

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**DETERMINACIÓN DE PLOMO EN POLVO FACIAL (POLVO COMPACTO)  
COMERCIALIZADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Informe de tesis**

**Presentado por:**

**Kevvin Alexander Tzib Jolomná**

**Para optar al título de**

**Químico Farmacéutico**

**Guatemala, marzo 2023**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**DETERMINACIÓN DE PLOMO EN POLVO FACIAL (POLVO COMPACTO)  
COMERCIALIZADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Informe de tesis**

**Kevvin Alexander Tzib Jolomná**

**Químico Farmacéutico**

**Guatemala, marzo 2023**

**MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

Dr. Francisco Pérez Sabino	Decano en funciones
Dr. Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Carmen Amalia Rodríguez Ortiz	Vocal IV
Br. Paola Margarita Gaitán Valladares	Vocal V
Licda. Bessie Abigail Orozco Rodríguez	Secretaria

## ÍNDICE

<b>1. Resumen</b>	<b>1</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>3. Antecedentes</b>	<b>5</b>
<b>4. Justificación</b>	<b>9</b>
<b>5. Objetivos</b>	<b>11</b>
<b>6. Materiales y Métodos</b>	<b>12</b>
<b>7. Resultados</b>	<b>19</b>
<b>8. Discusión de Resultados</b>	<b>22</b>
<b>9. Conclusiones</b>	<b>25</b>
<b>10. Recomendaciones</b>	<b>26</b>
<b>11. Referencias</b>	<b>27</b>
<b>12. Anexos</b>	<b>32</b>

## 1. Resumen

El uso de polvos compactos es una práctica cotidiana dentro de la población principalmente femenina, estos suelen ser fabricados en distintas partes del mundo. El polvo compacto brinda a la piel un aspecto suave, ocultando imperfecciones y el brillo ocasionado por la grasa o humedad de la sudoración. El polvo compacto debe caracterizarse por una adecuada adherencia a la piel y resistencia a las secreciones de esta.

La presencia y concentración de plomo en estos cosméticos es una potencial fuente de contaminación a largo plazo. El referente actual está dado por la FDA (Food And Drug Administration), quien ha establecido como límite de concentración 10 ppm.

Existen estudios donde se determina la concentración de plomo -Pb- en diferentes marcas de cosméticos, encontrando niveles que superan el límite de 10 ppm. Por lo que, surgió la necesidad del presente estudio de evaluar la presencia de plomo en polvos faciales (polveros compactos) que son distribuidos en la Ciudad de Guatemala, a través de 11 marcas obtenidas por conveniencia, de la misma tonalidad, y que son comercializadas popularmente a bajo costo.

La determinación de la concentración de plomo se obtuvo por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Los principales objetivos fueron cuantificar los niveles de plomo en las muestras analizadas y compararlos con el límite de 10 ppm establecido por la FDA.

Los resultados mostraron que una sola muestra superó el límite, esto se extrapola a la posibilidad de existencia en el mercado guatemalteco de otras marcas que superan este límite. Ya que los resultados mostraron la existencia de al menos 1 marca con resultados que sobrepasan los 10 ppm de Pb, y con presencia de Pb, existe la necesidad de replicar el presente estudio con mayor cantidad de muestras de distintos puntos de obtención y de distintos costos, para determinar si es necesario alertar a la población y a las autoridades correspondientes sobre la necesidad de controles de calidad más rigurosos, esto en aras de la prevención de exposición continua a plomo por sus potenciales efectos nocivos en el humano.

## 2. Introducción

En Egipto, ya en el año 10.000 a.C, tanto hombres como mujeres utilizaban aceites y ungüentos perfumados para limpiar, suavizar su piel y enmascarar el olor corporal, los tintes y pinturas para colorear la piel, el cuerpo, el cabello, entre otros. Se pintaban los labios, las mejillas, y se pintaban las uñas con henna. Era usual el delineado de los ojos como las cejas con kohl. El kohl era un polvo de color oscuro hecho de antimonio triturado, almendras quemadas, plomo, cobre oxidado, ocre, ceniza, malaquita, crisocola (un mineral de cobre azulado) o cualquier combinación de ellos. Para los labios, las mejillas, como las uñas, se molía una arcilla llamada ocre rojo mezclados con agua. La henna se utilizaba para teñir las uñas de amarillo y el maquillaje se guardaba en frascos especiales de maquillaje. Las mujeres llevaban sus cajas de maquillaje a las fiestas. Aunque los hombres también se maquillaban, no llevaban kits de maquillaje con ellos (Chaudhri, y Jain, 2009).

A través de los años se han ido optimizando los procesos para la fabricación de cosméticos; cada vez los productos cumplen con altos estándares de calidad, que a través del tiempo se han establecido en las guías que proporcionan las normativas para dar cumplimiento a ciertos parámetros y de acuerdo a ello se implementan nuevas metodologías que sean capaces de llegar a la sensibilidad que establecieron.

Si bien en la actualidad se ha optado por una tendencia a tener una rutina para el cuidado de la piel más sencilla para el día a día, todavía gran parte de la población sigue utilizando productos de maquillaje. Dentro de ellos se encuentran los polvos faciales o polvos compactos; estos proporcionan cobertura de las imperfecciones de la tez, control de la grasa, suavidad táctil, como también dan un buen efecto duradero para el maquillaje de base y poseen propiedades de absorción de aceite que son muy útiles para los tipos de piel grasos (Mohiuddin, 2019). Todas estas características le dan una tonalidad uniforme a la piel, lo cual la hace lucir con mejor apariencia al ojo humano.

Los polvos faciales están hechos con una mezcla de productos: Talco y sericita (para ayudar a extender), tiza o caolín (para dar cualidades de absorción de humedad), estearato de magnesio (da adherencia), óxidos de zinc y titanio (para ayudar a cubrir bien la piel), como también pigmentos (para color).

El uso de mica en las fórmulas en polvo mejora el tacto de la piel, la aplicación del producto y la adherencia a la piel (Mohiuddin, 2019). La materia prima para la fabricación de

cosméticos es necesario que cuente con la mayor pureza posible para que no ocasione daño al consumidor.

Conforme la tecnología y la ciencia han avanzado a través del tiempo se van desarrollando diferentes métodos para determinar la presencia de contaminantes dentro de los productos cosméticos, tal es el caso del Pb. El Pb es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha causado una amplia contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo. Es un tóxico acumulativo que afecta a múltiples sistemas corporales, como el neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular, renal, entre otros (PAHO, 2019).

La exposición crónica comúnmente tiene efectos hematológicos, como anemia, puede provocar trastornos neurológicos: cefalea, irritabilidad, letargo, convulsiones, debilidad muscular, ataxia, temblores, parálisis, etc. La exposición aguda se manifiesta con trastornos gastrointestinales (anorexia, náuseas, vómitos, dolor abdominal), daño hepático, renal, hipertensión, trastornos neurológicos (malestar, somnolencia, encefalopatía) que pueden causar convulsiones y provocar la muerte (WHO, 2013).

Dentro del proceso de control de calidad de los productos, se verifica la presencia o ausencia de contaminantes como los metales. Entre los métodos de preparación de muestras más utilizados para el maquillaje están la digestión convencional y la digestión asistida por microondas con ácidos concentrados. Las técnicas de determinación más comunes son la espectrofotometría de absorción atómica y las técnicas basadas en plasma (Mesko et al., 2019).

La espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito utiliza un tubo de grafito calentado mediante electricidad para vaporizar y atomizar el analito a temperaturas de hasta 3000 °C, antes de su detección. Se pueden analizar muestras de volúmenes de 10–50 µl. Dentro de las ventajas de esta técnica es que se requiere de un tamaño de la muestra reducido, y posee un buen límite de detección <1-2 µg/dl (WHO, 2013). Por otro lado, la espectrofotometría de absorción atómica con llama está ampliamente utilizada desde hace medio siglo, y permite la detección de metales hasta en el orden de las partes por millón – ppm. La muestra por su naturaleza no puede ser analizada directamente en el equipo por lo que se la somete a un proceso previo de preparación que permite obtener una disolución del analito adecuada para la atomización (Gallegos et al., 2012)

La venta de cosméticos ha crecido en el comercio guatemalteco, es por tal razón, que este estudio realizó la identificación y cuantificación de la presencia de Pb en los polvos

compactos comercializados en la Ciudad de Guatemala, con precios menores a los Q50.00; por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica y de esta manera se determinó que solo una muestra excedió la concentración del límite máximo de 10 ppm, establecido por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Es importante mencionar que debido a que el presente estudio es una investigación exploratoria, una hipótesis y una metodología estadística profunda no son necesarias.



