desarrollo de estudios similares en otras zonas y departamentos de Guatemala, de manera que se verifique el control y regulación que poseen estos productos cosméticos. Asimismo, determinar que las concentraciones de metales pesados en estos productos cumplan con las regulaciones nacionales e internacionales.
2. Llevar a cabo el análisis en cierta clasificación de esmalte de uñas específico (permanente, acrílico, satinado, gel, entre otros), para que el estudio se enfoque principalmente en el análisis del pigmento.
3. Análisis en distintos colores de esmaltes de uñas para proporcionar mayor información a la investigación toxicológica en Guatemala, que permita determinar la ausencia o presencia de trazas de plomo por contaminación de los pigmentos.
4. El Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines (DRCPFA) debe considerar un mayor control de los productos que se comercializan en Guatemala, en la prevención de intoxicaciones a largo plazo por metales pesados como el plomo. Asimismo, promover una cultura de denuncia entre la población mediante publicaciones por redes sociales, y espacios por televisión en donde se indique los pasos a seguir para generar denuncias. De esta manera, permite a la población involucrarse activamente a detener la comercialización de productos sin inscripción sanitaria vigente.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Ackah, M., Osei, J., Anim, A., Zakaria, N., Nyarko, E., Gyamfi, E., Brown, S., Hanson, J., Bentil, N. y Tulasi, D. (2015). Status of some metals contained in imported nail polish and lipsticks on the Ghanaian market. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 5(4), 142 – 147. Extraído de [http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2015-5\(4\)/status-of-some-metals-in-imported-nail.pdf](http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2015-5(4)/status-of-some-metals-in-imported-nail.pdf)
2. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). (21 de octubre de 2014). Medical Management Guidelines for Lead. Extraído 18 de septiembre de 2023 <https://wwwn.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=1203&toxid=22>
3. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). (Agosto de 2020). Toxicological profile for lead. Extraído 30 de junio de 2024 <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13.pdf>
4. Ceballos, D., Young, A., Allen, J., Specht, A., Nguyen, V., Craig, J., Miller, M. y Webster, T. (2021). Exposures in nail salons to trace elements in nail polish from impurities or pigment ingredients - A pilot study. *Internacional Journal of hygiene and environmental health*, 232, 1 – 10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33445102/#:~:text=Heavy%20metal%20impurities%20in%20nail,with%20finishes%20compared%20to%20without>
5. ChemSpider. (2022). Lead. Extraído 29 de junio de 2024 <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.4509317.html?rid=26bf1660-1888-4518-bb13-6567f8ba8a3f>
6. Chicco, D., Warrens, M. y Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Comput. Sci.*, 7(623), 1 – 24. Extraído de https://www.researchgate.net/publication/353007143_The_coefficient_of_determination_R-squared_is_more_informative_than_SMAPE_MAE_MAPE_MSE_and_RMSE_in_regression_analysis_evaluation/link/60e4281d299bf1ea9ee5db06/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
7. Clínica Universidad de Navarra. (2024). Biotransformación. Extraído 13 de septiembre de 2024 <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/biotransformacion>
8. Clínica Universidad de Navarra. (2024). Punteado basófilo. Extraído 13 de septiembre de 2024 <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/punteado-basofilo>

9. Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines (DRCPPFA). (12 de septiembre de 2024). Inscripciones Sanitarias de Productos Afines. Extraído 21 de octubre de 2024 <https://medicamentos.mspas.gob.gt/index.php/consultas/listado-de-productos-medicos>
10. Diario Oficial de la Federación. (20 de septiembre de 1995). Norma oficial mexicana, bienes y servicios. Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes y pigmentos inorgánicos. Especificaciones sanitarias. Extraído 13 de julio de 2024 <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ssa1/ssa1118c.pdf>
11. Diario Oficial de la Unión Europea. (30 de noviembre de 2009). Reglamento (ce) no 1223/2009 del parlamento europeo y del consejo, sobre los productos cosméticos. Extraído 13 de julio de 2024 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1223>
12. Diario de Centroamérica. (30 de diciembre de 1992). Ley reguladora para el control de la utilización del plomo. Extraído el 26 de noviembre de 2024 https://www.congreso.gob.gt/assets/uploads/info_legislativo/decretos/1992/gtdcx00811992.pdf
13. Energy Glossary. (s.f.). Bioconcentración. Extraído el 13 de septiembre de 2024 <https://glossary.slb.com/es/terms/b/bioconcentration>
14. Flora, S. y Pachauri, V. (2010). Chelation in metal intoxication. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7, 2745 – 2788. https://www.researchgate.net/publication/45695565_Chelation_in_Metal_Intoxication
15. Food and Drug Administration (FDA). (2016). Supporting Document for Recommended Maximum Lead Level in Cosmetic Lip Products and Externally Applied Cosmetics. Extraído 12 de julio de 2024 <https://www.fda.gov/media/99741/download>
16. Gaviola, S., Lombardo, G., Rodríguez, P., Sapoznik, M. y Contreras, A. (enero de 2018). Exposición al plomo. Extraído 26 de junio de 2024 https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_actuacion_y_diagnostico_-_exposicion_al_plomo_0.pdf
17. Gliozzo, E. y Ionescu, C. (2022). Pigments—Lead-based whites, reds, yellows and oranges and their alteration phases. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 14(17), 1 – 66. https://www.researchgate.net/publication/357418381_Pigments-Lead-based_whites_reds_yellows_and_oranges_and_their_alteration_phases
18. González, E. (2014). Método general por microondas de digestión ácidas en matrices ambientales. Extraído 13 de julio de 2024

https://www.ciiemad.ipn.mx/assets/files/ciiemad/docs/sgc/procedimientos/IPN_AC-06-00.pdf

19. Hazardous Agents (Haz – Map). (2024). Lead. Extraído 29 de junio de 2024 [https://haz-map.com/Agents/10?referer=Search&referer_data\[s\]=lead&return_url=%2fSearch%3fdofilter%3d1%26f%255Btab%255D%3dtab1%26f%255Bs%255D%3dlead](https://haz-map.com/Agents/10?referer=Search&referer_data[s]=lead&return_url=%2fSearch%3fdofilter%3d1%26f%255Btab%255D%3dtab1%26f%255Bs%255D%3dlead)
20. Hill, S. y Fisher, A. (2017). Atomic absorption, methods and instrumentation. En Lindon, J., Tranter, G. y Koppenaal, D. (Eds). *Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry*. (pp. 37 – 43). Elsevier
21. Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME). (2021). Global Lead Pollution Map. Extraído 10 de agosto de 2023 <https://leadpollution.org/>
22. Internacional Agency for Research on Cancer (IARC). (21 de junio de 2024). IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. Extraído 28 de junio de 2024 <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
23. Jacinto, G. (2009). *Determinación del contenido de plomo en delineador de ojos que se venden en distribuidoras populares a bajo costo*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://www.biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/library/index.php?title=1535&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=ORDONEZ,%20SANDRA%20@mode=&recnum=1>
24. Labbé R., Vreman, J. y Stevenson, D. (1999). Zinc Protoporphyrin: A Metabolite with a Mission. *Clinical Chemistry*, 45(12), 2060 – 2072. <https://academic.oup.com/clinchem/article-pdf/45/12/2060/32725242/clinchem2060.pdf>
25. Langini, S., Zeni, S., Portela, M. y Río, M. (1993). Free erythrocyte protoporphyrin as a function of age in growing rats. *Medicina*, 53(1), 44 – 49. [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8246730/#:~:text=Free%20erythrocyte%20protoporphyrin%20\(FEP\)%20is,iron%20supply%20to%20the%20marrow.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8246730/#:~:text=Free%20erythrocyte%20protoporphyrin%20(FEP)%20is,iron%20supply%20to%20the%20marrow.)
26. Karami, G. y Ziarati, P. (2015). Heavy Metal Contamination of Popular Nail Polishes in Iran. *IJT*, 9(29), 1290 – 1295. http://ijt.arakmu.ac.ir/browse.php?a_id=410&sid=1&slc_lang=fa
27. Kim, H., Jang, T., Chae, H., Choi, W., Ha, M., Ye, B., Kim, B., Jeon, M., Kim, S. y Hong, Y. (2015). Evaluation and management of lead exposure. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 27(30), 1 – 9. https://www.researchgate.net/publication/287126444_Evaluation_and_management_of_lead_exposure
28. Markowitz, M. (08 de junio de 2021). Lead Poisoning: An Update. *Pediatrics in Review*, 42(6), 302 – 315. <https://www.binasss.sa.cr/junio/54.pdf>