### 3. Antecedentes

#### 3.1. Estudios Internacionales

- Yaringaño, P. en el estudio denominado “Determinación de plomo en polvo compacto de distintas marcas comercializadas en los mercados de San Juan Lurigancho Lima, Perú-2019” realizado en el año 2020, evaluó las concentraciones de Pb en muestras de polvo compacto por medio del método espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. En el estudio realizado se encontró que la concentración de Pb se comparaba con los resultados de estudios nacionales e internacionales similares. Las muestras analizadas contenían Pb, en 3 muestras la concentración superó el límite permitido de 10 ppm y 3 mostraron una concentración inferior a dicho límite(Yaringaño, 2020).
- Saadatzadeh, A., Afzalan, S., Zadehdabagh, R., Tishezan, L., Najafi, N., Seyedtabib, M., & Noori, S. M. A. en el estudio denominado “Determinación de metales pesados plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), y mercurio (Hg) en cosméticos autorizados y no autorizados” realizado en Irán en el año 2019, se evaluó la presencia de dichos metales en lápices labiales, rímel, sombra de ojos y lápices de cejas, comparando productos legales y de contrabando por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS) y con el analizador directo de mercurio (DMA). Los resultados indicaron que el contenido de Pb de los productos no superaba el límite aceptable de la Oficina Federal de Protección del Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania (BVL), y que los valores de Cd de todos los productos eran considerablemente inferiores al límite establecido por la BVL. El contenido de As de los lápices labiales, sombras de ojos y lápices de cejas era significativamente superior al estándar de la BVL, mientras que el contenido de Hg estaba muy por debajo, por lo que no parece haber ninguna preocupación asociada con este elemento tóxico. Los cosméticos legales mostraron mejores resultados, excepto el rímel, que tenía mayores cantidades de As que el producto de contrabando (Saadatzadeh et al., 2019).
- Zafarzadeh, et al., en el estudio denominado “Evaluación de las concentraciones de Cd y Pb en diferentes tipos de productos cosméticos consumidos en Irán” publicado en el año 2019, analizaron muestras de 11 diferentes tipos de cosméticos, incluyendo lápiz labial, esmalte de uñas, delineador de ojos, lápiz de ojos, sombra de ojos, limpiador de maquillaje, rímel, tatuaje, tinte para el cabello y gel para el cabello

pertenecientes a marcas alemanas, francesas, turcas, chinas e iraníes. Se encontró que el contenido medio de Pb en el lápiz labial, el tatuaje y el esmalte de uñas era superior al límite permitido de 10 ppm. El contenido medio de Cd también se situó por encima del límite permitido de 3 ppm para lápiz de ojos, lápiz labial y tatuaje según los parámetros establecidos por la FDA (Zafarzadeh et al., 2019).

- Casavilca, K., & Sutta, L., en el estudio denominado “Determinación de plomo y arsénico en polvos compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima, Perú” publicado en el año 2019, se cuantificó en 6 marcas diferentes de polvos compactos en Lima, Perú, encontrando presencia de Pb, entre 2.795 y 12.276 ppm. Las concentraciones de As en los polvos compactos se encontraban entre los 0.012 y 0.67 ppm (Casavilca y Sutta, 2019).
- Massadeh, A., El-khateeb, M., e Ibrahim, S. en el estudio denominado “Evaluación de Cd, Cr, Cu, Ni, y Pb en productos cosméticos seleccionados en los mercados de Jordania, Sudán y Siria” realizado en Jordania en el año 2017, en el cual se analizaron: delineador de ojos, lápiz de ojos, rímel, lápiz labial, polvo, crema facial, crema corporal, bloqueador solar, vaselina, y el tradicional cosmético para los ojos (kohl), por medio de espectrofotometría de absorción atómica (AAS), obteniendo resultados que revelaron que las muestras de kohl tienen la mayor concentración de la mayoría de los metales estudiados, particularmente Pb (Massadeh, El-khateeb, e Ibrahim, 2017).
- Sani, A., Gaya, M., & Abubakar, F. en el estudio denominado “Determinación de metales pesados en productos cosméticos seleccionados vendidos en Kano Metrópolis, Nigeria” realizado en el año 2016, evaluó la presencia de los metales Mn, Ni, Cu, Cd, Cr y Pb en 10 polvos faciales, 10 cremas para aclarar la piel y 10 lápices labiales de varios precios por medio de espectrofotometría de absorción atómica. En los cosméticos analizados, se encontraron diferentes concentraciones de los metales en estudio. Así mismo, la prueba T no mostró ninguna diferencia estadística significativa en las concentraciones de metales entre los productos cosméticos caros y baratos. Por lo que hacen mención que el uso de estos productos cosméticos expone a los usuarios a bajas concentraciones de metales pesados tóxicos que podrían constituir un posible riesgo para la salud de los usuarios, ya que se sabe que se acumulan en sistemas biológicos a lo largo del tiempo (Sani, Gaya, & Abubakar, 2016).

- Barros, A., Silva, T., Ferreira, C., & Gomes, J. en el estudio denominado “Determinación de plomo en sombras de ojos y rubor por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito de fuente continua de alta resolución, usando muestreo directo de sólidos” realizado en Brasil en el año 2015, encontró que el contenido de Pb en las muestras analizadas de sombra de ojos y de rubor variaba entre 1.222-9.632 ng/mg para el primer producto y 0.362 - 28.091 ng/mg para el segundo (Barros et al., 2015).
- Alvarado, A., Loja., B., Pineda., Inocente, M., & Castañeda, B., en el estudio denominado “Determinación de plomo en lápices labiales de diferentes marcas comercializadas en Lima” realizada en el año 2014, evaluó 24 lápices labiales de 5 marcas diferentes por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Encontró que de las 5 marcas de lápices labiales evaluadas, el 80% presentó concentraciones de Pb entre 1.22 a 3.02 ppm y de los lápices labiales analizados, 4 sobrepasaron los límites permisibles de Pb (10 ppm) (Alvarado et al., 2014).
- Barrientos, K., & Sermeño, L., en el estudio denominado “Determinación de plomo en diferentes marcas labiales en barra por el método de absorción atómica con llama y emisión atómica con plasma inductivo” realizado en el año 2010, cuantificó la cantidad de Pb en lápices labiales en barra y comparó el valor encontrado con los límites establecidos por la Asociación de Naciones del Suroeste Asiático (ASEAN). Las autoras concluyen que los valores encontrados no sobrepasan los límites de 10 ppm establecidos por ASEAN (Barrientos & Sermeño, 2010)
- Ceron, C., y Ramírez, V., en el estudio denominado “Determinación de plomo en rubores faciales en polvos compactos por el método de absorción atómica con llama y emisión atómica con plasma inductivo” realizado en el Salvador en el año 2009, cuantificó el contenido de Pb por medio del método de absorción atómica por llama y por el método de emisión atómica con plasma inductivo. Las autoras concluyen que las muestras analizadas contienen Pb, sin embargo, los niveles encontrados no sobrepasan los límites establecidos en su composición por la Norma Oficial Mexicana NOM 118-SSA1-1994 (10 ppm) (Cerón y Ramírez, 2009).

### 3.2. Estudios en Guatemala

- Tock, A., en el estudio denominado “Evaluación de plomo en cosméticos de venta en Guatemala” realizado en el año 2018, evaluó los niveles de Pb en sombras de polvo compacto de color azul con y sin registro sanitario que se distribuyen en Guatemala. La autora concluyó que los niveles encontrados de Pb no sobrepasan los límites establecidos por la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) de 10 ppm (Tock, 2018).
- Jacinto, G. en el estudio denominado “Determinación del contenido de plomo en delineador de ojos que se venden en distribuidoras populares a bajo costo” realizado en el año 2009, determinó las concentraciones de Pb en delineadores por medio del método espectrofotometría de absorción atómica con técnica de llama. La autora concluye que el 20% de las marcas evaluadas de los delineadores, presentaron contenido de Pb desde 15.74 hasta 23.61 ppm con respecto al valor permitido por la Administración Estadounidense de Medicamentos y Alimentos (FDA), 20 ppm (Jacinto, 2009).

#### 4. Justificación

Los cosméticos se han utilizado para el cuidado de la piel, así como también para embellecerla, protegerla, cuidarla de los rayos del sol y contaminantes del medio ambiente. Dentro del gran espectro de los cosméticos, la población hace uso continuo de los polvos faciales, debido a que este puede proporcionar cobertura de las imperfecciones de la tez y principalmente una tonalidad mate a la piel. En Guatemala se comercializa una gran variedad de productos cosméticos, que pertenecen a empresas multinacionales y de gran presencia alrededor del mundo. Estos productos pueden estar fuera del alcance de la mayor parte de la población debido a los altos precios que presentan. Un producto de polvo facial puede tener un precio desde los Q250 hasta los Q700. Es por ello, que la población guatemalteca que tiene un presupuesto muy limitado, opta por buscar alternativas más económicas, que tengan características lo más similares posibles y principalmente que no se encuentren a costos muy elevados. Estos productos se pueden encontrar en la Ciudad de Guatemala, en la que se distribuyen tanto por mayoreo como por menudeo.

Los productos cosméticos deben ser fabricados dentro de un área que cumpla con las características mínimas de las Buenas Prácticas de Manufactura; que garantice que la materia prima utilizada para su fabricación cumpla con la calidad requerida para no causar ningún daño al consumidor y con los requerimientos que establecen las normativas tanto nacionales como internacionales, según sea el caso. El precio final del producto varía según la calidad de la materia prima, personal calificado, área en la que se realiza la fabricación, etc.

El Pb es un elemento natural de la corteza terrestre. Está ampliamente distribuido en el medio ambiente, se encuentra presente en la gasolina, los productos de consumo, el reciclaje de productos antiguos y los procesos de fabricación (CDC, 1991). Los signos y síntomas de la toxicidad del Pb incluyen anemia, cólicos, neuropatía, nefropatía, esterilidad y coma. La exposición a niveles bajos de Pb también se ha asociado a problemas de salud como anomalías de comportamiento, problemas de aprendizaje, disminución de la audición, deterioro de las funciones cognitivas en humanos y en animales de experimentación (Chauhan et al., 2010).

La administración de Alimentos y Medicamentos, FDA, ha establecido una concentración máxima de 10 ppm de Pb en labiales, así como en productos aplicados externamente como sombras de ojos, coloretes, polvos compactos, champús y lociones corporales (FDA, 2020).

Los niveles de Pb en cosméticos por encima de los límites de la FDA pueden tener efectos perjudiciales, especialmente en poblaciones sensibles como las mujeres embarazadas y las mujeres en edad de procrear. Aunque el Pb se absorbe muy lentamente en el cuerpo, su tasa de excreción es aún más lenta. Así, con una exposición constante, se acumula gradualmente en el organismo. Es absorbido por los glóbulos rojos y circula por el cuerpo donde se concentra en los tejidos blandos, especialmente el hígado y los riñones (Orisakwe y Otaraku, 2013).

En Guatemala se ha determinado la presencia de Pb en cosméticos como delineadores y sombras que se distribuyen a bajo precio. En estudios internacionales se ha encontrado en diferentes concentraciones, Pb, en los polvos faciales. Debido a estas razones, fue necesario evaluar y cuantificar la presencia de Pb en los polvos faciales a bajo precio que se distribuyen en la Ciudad de Guatemala (<Q50.00), y compararlos con el límite establecido por la FDA (10 ppm).

## **5. Objetivos**

### **5.1. Objetivo General**

**5.1.1** Evaluar la presencia de plomo en polvos faciales (povos compactos) que son distribuidos a un precio menor de Q50.00 en la Ciudad de Guatemala por medio de espectrofotometría de absorción atómica.

### **5.2. Objetivos Específicos**

**5.2.1** Cuantificar los niveles de plomo en los polvos faciales (povos compactos) a un precio menor de Q50.00 por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica.

**5.2.2** Comparar las concentraciones de plomo obtenidas en los polvos faciales con los límites establecidos por la FDA (10 ppm) para determinar si es necesario alertar a las autoridades e informar a la población del riesgo que pueda presentar si así fuera el caso.

## 6. Materiales y Métodos

### 6.1. Universo

Polvos faciales que se comercializan en las distribuidoras ubicadas en la zona 1 de la Ciudad de Guatemala.

### 6.2. Muestra

Polvos faciales (povos compactos) con precio menor a Q50.00 que se comercializan en las distribuidoras ubicadas en la 19 calle y alrededores, zona 1 de la Ciudad de Guatemala.

#### Criterios de Inclusión

- Polvos compactos con o sin registro sanitario.
- Polvos compactos en empaque cerrado y en buen estado.

#### Criterios de Exclusión

- Polvos compactos de alto costo (más de Q 50.00)
- Polvos compactos deteriorados y en mal estado

### 6.3. Diseño de Investigación

**Tipo de Investigación:** descriptiva observacional, transversal, no experimental.

**Descriptiva observacional:** Se trató de una investigación descriptiva debido a que exhibe el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y de tiempo dado (Rojas, 2015). Este estudio es exploratorio inicial que sirva de base para uno posterior.

**Transversal:** El estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. En general, se realiza para examinar la presencia o ausencia de un contaminante en este caso (Álvarez & Delgado, 2015).

**No experimental:** Un estudio no experimental es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos (Escamilla, 2010).



## 6.4. Muestreo

- Por conveniencia
- Se realizó la visita de campo a las tiendas identificadas en la 19 calle y sus alrededores en la zona 1, y se determinaron marcas y procedencia de fabricación de los productos.
- Se adquirió un producto de cada marca que cumplió con los criterios del estudio, 11 en total.
- En el anexo no. 1 se puede observar la zona elegida para la toma de muestras, enmarcada en un rectángulo color rojo que corresponde a la 19 calle de la Zona 1, Ciudad Capital de Guatemala.

### Codificación de las muestras

Se analizaron marcas diferentes de polvos faciales (povos compactos) de acuerdo a lo que se ubicó en las tiendas visitadas en el perímetro indicado en el anexo no.1. Estas muestras (n= 11) se identificaron con la numeración del 1 al 11 anteponiendo la literal M (muestra) según el modelo descrito en la boleta que se encuentra en el anexo No. 2.

## 6.5. Materiales

### 6.5.1. Equipo

- Espectrofotómetro de absorción atómica con sensibilidad de análisis en partes por millón y partes por billón con automuestreador y efecto Zeeman.
- Digestor de microondas
- Balanza analítica
- Agitador eléctrico tipo vortex

### 6.5.2. Reactivos

- Ácido Nítrico concentrado, grado reactivo
- Ácido Nítrico ultrapuro
- Ácido Nítrico al 10% v/v
- Ácido Nítrico al 1% v/v ultrapuro
- Ácido fluorhídrico concentrado, grado analítico
- Agua ultra pura
- Gas acetileno
- Argón grado UHP

- Solución Stock estándar de plomo 1000 ppm en ácido nítrico al 4%(comercial)
- Gas acetileno
- Solución st de Pb 2 ppm
- Solución st de Pb 5, 10, 20, 40, 80 ppb
- Triton X-100
- Solución de lavado Triton X-100 al 0.5% v/v

### **6.5.3 Cristalería y otros materiales**

- Varillas de agitación
- Beakers de diferentes volúmenes
- Balones aforados de diferentes volúmenes
- Micropipetas
- Embudos
- Papel filtro whatman número 1
- Tubos de teflón para horno de microondas
- Tapaderas para tubos de teflón
- Pipetas de émbolo
- Tips/puntas para pipetas manuales de émbolo
- Embudos
- Lámparas de descarga sin electrodos
- Tubos de plástico de 1.2 ml aproximadamente para Absorción Atómica con Horno de Grafito e inyección automática.
- Tubos de grafito transversales THGA

## **6.6 Preparación de Reactivos**

### **Limpieza**

Para prevenir cualquier contaminante como interferencia y los datos fueran lo más exactos posible, se limpió la cristalería previo al análisis según procedimientos realizados en el Departamento de Toxicología «Julio Valladares Marquez». La limpieza se realizó con Extran líquido neutral y se dejó en ácido nítrico al 10% por un día, posteriormente fue lavada con agua ultrapura y se dejó secar.

- **Solución de tritón X-100 0.5% v/v**

Medir exactamente 0.5 mL de triton X-100, transferir cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL. Disolver y aforar con agua ultra pura. Mezclar la solución.

- **Solución de HNO<sub>3</sub> al 1% v/v**

Medir exactamente 250  $\mu$ L de HNO<sub>3</sub> ultrapuro, Transferir cuantitativamente a un balón aforado de 25 mL, disolver y aforar con agua ultra pura. Mezclar la solución.

- **Solución de HNO<sub>3</sub> al 10%**

Medir exactamente 2.5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, transferir cuantitativamente a un balón aforado de 25 mL, disolver y aforar con agua ultra pura. Mezclar solución

- **Solución estándar de Pb 2 ppm**

Medir exactamente 20  $\mu$ L de la solución stock de 1000 ppm, transferir cuantitativamente a un balón aforado de 10 mL, disolver y aforar con solución de HNO<sub>3</sub> ultrapuro al 1%. Mezclar la solución

- **Soluciones para la curva de calibración**

Medir exactamente los volúmenes de solución estándar de Pb de 2 ppm que se describen en la tabla contigua en balones de 10 mL:

Concentración st de Pb deseada (ppb)	Volumen ( $\mu$ L) añadido a partir de Solucion 2000 ppb
5	25
10	50
20	100
40	200
80	400

Aforar con HNO<sub>3</sub> ultrapuro al 1% v/v

Mezclar perfectamente

## 6.7 Preparación de Muestras

### 6.7.1 Digestión de las muestras por microondas

Se dirigieron las muestras de la siguiente manera

(Hattem et al., 2017)

- Se pesó 1 g de la muestra de polvo facial y se agregó al tubo de teflón especial para digestión por horno de microondas.
- Se añadieron 5 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado ultra puro y 1 ml de HF concentrado
- Se irradia la muestra con microondas con el programa que se describe a continuación: Temperatura (°C) / tiempo (min):
  - 170/10
  - 200/15
  - 10/75
  - 1/75
  - 1/75
- Se dejaron enfriar las muestras.
- Las 11 muestras se transfirieron a balones volumétricos de 25 mL y se aforaron con agua ultra pura.

### 6.7.2 Muestras control

Las muestras 1 y 9 se prepararon en duplicado. Dichos duplicados fueron fortificados con una concentración de 10 y 20 ppb de Pb respectivamente y tratadas de la misma manera que las otras 11 muestras.

## 6.8. Análisis por Espectrofotometría Absorción Atómica

La metodología se basó en la utilizada por la Licenciada Ana Lucía Tock Alfaro en la tesis denominada "EVALUACIÓN DE PLOMO EN COSMÉTICOS DE VENTA EN GUATEMALA", quien tomó como referencia a los autores; Poma, M., Hattem, A. y los procedimientos analíticos del Departamento de Toxicología, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Porciones del blanco, estándares de trabajo, muestras y muestras fortificadas, fueron transferidos a tubos plásticos específicos para absorción atómica, colocados en la plataforma del automuestreador y se corrieron bajo las siguientes condiciones

- Flujo de gas: aire, 13.50 L/min; acetileno, 2.00 L/min.
- Lámpara: EDL
- Absorbancia: 283.0 nm
- Temperatura : 110°C
- Tiempo de corrida aproximada: 90 segundos, de acuerdo al siguiente programa:

<b>Paso</b>	<b>Tiempo (Segundos)</b>
Secado	60
Calcinación	20
Atomización	5
Limpieza	3
<b>Total</b>	<b>88 segundos</b>

- Tipo de tubo de grafito: tubos de grafito transversales THGA
- Tipo de lámpara: de descarga sin electrodos (EDL)
- Orden de tubos en el automuestreador: blanco, estándares, muestras y controles
- El equipo se programó para que al finalizar cada lectura realizara un lavado con solución de tritón X-100 0.5% .