29. Mahugija, J. (2018). Levels of heavy metals in drinking water, cosmetics and fruit juices from selected areas in Dar Es Salaam, Tanzania. *Tanzania Journal of Science*, 44(1), 1 – 11. <https://www.ajol.info/index.php/tjs/article/view/170915>
30. National Health and Medical Research Council (NHMRC). (2016). Managing individual exposure to lead in Australia – A guide for health practitioners. Extraído de <https://www.nhmrc.gov.au/sites/default/files/documents/reports/managing-individual-exposure-lead.pdf>
31. Ouremi, O. y Ayodele, O. (2014). Lipsticks and Nail Polishes: Potential Sources of Heavy Metal in Human Body. *IJPRAS*, 3(4), 45 – 51. https://www.researchgate.net/profile/Iyabo-Olabanji/publication/267150797_Lipsticks_and_Nail_Polishes_Potential_Sources_of_Heavy_Metal_in_Human_Body/links/544630a10cf2f14fb80f2803/Lipsticks-and-Nail-Polishes-Potential-Sources-of-Heavy-Metal-in-Human-Body.pdf
32. PerkinElmer. (2024). PinAAcle 900 series AA spectrometers. Extraído 17 de septiembre de 2024 <https://www.perkinelmer.com/product/pinaacle-900t-atomic-absorption-spectrometer-pinaacle900t>
33. PubChem. (29 de junio de 2024). Lead tetroxide. Extraído 01 de julio de 2024 <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lead-tetroxide>
34. Rees, N. y Fuller, R. (2020). The Toxic Truth: Children’s Exposure to Lead Pollution Undermines a Generation of Future Potential. Extraído de <https://www.unicef.org/sites/default/files/2020-07/The-toxic-truth-children%E2%80%99s-exposure-to-lead-pollution-2020.pdf>
35. Robles, M. y Sabath, E. (2014). Breve historia de la intoxicación por plomo: de la cultura egipcia al Renacimiento. *Rev Investigación clínica*, 66(1), 88 – 91. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revinvcli/nn-2014/nn141j.pdf>
36. Royo, C. y Martínez, V. (2020). Protocolo diagnóstico de las anemias microcíticas, normocíticas y macrocíticas. *Medicine*, 13(21), 1216 – 1219. <https://tienda.elsevier.es/media/wysiwyg/Spain/LP/LP-Medicine/protocolos.pdf>
37. Ruckart, P., Jones, R., Courtney, J., Telfair, T., Jackson, W., Karwowski, M., Cheng, P., Allwood, P., Svendsen, E. y Breysse, P. (2021). Update of the Blood Lead Reference Value - United States, 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 70(43), 1509 – 1512. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34710078/>
38. Sani, A. y Amanabo, M. (2021). Lead: A concise review of its toxicity, mechanism and health effect. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 15(01), 55 – 62. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2021.15.1.0096>
39. Saenz, M. (2018). *Evaluación de niveles de plomo en labiales tipo barra y líquido de venta popular en mercados de la zona 1 de la ciudad de Guatemala*. [Tesis de pregrado,

Universidad San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/QF1500.pdf>

40. Sandewicz, R. (2017). Formulation of Nail Care. En Dayan, N. *Handbook of formulating dermal applications. A definitive practical guide*. 539 - 571. Scriviner Publishing.
41. Skoog, D., West, D., Holler, J. y Crouch, S. (2015). *Fundamentos de química analítica*. Cengage Learning.
42. ThermoFisher Scientific. (27 de septiembrrre de 2023). Ficha de datos de seguridad: Óxido de plomo (II, IV). Extraído 27 de junio de 2024 https://www.fishersci.es/chemicalProductData_uk/wercs?itemCode=10626052&lang=ES
43. Tock, Ana. (2018). *Evaluación de plomo en cosméticos de venta en Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/3381/tesis%20final%20CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
44. Tzib, K. (2023). *Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto) comercializado en la ciudad de Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_4357.pdf
45. United States Environmental Protection Agency (EPA). (06 de mayo de 2024). Actions to Reduce Potential Lead Exposure. Extraído 02 de julio de 2024 <https://www.epa.gov/lead/actions-reduce-potential-lead-exposure>
46. United States Environmental Protection Agency (EPA). (febrero de 2007). Method 7010 Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry. Extraído 17 de noviembre de 2024 <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-7010-graphite-furnace-atomic-absorption-spectrophotometry>
47. World Health Organization (WHO). Exposure to lead: a major public health concern. Extraído 05 de septiembre de 2024 <https://www.who.int/publications/i/item/9789240078130#:~:text=Lead%20is%20a%20toxic%20metal,gastrointestinal%2C%20cardiovascular%20and%20renal%20systems>.