### **Curva de calibración**

- Se digitalizó en la hoja de trabajo del software del espectrofotómetro las posiciones y las concentraciones de las soluciones para la curva de calibración de las muestras en el automuestreador.
- Para el blanco se añadió alrededor de 1000 µL HNO<sub>3</sub> ultra puro al 1% en un tubo plástico especial para el automuestreador, ocupando la primera posición
- Se colocaron los tubos conteniendo alrededor de 1000µL de cada una de las soluciones St de Pb (5,10,20,40,80 ppb), en las correspondientes posiciones del automuestreador.
- Se realizó la lectura de la curva de calibración
- Se obtuvo el coeficiente de correlación.

**Análisis de muestras**

- Se digitalizó en la hoja de trabajo del software del espectrofotómetro las posiciones y la codificación de las 11 muestras y los dos controles
- Se colocaron los tubos conteniendo las soluciones muestras y los controles en el automuestreador de acuerdo al orden y posición digitalizada previamente.
- Se realizó la lectura correspondiente

**Análisis de datos**

- Se tabularon las absorbancias y concentraciones en ppb obtenidas del espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito de las muestras analizadas.
- Se realizaron los cálculos correspondientes para determinar las concentraciones en ppm de Pb
- Se tabularon los datos en cuadro de resultados y se compararon con los niveles establecidos por la FDA (10 ppm)

## 7. Resultados

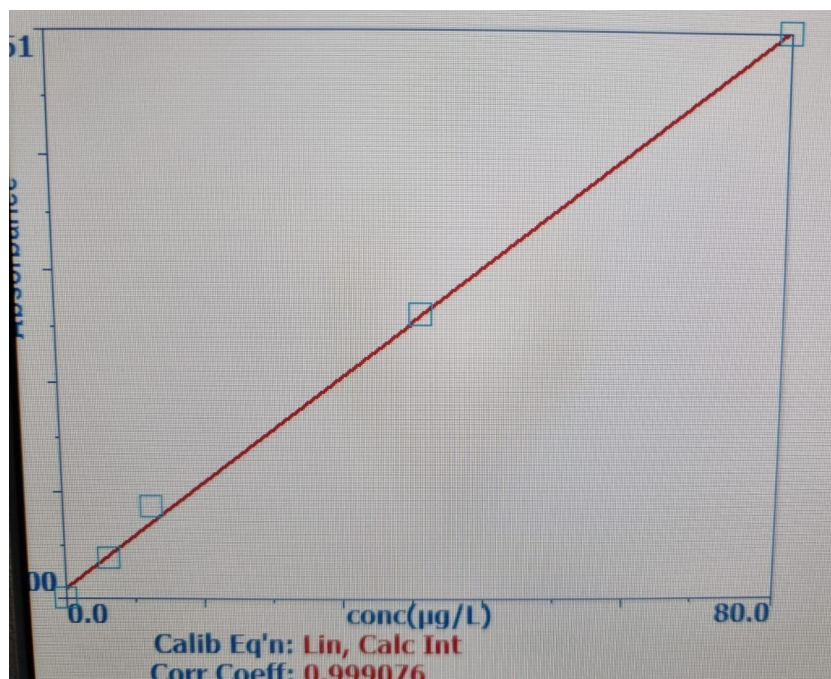
Los resultados obtenidos durante la investigación se describen en las siguientes tablas

**Tabla No. 1.** Curva de calibración obtenida de estándares de Pb con concentraciones de 5, 10, 20, 40 y 80 ppb

Concentración de estándar de Pb (ppb)	Absorbancia	Concentración obtenida ppb de plomo
Blanco	0.0000	0.000
5	0.0185	4.689
10	0.0428	9.350
20	0.0499	19.575
40	0.1290	39.579
80	0.2507	79.218
<b>Coefficiente de correlación</b>		0.9990

Datos obtenidos durante la fase experimental realizada en el departamento de Toxicología Julio Valladares de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Figura No. 1** Curva de calibración obtenida con estándares de Pb con concentraciones de 5, 10, 20, 40 y 80 ppb.



**Fuente:** Datos obtenidos durante la fase experimental realizada en el departamento de Toxicología Julio Valladares de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

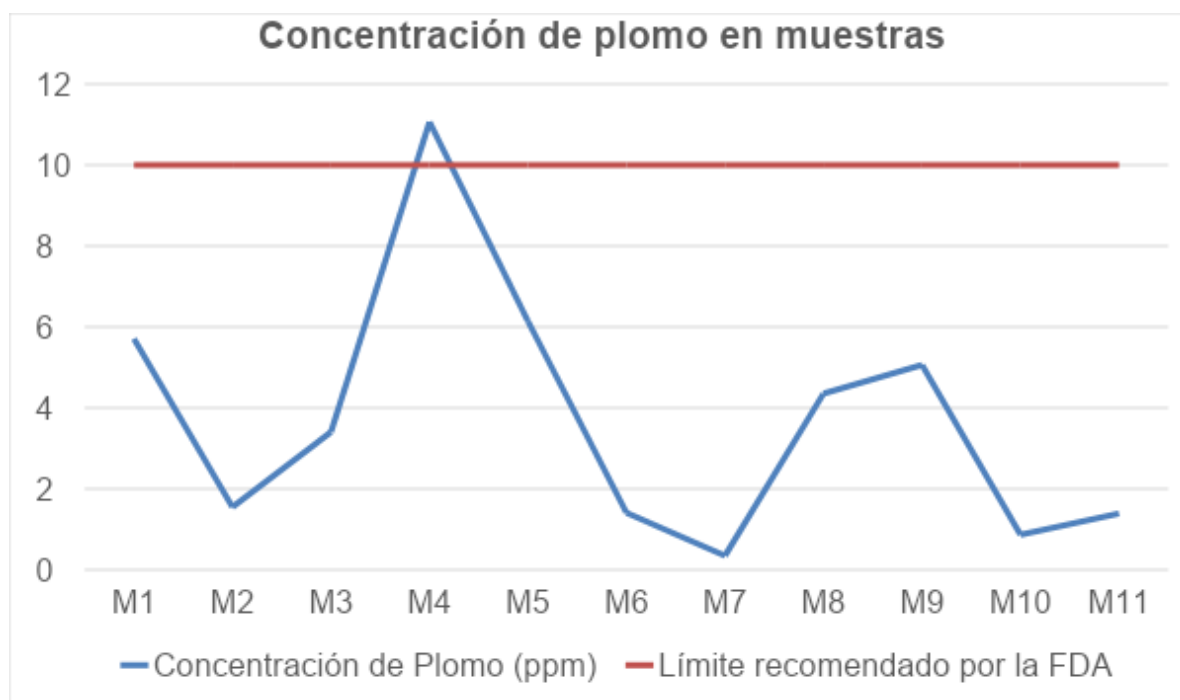
**Tabla No. 2** Cantidad de Pb encontrado en las muestras evaluadas de polvos compactos de tono oscuro.

Codificación	Procedencia	Absorbancia	Concentración de Pb en ppb	Concentración de Pb en ppm	Límite recomendado por FDA
M1	República Popular China	0.4157	228.4	5.71	≤10
M2	Guatemala	0.1899	60.62	1.55	≤10
M3	República Popular China	0.3255	135.8	3.40	≤10
M4	República Popular China	0.7851	442.25	11.06	>10
M5	República Popular China	0.3877	153.38	6.14	≤10
M6	Colombia	0.1768	56.54	1.41	≤10
M7	Estados Unidos	0.0583	13.99	0.35	≤10
M8	República Popular China	0.4086	173.82	4.35	≤10
M9	Paraguay	0.4132	202.4	5.06	≤10
M10	México	0.1067	34.91	0.87	≤10
M11	Estados Unidos	0.1753	55.62	1.39	≤10

**Fuente:** Datos experimentales obtenidos del muestreo y análisis realizado en el departamento de Toxicología Julio Valladares de la Universidad de San Carlos de Guatemala



**Figura No. 2** Concentración de Pb en muestras en comparación con el límite superior recomendado por la FDA (10 ppm)



**Fuente:** Datos experimentales obtenidos del muestreo y análisis realizado en el departamento de Toxicología Julio Valladares de la Universidad de San Carlos de Guatemala

**Tabla No. 3** Cantidad de Pb en controles analizados y porcentaje de recuperación

Codificación	Absorbancia	Concentración (ppb)	Concentración de Pb (ppm)
Control 1	0.4751	238.1	15.58
Control 2	0.4089	221.6	24.37
% recuperación Control 1	-	-	97 %
% recuperación Control 2	-	-	96 %

**Fuente:** Datos experimentales obtenidos del muestreo y análisis realizado en el departamento de Toxicología Julio Valladares de la Universidad de San Carlos de Guatemala

## 8. Discusión de Resultados

En Guatemala los cosméticos son de venta libre, encontrándose en algunos casos, imitaciones de marcas reconocidas. Los productos de belleza utilizados en todos los estratos sociales son un potencial agente de contaminación por plomo, debido a los pigmentos (Marmion (1991). Dentro de las normativas como el Reglamento Técnico Centroamericano -RTCA-, se establece que los productos cosméticos deben carecer de presencia de Pb. A pesar de ser contraproducente para el bienestar de la población, no existe una cosmetovigilancia rigurosa para valorar la calidad de los productos de importación, ni de los elaborados en el territorio guatemalteco. Debido al uso cotidiano de los polvos compactos, se procedió a realizar el presente estudio para determinar la presencia o ausencia de Pb y comparar la concentración obtenida con los límites establecidos por la FDA (10 ppm).