XI. ANEXOS

Ecuación No. 1. Ecuación de diluciones seriadas.

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Donde:

C_1 = Concentración inicial de disolución

V_1 = Volumen inicial de disolución

C_2 = Concentración final de disolución

V_2 = Volumen final de disolución

Cuadro No. 13. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 1.

Fecha:	11/11/2024	Número:	1A
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.3082		

Cuadro No. 14. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 2.

Fecha:	11/11/2024	Número:	2A
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.2342		

Cuadro No. 15. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 3.

Fecha:	11/11/2024	Número:	3A
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.09087		

Cuadro No. 16. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 4.

Fecha:	11/11/2024	Número:	4A
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.08865		

Cuadro No. 17. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 5.

Fecha:	11/11/2024	Número:	5A
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	2.673		

Cuadro No. 18. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 6.

Fecha:	11/11/2024	Número:	1B
Tipo de muestra:	Sin inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.1383		

Cuadro No. 19. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 7.

Fecha:	11/11/2024	Número:	2B
Tipo de muestra:	Sin inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.06347		

Cuadro No. 20. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 8.

Fecha:	11/11/2024	Número:	3B
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	2.358		

Cuadro No. 21. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 9.

Fecha:	11/11/2024	Número:	4B
Tipo de muestra:	Sin inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.1309		

Cuadro No. 22. Ficha de información y resultados sobre la muestra No. 10.

Fecha:	11/11/2024	Número:	5B
Tipo de muestra:	Con inscripción sanitaria		
Foto:			
Concentración de plomo (ppm):	0.1317		

Cuadro No. 23. Especificaciones de espectrofotómetro de absorción atómica.

Compatible con 21 CFR-Parte 11	Sí
Altura	64 cm
Nombre del modelo	Espectrómetro AA PinAAcle 900T
Portátil	No
Nombre de marca del producto	Perkin Elmer
Garantía	1 año
Peso	141 kg
Ancho	95 cm

(PerkinElmer, 2024).

Cuadro No. 24. Resultados obtenidos del análisis de las muestras de esmaltes de uñas.

Muestra	Absorbancia	Concentración de plomo ppb ($\mu\text{g/L}$)
1A	0.0316	2.541
2A	0.0243	1.94
3A	0.0097	0.739
4A	0.0096	0.733
5A	0.0682	5.55
1B	0.0143	1.12
2B	0.0074	0.555
3B	0.1184	9.679
4B	0.0136	1.064
5B	0.0133	1.067

*En el cuadro anterior se muestran los resultados obtenidos de las muestras de esmaltes de uñas que se emplearon para el análisis.

Cuadro No. 25. Pesos utilizados de cada muestra de esmalte de uñas para el análisis.

Muestra	Peso (g)
1A	0.2061
2A	0.207
3A	0.2033
4A	0.2067
5A	0.2076
1B	0.2024
2B	0.2186
3B	0.2052
4B	0.2031
5B	0.2025

*En el cuadro anterior se muestran los pesos que se utilizaron de cada muestra de esmaltes de uñas para llevar a cabo el análisis mediante espectrofotometría de absorción atómica con detector de horno de grafito.

Figura No. 3. Primera página de ficha técnica de estándar de plomo.

según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

- **1.1 Identificador del producto**
- **Nombre comercial:** LEAD 1000 PPM A/S STANDARD
- **Número del artículo:** N9300128
- **1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**
No existen más datos relevantes disponibles.
- **Utilización del producto / de la elaboración** Sustancias químicas de laboratorio
- **1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**
- **Fabricante/distribuidor:**

PerkinElmer, Inc.
710 Bridgeport Avenue
Shelton, Connecticut 06484 USA
CustomerCareUS@perkinelmer.com
203-925-4600
PerkinElmer, Inc.
Ronda de Poniente 19 28760 Tres Cantos
Madrid
Spain
atencionalcliente@perkinelmer.com
P: 800 099 164 (gratuito)
P: 34 918 061 200 (general)
F: 800 099 165 (gratuito)

· **1.4 Teléfono de emergencia:**
CHEMTREC (within US) 800-424-9300
CHEMTREC (from outside US) +1 703-527-3887 (call collect)
CHEMTREC (within AU) +(61)-290372994

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

- **2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**
- **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**



GHS08 peligro para la salud

Repr. 1A H360D Puede dañar al feto.



GHS07

Skin Irrit. 2 H315 Provoca irritación cutánea.

Eye Irrit. 2 H319 Provoca irritación ocular grave.

- **2.2 Elementos de la etiqueta**
- **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**
El producto se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.
- **Pictogramas de peligro** GHS07, GHS08
- **Palabra de advertencia** Peligro

(se continua en página 2)

ES

Figura No. 4. Segunda página de ficha técnica de estándar de plomo.



según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 1)

Componentes peligrosos a indicar en el etiquetaje:

plomo

Indicaciones de peligro

H315 Provoca irritación cutánea.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H360D Puede dañar al feto.

Consejos de prudencia

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P305+P351+P338 **EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:** Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308+P313 **EN CASO DE exposición manifiesta o presunta:** Consultar a un médico.

P332+P313 En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.

P405 Guardar bajo llave.

P501 Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación local/regional/nacional/internacional.

2.3 Otros peligros

El producto no contiene compuestos halogenados ligados orgánicamente (AOX), nitratos, combinaciones de metales pesados o formaldehído en cantidades mensurables.

Resultados de la valoración PBT y mPmB

PBT: No aplicable.

mPmB: No aplicable.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.2 Caracterización química: Mezclas

Descripción: Mezcla formada por las sustancias especificadas a continuación con adiciones no peligrosas.

Componentes peligrosos:

CAS: 7697-37-2 EINECS: 231-714-2	ácido nítrico	Ox. Liq. 2, H272 Skin Corr. 1A, H314	2,0%
CAS: 7439-92-1 EINECS: 231-100-4	plomo	Repr. 1A, H360FD-H362	0,1%

Componentes aditivos

CAS: 7732-18-5 EINECS: 231-791-2	agua destilada, de conductividad o de igualgrado de pureza	97,9%
-------------------------------------	--	-------

SVHC

7439-92-1 | plomo

Indicaciones adicionales: El texto de los posibles riesgos aquí indicados se puede consultar en el capítulo 16.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Instrucciones generales: Quitarse de inmediato toda prenda contaminada con el producto.

En caso de inhalación del producto:

Las personas desmayadas deben tenderse y transportarse de lado con la suficiente estabilidad.

En caso de contacto con la piel: Lavar inmediatamente con agua y jabón y enjuagar bien.

(se continua en página 3)

ES

Figura No. 5. Tercera página de ficha técnica de estándar de plomo.



según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 2)

- **En caso de con los ojos:**
Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente. En caso de trastornos persistentes consultar un médico.
- **En caso de ingestión:** *Consultar un médico si los trastornos persisten.*
- **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados** *No existen más datos relevantes disponibles.*
- **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**
No existen más datos relevantes disponibles.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

- **5.1 Medios de extinción**
- **Sustancias extintoras apropiadas:** *Combatir los incendios con medidas adaptados al ambiente circundante.*
- **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla** *No existen más datos relevantes disponibles.*
- **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**
- **Equipo especial de protección:** *No se requieren medidas especiales.*

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

- **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia** *No es necesario.*
- **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:**
*Al penetrar en las aguas o en el alcantarillado, avisar a las autoridades pertinentes.
Diluir con mucha agua.
Evitar que penetre en la canalización /aguas de superficie /agua subterráneas.*
- **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:**
*Quitar con material absorbente (arena, kieselgur, aglutinante de ácidos, aglutinante universal, aserrín).
Desechar el material contaminado como vertido según ítem 13.*
- **6.4 Referencia a otras secciones**
*Ver capítulo 7 para mayor información sobre una manipulación segura.
Ver capítulo 8 para mayor información sobre el equipo personal de protección.
Para mayor información sobre cómo desechar el producto, ver capítulo 13.*

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

- **7.1 Precauciones para una manipulación segura** *Abrir y manejar el recipiente con cuidado.*
- **Prevención de incendios y explosiones:** *Tener preparados los aparatos respiratorios.*
- **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**
- **Almacenamiento:**
- **Exigencias con respecto al almacén y los recipientes:** *No se requieren medidas especiales.*
- **Normas en caso de un almacenamiento conjunto:** *No es necesario.*
- **Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:**
Mantener el recipiente cerrado herméticamente.
- **7.3 Usos específicos finales** *No existen más datos relevantes disponibles.*

(se continua en página 4)

Figura No. 6. Cuarta página de ficha técnica de estándar de plomo.

según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 3)

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

- **8.1 Parámetros de control**
- **Instrucciones adicionales para el acondicionamiento de instalaciones técnicas:**
Sin datos adicionales, ver punto 7.