Para el análisis de la concentración de plomo se obtuvieron 11 muestras de polvos compactos de la misma tonalidad recolectadas en la zona 1 de la Ciudad de Guatemala, las cuales se encuentran con un precio menor a Q 50.00. De las cuales se tomaron 2 muestras control de manera aleatoria, y fueron digeridas con horno de microondas bajo las mismas condiciones que las 11 muestras mencionadas.

La digestión con horno de microondas proporciona una determinación precisa, reproducible y cuantitativa del contenido total de metales pesados debido a que la muestra pasa a través de una descomposición en la cual el Pb queda disuelto en la solución ácida (Pluhacek, et al., 2016). Debido a que la digestión es parte del proceso analítico para eliminar interferentes, se decidió realizar la digestión de las muestras de polvos compactos con horno de microondas. Sin embargo, es importante mencionar que posterior a la digestión, se obtuvo un residuo y/o precipitado. Se presume que el precipitado corresponde al talco y a la mica que se encuentra dentro de los ingredientes de los polvos compactos. El talco es una sustancia considerada inerte y no se degrada ni es afectada por las condiciones ambientales y la mica no es combustible (Yépez, 2017; Mejia, 2018 ). Ya que el precipitado no interfiere en los análisis realizados en el espectrofotómetro de absorción atómica debido a que el Pb se encuentra disuelto en la solución de ácido utilizado, se filtraron las soluciones en papel whatman.

Se esperaba encontrar concentraciones de Pb mayores a el estándar establecido por la FDA de 10 ppm, debido a que los polvos compactos pertenecen al mercado informal y son

de bajo costo comparado con los comercializados en el mercado formal. Usualmente se cree que por comercializar productos en el mercado informal, estas no cuentan con la calidad necesaria según lo establecido en las normas nacionales e internacionales. Sin embargo, en el presente estudio se encontró solamente una muestra que sobrepasaba los 10 ppm, y al ser un estudio exploratorio, se genera un precedente para que futuros investigadores puedan realizar estudios con mayor número de muestras y estadísticamente más significativas.

El análisis inicial se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica de llama debido a que se partía de la premisa que las concentraciones de Pb en los polvos compactos se encontraban por arriba de los 10 ppm. Sin embargo, el Pb no fue detectado por el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, posiblemente debido a la poca cantidad de muestra digerida, con la intención de encontrar los valores de Pb presentes, se procedió a realizar el análisis por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, ya que la sensibilidad en esta técnica es mayor.

Entre otras razones por las que hubo una inclinación para realizar el último método están evitar una segunda digestión, disminuir uso de recursos y no se tenían antecedentes de análisis de un rango de valores de concentraciones de Pb en polvos compactos en Guatemala y sobretodo el Departamento de Toxicología contaba con el equipo con las condiciones necesarias para llevar a cabo el análisis correspondiente.

Para el análisis por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, se realizó una curva de calibración con estándares de Pb con concentraciones de 5, 10, 20, 40 y 80 ppb como se muestra en la tabla no. 1 de resultados. El coeficiente de correlación de Pearson tiene el objetivo de indicar cuán asociadas se encuentran dos variables entre sí. Según la literatura para aceptar el valor del coeficiente de correlación, este debe de ser arriba de 0.995 (Dagnino, 2014). El valor obtenido del coeficiente de correlación fue de 0.9990, por lo que, al encontrarse por encima del valor estándar de 0.995, nos indica que a mayor absorbancia, hay mayor concentración de Pb en la muestra. Lo cual es razonable debido a que hubo un aumento de absorbancia conforme se aumentaba la concentración de Pb de las soluciones estándares preparadas como se observa en la tabla y gráfica no. 1 del apartado de resultados.

Las concentraciones obtenidas con el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito, se encuentran en partes por billón (ppb), o sea permite encontrar valores de plomo 1000 veces más bajos que los que detecta el modo llama (ppm). Otra ventaja del horno de grafito es que para la medición utiliza poca cantidad de muestra (pocos microlitros

normalmente). Debido a que los valores de referencia establecidos por la FDA (10ppm), no se encuentran en la misma magnitud que los resultados analíticos, se realizó el cálculo necesario para trasladar la concentración encontrada a ppm o mg/Kg, tomando en cuenta el peso inicial de la muestra y así llevar a cabo la comparación y análisis (ver anexo 5).

Los resultados de acuerdo a la tabla no. 2 muestran que la cantidad de Pb en las muestras M1, M2, M3, M4, M5 M6, M7, M8, M9, M10 y M11 (54% del total) se encuentran por debajo de los 10 ppm, resaltando así que las concentraciones están por debajo a la determinada y establecida por la FDA para su comercialización en el mercado. Se considera que los valores de Pb por debajo de los 10 ppm no se consideran dañinos a corto plazo o por un solo uso. Sin embargo, a través de los años en la población ha habido un aumento en el uso de cosméticos no solo para el cuidado de la piel sino también para embellecerla, y ocultar imperfecciones Por lo que, no desmaquillarse o no realizar una limpieza al final del día después de utilizar polvos compactos. El uso cotidiano y prolongado durante años podría llevar a desarrollar efectos dañinos para la salud (como se describen en el apartado del anexo no. 6)

La marca M4 superó el límite establecido por la FDA. La muestra M4 (9%) representa la excepción a los estándares de la FDA presumiblemente podría ser por el origen de las materias primas para su formulación y posiblemente también los controles de calidad no fueron lo suficientemente rigurosos. Es difícil determinar si hay una tendencia en la concentración de Pb en los polvos compactos según el lugar de procedencia, calidad de materia prima o incluso controles de calidad realizados, debido a que el número de muestras analizadas en la presente investigación es pequeño.

El porcentaje de recuperación de los controles M1 y M9 fueron de 97 y 96 %, respectivamente. Los niveles altos de recuperación nos brindan confiabilidad en que al momento de analizar las muestras en estudio también se podrá recuperar la mayor cantidad de Pb presente y obtener datos muy exactos en la investigación. Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones en otros países (que se hace mención en el apartado de antecedentes) en las que se ha encontrado Pb en dichos productos. El Pb en cosméticos es un tema de discusión en diferentes países y ha ido alarmando a los investigadores en cuestionar la calidad de los productos como también la necesidad de tener una rigurosa y más completa legislación tanto nacional como internacional con respecto a los metales pesados.

## **9. Conclusiones**

**9.1** El 100% de muestras de polvo compacto analizadas presentan plomo.

**9.2** El 9% de las muestras analizadas superó el valor de plomo de referencia de la FDA, 10 ppm y el 91% de las muestras se encontraban debajo del valor de referencia.

**9.3.** El precipitado obtenido de la digestión no afectó en el análisis debido a que el metal en estudio se encuentra disuelto en la solución ácida obtenida .

**9.4** De acuerdo a la literatura el residuo pudiera corresponder a la mica y/o talco y a otra materia prima presente en los ingredientes de las muestras, ya que estas son difíciles de digerir.

**9.5** Debido a la presencia de plomo en las muestras analizadas de polvo compacto, se debe de realizar estudios y extrapolar los resultados en un mayor número de muestras para determinar si es necesario generar regulaciones más estrictas de los cosméticos comercializados en Guatemala.

## 10. Recomendaciones

**10.1** Replicar el presente estudio con mayor número de muestras con costos variados, para valorar si estas cumplen con el límite establecido por la FDA para los niveles de Pb.

**10.2** Debido a que las concentraciones encontradas de Pb en las muestras de polvos compactos están arriba de 1 ppm se recomienda realizar ajustes en la metodología analítica para que pueda analizarse por medio espectrofotometría de absorción atómica con llama ya que es más simple el análisis y de un costo más bajo.

**10.3** Se recomienda que se establezcan mecanismos para garantizar la calidad de los productos cosméticos dentro de Guatemala con parámetros establecidos por la FDA o por otras normas, mientras se establezcan las correspondientes en nuestro país.

## 11. Referencias

- Álvarez, G. & Delgado, J. (2015). *Diseño de estudios epidemiológicos. Bol Clin Hosp Edo Son.* 32. 26-34.
- Álvarez, S. (2020). *Determinación del nivel de plomo en barras labiales con alta demanda comercial en el Centro Histórico de Quito.* (Tesis de Grado). Universidad Central de Ecuador. Ecuador.
- Azcona, M. Ramírez, R., & Flores, G. (2015). *Efectos tóxicos del plomo. Rev Esp Med Quir.* 20:72-77.
- Barrientos, K., & Sermeño, L. (2010). *Determinación de plomo en diferentes marcas de labiales en barra por método de absorción atómica con llama y emisión atómica con plasma inductivo.* (Tesis de pregrado). Universidad de San Salvador. El Salvador.
- Barros, A., Silva, T., Ferreira, C., & Gomes, J. (2015). *Determination of Lead in Eye Shadow and Blush by High-Resolution Continuum Source Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry Employing Direct Solid Sampling. Journal of the Brazilian Chemical Society.* 26. 140-146. DOI: [10.5935/0103-5053.20140228](https://doi.org/10.5935/0103-5053.20140228)
- Casavilca, K., & Sutta, L. (2019). *Determinación de plomo y arsénico en polvos compactos de seis marcas expedidos en el Cercado de Lima.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
- Cerón, C. & Ramírez, V. (2009). *Determinación de plomo en rubores faciales en polvos compactos por el método de absorción atómica con llama y emisión atómica con plasma inductivo.* (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Chaudhri, S., y Jain, N. (2009). *History of cosmetics. Asian Journal of Pharmaceutics.* 3(3). 164-167 DOI:10.4103/0973-8398.56292
- Chauhan, A., Bhaduria, R., Singh, A., Lodhi, S., Chaturvedi, D., & Tomar, V., (2010). *Determination of lead and Cadmium in cosmetic products. J. Chem. Pharm. Res.* 2(6). 92-97.

Dagnino, J. (2014). *Coefficiente de correlación*. Rev Chil Anest. 43: 150-153

Escamilla, M. (2010). *Aplicación básica de los métodos científicos: Diseño no experimental*. Recuperado de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI\\_Presentaciones/licenciatura\\_en\\_mercadotecnia/fundamentos\\_de\\_metodologia\\_investigacion/PRES38.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf)

FDA (2020). *Limiting Lead in Lipstick and Other Cosmetics*. Recuperado de <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetic-products/limiting-lead-lipstick-and-other-cosmetics>

Gallegos, V., Vega, M., & Noriega, P. (2012). *Espectroscopia de absorción atómica con llama*. Revista de Ciencias de La Vida. 15. 18-25

Gary, C. (2009). *Química Analítica* (6 ed.). México DF, México: Mc Graw Hill.

Jacinto, (2019). *Determinación del contenido de plomo en delineadores de ojos que se venden en distribuidoras populares a bajo costo*. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Hatem, Al. et al. 2017. *Determination of some heavy metals in eye shadows cosmetics*. Asian Journal of Chemistry. 15 (7). 1441-1446.

Mañay, N., Clavijo, M., & Diaz, L. (2019). *Espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito*. Recuperado de <http://riquim.fg.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf>

Maret, W. (2017). *The Bioinorganic Chemistry of Lead in the Context of Its Toxicity. Lead – Its Effects on Environment and Health*, 1–20. doi:10.1515/9783110434330-001

Marmion, D. (1991). , *Handbook of U.S. Colorants, Foods, Drugs, Cosmetics and Medical Devices*, 3a. Edition, USA.

Martínez, M. (2020). *Análisis instrumental: Espectrofotometría de absorción atómica*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/138418/Mart%C3%ADnez%20-%20An>



[%C3%A1lisis%20Instrumental.%20Espectrometr%C3%ADa%20de%20Absorci%C3%B3n%20At%C3%B3mica%20%28EAA%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Massadeh, A., El-khateeb, M., e Ibrahim, S. (2017). *Evaluation of Cd, Cr, Cu, Ni, and Pb in selected cosmetic products from Jordanian, Sudanese, and Syrian markets. Elsevier: Public Health*. 149. 130-137. DOI: [10.1016/j.puhe.2017.03.015](https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.03.015)

Mejia, N. (2018). *Mica*. Recuperado de <https://alsum.co/handbook/mica/#:~:text=La%20mica%20no%20es%20combustible,no%20carboniza%20ni%20se%20rompe>.

Mesko, M., Novo, D., Caldeira, V., Henn, A., & Flores, E. (2019). *Toxic and Potentially Toxic Elements Determination in Cosmetics Used for Make-up: A Critical Review. Analytica Chimica Acta*. DOI: [10.1016/j.aca.2019.11.046](https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.11.046)

Mohiuddin, A. (2019). *An extensive review of face powders fomulation condierations. Journal of Dermatology and Dermatitis*. 4 (2). DOI: [10.31579/2578-8949/060](https://doi.org/10.31579/2578-8949/060)

NIH. (2020). *Plomo*. Recuperado de <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/lead/index.cfm>

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health. (2014). *CDC: Centers for Disease, Control and Prevention*. Recuperado de <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/7439921.html>

OMS. (2010). *Exposure to lead: A mayor public health concern*. Recuperado de <https://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf>

Orisakwe, O. & Otaraku, J. (2013). *Metal Concentrations in Cosmetics Commonly Used in Nigeria. The Scientific World Journal*. DOI: [10.1155/2013/959637](https://doi.org/10.1155/2013/959637)

PAHO. (2019). *Preventing disease through heathy enviroments: Exposure to lead*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329953/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.7-eng.pdf?ua=1>

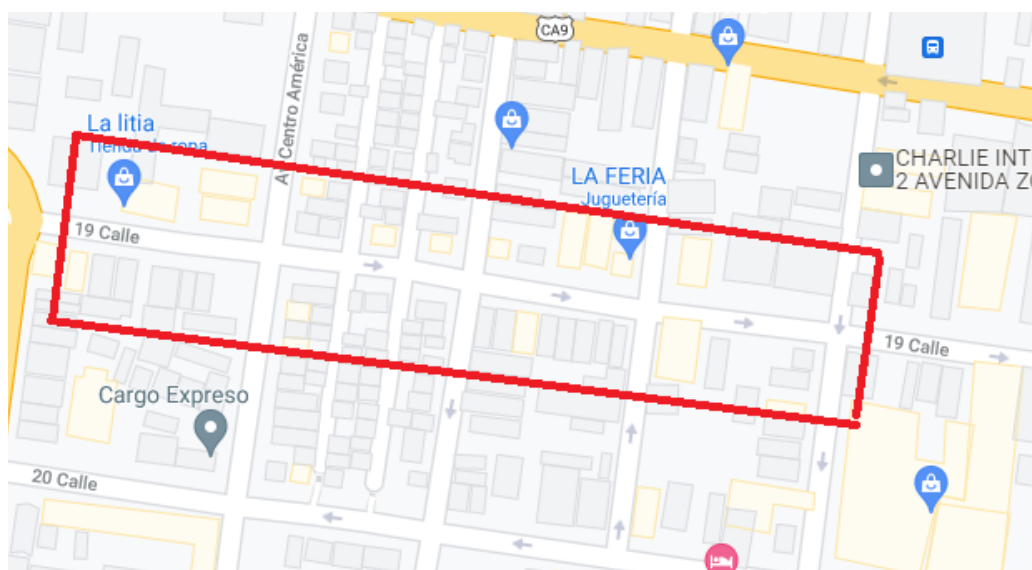
- Peralta Ayala, J. C. (2021). *LIBS en líquidos acústicamente levitados: Optimización de los parámetros experimentales* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Morelos.
- Pluhacek, T., Hanzal, J., Hendrych, J., & Milde, D. (2016). Microwave-assisted digestion using nitric acid for heavy metals and sulfated ash testing in active pharmaceutical ingredients. *Pharmazie* 71: 177–180.
- Poma, M. (2018). *Determinación de plomo y arsénico por absorción atómica en agua de río para consumo humano provenientes de caños y reservorio en el anexo de Huancahuico, Distrito de Chocos Provincia de Yauyos*. Tesis Universidad Norbert Wiener.
- Poma, P. (2008). *Intoxicación por plomo en humanos*. *An. Fac.Med.* 69(2). 120-6
- Rodríguez, A., Cuéllar, L., Cantillo, G., & Suardíaz, M. (2016). *Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre*. *Revista Cubana de Investigación Biomédicas*. 35(3).
- Rodríguez, E., & Mayero, F. (2000). *Manual de toxicología básica*. España: Díaz de Santos.
- Rojas, M. (2015). *Tipos de investigación científica: una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación*. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 16. 1-14.
- Saadatzadeh, A., Afzalan, S., Zadehdabagh, R., Tishezan, L., Najafi, N., Seyedtabib, M., & Noori, S. M. A. (2019). *Determination of heavy metals (lead, cadmium, arsenic, and mercury) in authorized and unauthorized cosmetics*. *Cutaneous and Ocular Toxicology*. 38 (3). 207-211. DOI:10.1080/15569527.2019.1590389
- 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 de San Carlos. Guatemala.
- Sani, A., Gaya, M., & Abubakar, F. (2016). *Determination of some heavy metals in selected cosmetic products sold in kano metropolis, Nigeria*. *Toxicology Reports*. 3. 866–869. doi:10.1016/j.toxrep.2016.11.001
- Yaringaño, P. (2020). *Determinación de plomo en polvo compacto de distintas marcas comercializadas en los mercados de San Juan Lurigancho-2019*. (Tesis de pregrado). Universidad María Auxiliadora. Perú.

Yépez, M. (2017). "TALCO JOHNSON'S BABY" Informe Especial No. SCPM-IAC-DNEM-039 2017. Recuperado de <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/INFORME-TALCO-VP-20-10-2017.pdf>

Zafarzadeh, A., Shahryari, A., Taziki, S., Ahmadi, N., Mirkarimi, K., & Charkazi, A.(2019). *Assessment of cadmium and lead concentrations in different types of cosmetics products consumed in Iran. National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology* 1200. 8 (8). 1200-1204. DOI: [10.5455/njppp.2018.8.0411729042018](https://doi.org/10.5455/njppp.2018.8.0411729042018)

## 12. Anexos

Anexo No. 1. Mapa de geolocalización de las distribuidoras ubicadas en la zona 1, Ciudad de Guatemala.