· **Componentes con valores límite admisibles que deben controlarse en el puesto de trabajo:**

7697-37-2 ácido nítrico

LEP	Valor de corta duración: 2,6 mg/m ³ , 1 ppm
VLI	

· **Indicaciones adicionales:** Como base se han utilizado las listas vigentes en el momento de la elaboración.

- **8.2 Controles de la exposición**
- **Equipo de protección individual:**
- **Medidas generales de protección e higiene:**
Mantener alejado de alimentos, bebidas y alimentos para animales.
Quitarse de inmediato la ropa ensuciada o impregnada.
Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo.
Guardar la ropa protectora por separado.
Evitar el contacto con los ojos y la piel.
- **Protección respiratoria:** No es necesario.
- **Protección de manos:**



Guantes de protección

El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto / substancia / preparado.
Selección del material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación.

- **Material de los guantes**
La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro. Teniendo en cuenta que el producto está fabricado a partir de diferentes materiales, su calidad no puede ser evaluada de antemano, de modo que los guantes deberán ser controlados antes de su utilización.
- **Tiempo de penetración del material de los guantes**
El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.
- **Protección de ojos:**



Gafas de protección herméticas

(se continua en página 5)

Figura No. 7. Quinta página de ficha técnica de estándar de plomo.



página: 5/9

según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 4)

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas	
· 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas	
· Datos generales	
· Aspecto:	
· Forma:	Líquido
· Color:	Transparente
· Olor:	Inodoro
· Umbral olfativo:	No determinado.
· valor pH a 20 °C:	<4
· Cambio de estado	
· Punto de fusión/punto de congelación:	0 °C
· Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición:	100 °C
· Punto de inflamación:	No aplicable.
· Inflamabilidad (sólido, gas):	No aplicable.
· Temperatura de descomposición:	No determinado.
· Temperatura de auto-inflamación:	El producto no es autoinflamable.
· Propiedades explosivas:	El producto no es explosivo. No determinado.
· Límites de explosión:	
· Inferior:	No determinado.
· Superior:	No determinado.
· Presión de vapor a 20 °C:	23 hPa
· Densidad a 20 °C:	1 g/cm ³
· Densidad relativa	No determinado.
· Densidad de vapor	No determinado.
· Tasa de evaporación:	No determinado.
· Solubilidad en / miscibilidad con agua:	Completamente mezclable.
· Coefficiente de reparto: n-octanol/agua:	No determinado.
· Viscosidad:	
· Dinámica:	No determinado.
· Cinemática:	No determinado.
· Concentración del disolvente:	
· Agua:	97,9 %
· Contenido de cuerpos sólidos:	0,1 %
· 9.2 Otros datos	No existen más datos relevantes disponibles.
SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad	
· 10.1 Reactividad No existen más datos relevantes disponibles.	

(se continua en página 6)

ES

Figura No. 8. Sexta página de ficha técnica de estándar de plomo.



página: 6/9

según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 5)

- **10.2 Estabilidad química**
- **Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse:** No se descompone al emplearse adecuadamente.
- **10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas** No se conocen reacciones peligrosas.
- **10.4 Condiciones que deben evitarse** No existen más datos relevantes disponibles.
- **10.5 Materiales incompatibles:** No existen más datos relevantes disponibles.
- **10.6 Productos de descomposición peligrosos:** No se conocen productos de descomposición peligrosos.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

- **11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**
- **Toxicidad aguda** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
- **Efecto estimulante primario:**
- **Corrosión o irritación cutáneas**
Provoca irritación cutánea.
- **Lesiones o irritación ocular graves**
Provoca irritación ocular grave.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea**
A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
- **Indicaciones toxicológicas adicionales:**
- **Efectos CMR (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción)**
- **Mutagenicidad en células germinales**
A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
- **Carcinogenicidad** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
- **Toxicidad para la reproducción**
Puede dañar al feto.
- **Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única**
A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
- **Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida**
A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
- **Peligro de aspiración** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