**Anexo No. 2** Boleta de Identificación de muestras con datos según etiqueta de polvos compactos obtenidos para el análisis y determinación de Pb.

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**  
**Escuela de Química Farmacéutica**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M1

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 19 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en la  
República de China, sin registro sanitario  
con un precio de Q. 10.00

**Pb encontrado:** 5.71 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M2

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 19 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
Guatemala con registro sanitario y precio de  
Q. 25.00

**Pb encontrado:** 1.55 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M3

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 19 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra no indica lugar de  
fabricación, sin registro sanitario y  
precio de Q. 30.00

**Pb encontrado:** 3.40 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M4

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 19 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
República de China con registro sanitario  
y precio de Q. 20.00

**Pb encontrado:** 11.06 ppm.



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M5

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 19 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
la República de China sin registro sanitario  
y precio de Q. 12.00

**Pb encontrado:** 6.14 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M6

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 9 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
Colombia con registro sanitario y precio de  
Q. 10.00

**Pb encontrado:** 1.41 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M7

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 9 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
Estados Unidos sin registro sanitario y  
precio de Q. 30.00

**Pb encontrado:** 0.35 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M8

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 9 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
Republica de China con registro sanitario  
y precio de Q. 20.00

**Pb encontrado:** 4.35 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M9

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 9 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
Paraguay con registro sanitario y precio de  
Q. 20.00

**Pb encontrado:** 5.06 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M10

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 9 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
México sin registro sanitario y precio de  
Q. 45.00

**Pb encontrado:** 0.87 ppm.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Química Farmacéutica



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**“Determinación de plomo en polvo facial (polvo compacto)  
comercializado en la Ciudad de Guatemala”**

**Muestra:** M11

**Fecha:** 29 marzo 2022

**Geolocalización:** 9 calle zona 1 Ciudad  
de Guatemala desde el Punto A 14.631213,  
-90.522432 al Punto B 14.630902, -90.520

**Descripción:** Muestra de fabricada en  
Estados Unidos con registro sanitario  
y precio de Q. 45.00

**Pb encontrado:** 1.39 ppm.

**Anexo No. 4** Información de etiqueta y empaques secundarios de cada polvo compacto

No.	Nombre	Componentes	Registro sanitario	Lote	Distribuidor	PRECIO (Q.)
1	Matte powder just kolour	Mica, talco, estearato de magnesio, triglicérido de ácido caprílico, palmitato de etilo, dimeticona, acetato de tocoferol. ácido capri hidroxámico caprilil glicol (y) glicerina, fenoxietanol, puede contener (colorante), dióxido de titanio, óxido de hierro rojo, óxido de hierro negro, óxido de hierro amarillo.	No	AC17005	Santee Cosmetics USA	10.00
2	Darosa	Talco, aceite mineral, estearato de magnesio, fragancia, ciclometicona, DMDM Hidantoina, yodo, Dióxido de Titanio, Óxido de Hierro	Pt-85734	MQ-21-326	Laboratorios Darosa	25.00
3	Miss rose	Talco, mica, almidón de aluminio octenyisuccinale, magnesio Estearato, dimeticona, palmitato de etilo, polietileno Vaselina, sílice, parafina líquida, acetato de tocoferilo fenoxietanol, fragancia, dióxido de titanio, óxido de hierro amarillo,	No	NA	Yiwu meidai Cosmetics Co. Ltd	20.00
4	Luyisi	Mica, talco, escualeno, estearato de magnesio, triglicérido caprílico/cáprico, palmitato de etilo, nitruro de boro, estearato de zinc, aceite de almendras, acetato de tocoferilo, metilparabeno, propilparabeno. Óxido rojo de hierro, óxido amarillo	No	NA	Annier Cosmetics Co. LTD	12.00



		de hierro, óxido negro de hierro, dióxido de titanio, FD&C rojo no. 40, FD&C amarillo no. 5, FD&C azul no.				
5	Wendy	Talco, agua, mica, estearato de zinc, caolina, oxido de zinc, metilparabeno, propilparabeno, cera alba, poligliceril-3, diisoestearato, imidazolinil urea, sorbitan sesquioleate de sodio, fenoxietanol, BHT polisorbato 60, lanolina,	Nsoc013 056-02c o	86M160	Laboratorio de Cosméticos Vogue SAS	10.00
6	Iman of Noble	Talco, agua, mica, estearato de zinc, caolina, oxido de zinc, , parafina líquida, acetato de tocoferilo fenoxietanol, fragancia, dióxido de titanio	No	NA	NA	30.00
7	Italia deluxe	Talco, mica, tetradecanoato de magnesio, Estearato de magnesio, polibuteno, aceite mineral blanco Palmitato de 2-etilhexilo, metilparabeno, propilparabeno. óxido de hierro amarillo, óxido de hierro rojo, óxido de hierro negro, dióxido de titanio, rojo FD&C no. 40	No	NA	City Cosmetics, Inc.	30.00
8	City color	Talco, mica, parafina líquida, fenoxietanol, etilhexilglicerina, tocoferil: acetato, fragancia, tocoferol, óxidos de hierro	150502/ pd-736	NA	Beauty Plus Global, Inc.	20.00
9	Selena MAC	Talco, silica, palmitato de isostearilo, meticono, caprilil glicol, hexilenglicol, fenoxietanol, dióxido de titanio, cromo y ultramar.	No	NA	Make up Art Cosmetics	45.00

10	New color	Talco, caolín, estearato, aceite mineral, octildodecanol sílice, ciclometicona, imidazolidinil urea, metilparabeno, propilparabeno, triclosán, fragancia	No	NA	NA	40.00
11	Bissú	Talco, mica, tetradecanoato de magnesio, estearato de magnesio, polibuteno, aceite mineral blanco, palmitato de 2-etilhexilo, metilparabeno, propilparabeno. óxidos de hierro	No	NA	City Cosmetics, Inc.	45.00

**Fuente:** Datos obtenidos de los empaques de polvos compactos

### Anexo 5. Cálculos

Cálculo realizado para la determinación de la concentración de Pb en polvos compactos.

M1: Concentración = 228.4 ug/L (ppb) = 0.2284 mg/mL (ppm)

Peso inicial polvo compacto: 1g

Solución total a analizar: 25mL

Resultado obtenido **228.4 ppb**

**$228.4\mu\text{g/L} * 1\text{mg}/1000\mu\text{g} * 0.25\text{L}/1\text{g} * 1000\text{g}/1\text{kg} = 5.71 \text{ mg/Kg o ppm}$**

Este cálculo se realizó de la misma manera con las muestras desde M1 hasta M11 según los datos obtenidos que se muestran en la tabla de resultados.

Codificación	Absorbancia	Concentración de Pb en ppb	Concentración de Pb en ppm
M1	0.4157	228.4	5.71
M2	0.1899	60.62	1.55
M3	0.3255	135.8	3.40
M4	0.7851	442.25	11.06
M5	0.3877	153.38	6.14
M6	0.1768	56.54	1.41
M7	0.0583	13.99	0.35
M8	0.4086	173.82	4.35
M9	0.4132	202.4	5.06
M10	0.1067	34.91	0.87
M11	0.1753	55.62	1.39

## Cálculo de porcentaje de recuperación de controles

<p>Control 1=Mx 1+10 ppb Control 2= Mx 9 +20 ppb</p> <p><b>Control 1</b> Concentración Control 1= 238.1 ug/L (ppb) Concentración muestra original(1)=228.4µg/L</p> <p><b>Control 2</b> Concentración Control 2 = 221.6 ug/L (ppb) Concentración muestra original(9)=202.4µg/L</p>	<p><math>\% \text{Recuperación} = \frac{\text{CMxc} - \text{CMxo}}{\text{Cst}} * 100</math> Cst= concentración del estándar de plomo(10 y 20 ppb) CMxc= concentración de la muestra control en ppb CMxo= concentración de la muestra original en ppb</p>
<p><math>\% \text{Rec. control 1} = \frac{238.1 - 228.4}{10} * 100 = 97 \%</math> <math>\% \text{Rec. control 2} = \frac{221.6 - 202.4}{20} * 100 = 96 \%</math></p>	

**Anexo No. 6** Marco Teórico**Cosméticos****Uso de cosméticos a través de la historia**

Los antiguos egipcios estaban muy orgullosos de su apariencia y limpieza. En lugar de jabón se utilizaba una crema limpiadora hecha con aceite animal o vegetal mezclado con cal en polvo y perfume. La gente se frotaba diariamente con aceite perfumado de ungüento que había empapado en madera perfumada. La mezcla se dejaba en una olla hasta que el aceite absorbía el aroma de la madera. El aceite perfumado se utilizaba para evitar que la piel se secara en un clima riguroso. En las fiestas, los sirvientes colocaban un cono de grasa perfumada en la cabeza de cada invitado. La grasa tenía un efecto refrescante cuando se derretía y corría por la cara de cada invitado. Todo el mundo, independientemente de la edad o género, llevaba maquillaje (Chaudhri, y Jain, 2009).