SECCIÓN 12: Información ecológica

- **12.1 Toxicidad**
- **Toxicidad acuática:** No existen más datos relevantes disponibles.
- **12.2 Persistencia y degradabilidad** No existen más datos relevantes disponibles.
- **12.3 Potencial de bioacumulación** No existen más datos relevantes disponibles.
- **12.4 Movilidad en el suelo** No existen más datos relevantes disponibles.
- **Indicaciones medioambientales adicionales:**
- **Indicaciones generales:** Por regla general, no es peligroso para el agua
- **12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**
- **PBT:** No aplicable.
- **mPmB:** No aplicable.
- **12.6 Otros efectos adversos** No existen más datos relevantes disponibles.

(se continua en página 7)

Figura No. 9. Séptima página de ficha técnica de estándar de plomo.

según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021



Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 6)

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

- **13.1 Métodos para el tratamiento de residuos**
- **Recomendación:** No debe desecharse con la basura doméstica. No debe llegar al alcantarillado.
- **Embalajes sin limpiar:**
- **Recomendación:** Eliminar conforme a las disposiciones oficiales.
- **Producto de limpieza recomendado:** Agua, eventualmente añadiendo productos de limpieza.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

· 14.1 Número ONU	
· ADR, IMDG, IATA	UN3264
· 14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	
· ADR	3264 LÍQUIDO CORROSIVO, ÁCIDO, INORGÁNICO, N.E.P. (ácido nítrico)
· IMDG, IATA	CORROSIVE LIQUID, ACIDIC, INORGANIC, N.O.S. (Nitric Acid)
· 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte	
· ADR	
	
· Clase	8 (C1) Materias corrosivas
· Etiqueta	8
· IMDG, IATA	
	
· Class	8 Materias corrosivas
· Label	8
· 14.4 Grupo de embalaje	
· ADR, IMDG, IATA	III
· 14.5 Peligros para el medio ambiente:	
· Contaminante marino:	No
· 14.6 Precauciones particulares para los usuarios	Atención: Materias corrosivas
· Número de identificación de peligro (Número Kemler):	80
· Número EMS:	F-A,S-B
· Segregation groups	Acids
· Stowage Category	A

(se continua en página 8)

ES

Figura No. 10. Octava página de ficha técnica de estándar de plomo.



según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 7)

· Stowage Code	SW2 Clear of living quarters.
· 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y el Código IBC	No aplicable.
· Transporte/datos adicionales:	
· ADR	
· Cantidades limitadas (LQ)	5L
· Cantidades exceptuadas (EQ)	Código: E1 Cantidad neta máxima por envase interior: 30 ml Cantidad neta máxima por embalaje exterior: 1000 ml
· Categoría de transporte	3
· Código de restricción del túnel	E
· IMDG	
· Limited quantities (LQ)	5L
· Excepted quantities (EQ)	Code: E1 Maximum net quantity per inner packaging: 30 ml Maximum net quantity per outer packaging: 1000 ml
· "Reglamentación Modelo" de la UNECE:	UN 3264 LÍQUIDO CORROSIVO, ÁCIDO, INORGÁNICO, N.E.P. (ÁCIDO NÍTRICO), 8, III

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

· 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla		
CAS: 7732-18-5 EINECS: 231-791-2	agua destilada, de conductividad o de igualgrado de pureza	97,9%
CAS: 7697-37-2 EINECS: 231-714-2	ácido nítrico ⚠ Ox. Liq. 2, H272 ⚠ Skin Corr. 1A, H314	2,0%
CAS: 7439-92-1 EINECS: 231-100-4	plomo ⚠ Repr. 1A, H360FD-H362	0,1%

- **Directiva 2012/18/UE**
- **Sustancias peligrosas nominadas - ANEXO I** ninguno de los componentes está incluido en una lista
- **REGLAMENTO (CE) n° 1907/2006 ANEXO XVII** Restricciones: 3, 30, 63, 72

· **Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos - Anexo II**

7439-92-1 | plomo

- **Disposiciones nacionales:**
- **Indicaciones sobre las limitaciones de trabajo:**
Los empleados no deben exponerse a esta sustancia peligrosa. En casos aislados las autoridades pueden hacer excepciones.
- **Clase de peligro para las aguas:** Por lo general, no es peligroso para el agua.

(se continua en página 9)

ES

Figura No.11. Novena página de ficha técnica de estándar de plomo.



página: 9/9

según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 20.04.2021

Revisión: 20.04.2021

Nombre comercial: LEAD 1000 PPM A/S STANDARD

(se continua en página 8)

· **Demás disposiciones, limitaciones y decretos prohibitivos**

· **Substancias altamente preocupantes (SVHC) según REACH, artículo 57**

7439-92-1 | plomo

· **15.2 Evaluación de la seguridad química:** Una evaluación de la seguridad química no se ha llevado a cabo.

SECCIÓN 16: Otra información

Descargo de responsabilidad

La información que aparece en las hojas técnicas respecto a la seguridad de materiales está basada en nuestro conocimiento actual y estimada ser correcta en la fecha de su publicación. No obstante, no ha habido ninguna queja referente a su contenido y su precisión. Su objetivo es servir únicamente de guía y no como una especificación de garantía o de calidad. Todos los materiales pueden presentar algún tipo de riesgo que sea desconocido y deben utilizarse con precaución. Aunque se hayan descrito algunos de los posibles peligros, no podemos garantizar que sean los únicos. PerkinElmer Life and Analytical Sciences no asume ninguna responsabilidad ante cualquier daño que pudiera resultar de la manipulación o del simple contacto con el producto.

· **Frases relevantes**

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H360FD Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.

H362 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

· **Persona de contacto:** Environmental, Health and Safety

· **Interlocutor:**

Within the USA: 1-(800)-762-4000

Outside the USA: 1-(203)-712-8488

· **Abreviaturas y acrónimos:**

RID: Règlement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemin de fer (Regulations Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail)

ICAO: International Civil Aviation Organisation

ADR: Accord européen sur le transport des marchandises dangereuses par Route (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)

IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods

IATA: International Air Transport Association

GHS: Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals

EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

ELINCS: European List of Notified Chemical Substances

CAS: Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society)

PBT: Persistent, Bioaccumulative and Toxic

SVHC: Substances of Very High Concern

vPvB: very Persistent and very Bioaccumulative

Ox. Liq. 2: Líquidos comburentes – Categoría 2

Skin Corr. 1A: Corrosión o irritación cutáneas – Categoría 1A

Skin Irrit. 2: Corrosión o irritación cutáneas – Categoría 2

Eye Irrit. 2: Lesiones oculares graves o irritación ocular – Categoría 2

Repr. 1A: Toxicidad para la reproducción – Categoría 1A

Repr. 1A: Toxicidad para la reproducción – Categoría 1A

· *** Datos modificados en relación a la versión anterior**

ES

XII. GLOSARIO

Anemia microcítica: La anemia se clasifica como microcítica cuando el volumen corpuscular medio es ≤ 80 fl, lo cual indica menor tamaño de los glóbulos rojos (Royo y Martínez, 2020).

Anemia normocítica – hipocrómica: La anemia normocítica hipocrómica posee un volumen corpuscular normal entre 80 – 100 fl y bajos niveles de hemoglobina corpuscular media (Royo y Martínez, 2020).

Bioconcentración: Concentración de cierta sustancia determinada que se encuentra en un organismo (Energy Glossary, s.f.).

Biotransformación: Cambios químicos que ocurren en una sustancia dentro del organismo debido a la acción de enzimas, microorganismos, entre otros factores (Clínica Universidad de Navarra, 2024).

Punteado basofilo: Inclusiones en los eritrocitos que se observan como punteados de color azul grisáceo. Usualmente se encuentra en el saturnismo, anemias hemolíticas, entre otras patologías (Clínica Universidad de Navarra, 2024).

Protoporfirina eritrocítica: Es un precursor del grupo hemo y se encuentra a niveles bajos en el organismo (Langini, *et al.*, 1993).

Protoporfirina de zinc: Es un metabolito el cual se produce en bajas cantidades durante la biosíntesis del grupo hemo (Labbé, *et al.*, 1999).

Quelación: Es el proceso por el cual ciertas sustancias tienen la capacidad de unirse a iones metálicos para formar una estructura compleja en forma de anillo (Flora y Pachauri, 2010).

Partes por millón (ppm): Se describe como la división de la masa del soluto y masa de disolución multiplicado por 10 elevado a la 6. Se utiliza de manera para expresar concentraciones en disolución (Skoog, *et al.*, 2015).