Las chicas jóvenes solían llevar el pelo en coletas, mientras que los chicos llevaban la cabeza afeitada con un mechón trenzado a un lado. Para preservar el cabello de los efectos del sol, se trató con una crema hidratante en forma de cosmético (Chaudhri, y Jain, 2009).

El aliento se refrescaba masticando bolitas de hojas de tamarisco molidas. No hay evidencia de cepillos de dientes o pasta de dientes. El mal aliento y el mal olor corporal eran motivo de vergüenza. Los olores hermosos eran esenciales para la creencia egipcia de que "la limpieza es la piedad" (Chaudhri, y Jain, 2009).

Los egipcios habían aprendido el arte de destilar aceites esenciales hace miles de años. La ciencia egipcia de la perfumería se fue erosionando a lo largo de los siglos "hasta su ruptura definitiva en la Edad Media". El olor era incomprensiblemente fundamental en la sociedad egipcia y la perfumería comenzó como un arte secreto en Egipto que se perfeccionó hacia el 2500 a.C. La función de la perfumería era lograr la perfección espiritual, más que la física, perfeccionando los aspectos físicos, emocionales y mentales de la existencia humana. Los perfumes hacen que el cuerpo funcione perfectamente. La más famosa fragancia egipcia fue kyphi, que significa "bienvenida a los dioses". Se decía que inducía estados hipnóticos (Chaudhri, y Jain, 2009).

Se han encontrado pocas evidencias del uso de cosméticos en China alrededor del año 3000 a.C. Los chinos empezaron a mancharse las uñas con goma arábiga, gelatina, cera de abeja y huevo. Los colores utilizados representaban la clase social. La realeza de la dinastía Chou vestía de oro y plata, y la realeza posterior, de negro o rojo (Chaudhri, y Jain, 2009).

Los cosméticos se utilizaban en Persia y en lo que hoy es Oriente Medio desde la antigüedad. Después de que las tribus árabes se convirtieran al Islam y conquistaran esas zonas, en algunas áreas los cosméticos estaban restringidos sólo si se trataba de disfrazar el aspecto real para con el fin de engañar o provocar un deseo incontrolado. Todas las ramas del Islam establecieron una serie de reglas generales relacionadas con la pureza y la limpieza, ya sea en su forma física o espiritual (Chaudhri, y Jain, 2009).

La henna se utiliza en la India desde el siglo IV o V aproximadamente. Se utiliza como tinte para el pelo o en el arte del mehndi, en el que se pintan complejos diseños en las manos y los pies, especialmente antes de una boda hindú. La henna también se utiliza en algunas culturas del norte de África. Los diseños de henna africanos suelen ser más atrevidos y los indios más complejos. Las mujeres de la India tampoco usaban jabón, sino que utilizaban una crema germicida de cúrcuma y un tratamiento compuesto por harina de grano o cáscara de trigo mezclada con leche.

La cáscara de trigo elimina el tejido celular muerto (Chaudhri, y Jain, 2009). El uso del kohl o kajal tiene una larga historia en la cultura hindú. El uso de preparados tradicionales de kohl en niños y adultos se consideraba que tenía beneficios para la salud, aunque en Estados Unidos se ha relacionado con el envenenamiento por plomo y está prohibido (Chaudhri, y Jain, 2009).

En Japón, el lápiz de labios hecho de pétalos de cártamo triturados se utilizaba para pintar las cejas y los bordes de los ojos y los labios, mientras que el polvo de arroz se utilizaba para colorear la cara y la espalda. A veces también se utilizaban excrementos de pájaros para conseguir un color más claro. Incluso hoy, el blanqueamiento de la piel sigue representando el ideal de belleza (Chaudhri, y Jain, 2009).

En la Edad Media, las clases bajas tenían que trabajar al aire libre en labores agrícolas. La piel típicamente europea de color claro se oscurecía por la exposición al sol. Cuanta más alta era una persona, más tiempo de ocio tenía que pasar en el interior, lo que mantenía la piel pálida. Así, la clase más alta de la sociedad europea, que podían pasar todo su tiempo protegidos del sol, solían tener la piel más clara. En consecuencia, los hombres y mujeres europeos a menudo intentaban aclarar su piel directamente o utilizaban polvos blancos en su piel para parecer más aristocrática (Chaudhri, y Jain, 2009).

### **Cosméticos faciales con color**

Los cosméticos faciales con color están diseñados para añadir color, difuminar los defectos de pigmentación y satisfacer las necesidades de moda del individuo. Los productos que encajan en esta categoría incluye principalmente las bases faciales, pero también los polvos faciales y coloretes. La formulación y la eficacia de los cosméticos faciales con color se basan firmemente en la ciencia de la química cosmética y la fisiología de la piel. Los cosméticos de color se valoran por su capacidad de mejorar la apariencia y por los aspectos intangibles de bienestar que su uso proporciona (Draelos, 2000).

Muchas mujeres se aplican un polvo facial después de la aplicación de una base de maquillaje. Los polvos faciales son un valioso cosmético que proporciona cobertura a las imperfecciones del cutis, control de la grasa, un acabado mate y una mayor suavidad al tacto de la piel. Originalmente, los polvos faciales se aplicaban sobre una crema hidratante para funcionar como un tipo de base de maquillaje en polvo. Las bases de maquillaje líquidas han sustituido en gran medida, pero para las personas que desean una cobertura pura con un excelente control de la grasa, la base de maquillaje en polvo es excelente (Draelos, 2000).

### **Polvos faciales**

Como producto de cuidado cosmético, el polvo facial apareció en el antiguo Egipto cuando la reina Cleopatra se aplicaba polvos antes de maquillarse. La piel blanca era el signo de un estatus elevado en la sociedad, ya que las mujeres ricas no tenían que trabajar al aire libre bajo la intensa luz del sol y su rostro nunca se bronceaba. Cuando se bronceaban por cualquier motivo, los egipcios ocultaban el bronceado bajo las capas de polvo (Mohiuddin, 2019).

Las mujeres y los hombres japoneses solían utilizar el polvo facial hecho de harina de arroz, mientras que en Europa dicha harina apareció un poco más tarde, en el siglo XVI, cuando el arroz se comercializó en algunos de los países europeos, incluidos los principales núcleos de la moda y la vida noble, como Francia, España e Inglaterra. El polvo hecho de arroz molido se utiliza para aplicar sobre la piel de la cara y las pelucas que se hacían más masivas (Mohiuddin, 2019).

### **Uso funcional del polvo facial**

Se han establecido nuevos usos para los "polveros faciales", como la corrección de la coloración elevada cuando hay demasiado rojo o demasiado amarillo en el caso de las tez cetrina (piel amarilla). La frontera entre lo que constituye un polvo facial y una base de

maquillaje se ha desvanecido mucho con el desarrollo de productos de doble función. La función principal de los primeros polvos faciales era cubrir visualmente la piel, de modo que se redujeron los brillos y se ocultan las imperfecciones. Las principales usos funcionales son:

- Su función principal es la de complementar el color de la piel impartiendo un acabado similar al del terciopelo.
- Es lo suficientemente opaco como para disimular pequeñas imperfecciones, pero no debe impartir un efecto de máscara.
- Sea cual sea el acabado, debe poseer unas propiedades de duración razonables para evitar la necesidad de repintar, es decir, debe adherirse a la piel.
- Debe ser razonablemente resistente a las secreciones mixtas de la piel.  
(Mohiuddin, 2019).

### Formulación

Los polvos de cobertura total contienen predominantemente talco, conocido como silicato de magnesio hidratado, y mayores cantidades de pigmentos de cobertura. Los pigmentos de cobertura utilizados en los polvos faciales se enumeran a continuación (Draelos, 2000).

Ingredientes para la capacidad de cobertura del polvo facial.

---

Dióxido de titanio

Caolín

Carbonato de magnesio

Estearato de magnesio

Estearato de zinc

Tiza preparada

Óxido de zinc

Almidón de arroz

Tiza precipitada

Talco

---

\* En orden de opacidad creciente. **Fuente:** Draelos, 2000.



En general, se acepta que la opacidad óptima se consigue con un tamaño de partícula de 0,25  $\mu\text{m}$  (picómetro). El carbonato de magnesio también puede utilizarse para mejorar el secado del aceite, para mantener el polvo esponjoso y para absorber cualquier perfume añadido.

El caolín (silicato de aluminio hidratado) también puede servir para absorber la grasa y la transpiración. Los polvos faciales de cobertura total suelen presentarse en un envase compacto y se aplican sobre el rostro con una brocha (Draelos, 2000).

### Ejemplo de formulación

<b>FORMULACIÓN</b>		
	<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
<b>Parte A</b>	Ácido esteárico	1.35
	Monoestearato de propilenglicol	3.95
	Lanolina	1.05
	Aceite mineral 80-90	12.2
	Propil p-hidroxibenzoato	0.05
	<b>Parte B</b>	Agua
	Trietanolamina	0.2
	Propilenglicol	5.3
	carboximetilcelulosa	0.25
	Metasilicato de aluminio de magnesio	1.1
	Metil p-hidroxibezoato	0.1
<b>Parte C</b>	Dióxido de titanio	8.3
	Caolin coloidal	5.1

	Lauril sulfato de sodio	0.8
	Talco	0.35
	Óxido de hierro	0.45
<b>Perfume</b>		csp

**Fuente:** Mohiuddin, 2019.

Debido a que dentro de las formulaciones de polvo compactos es común encontrar talco, pigmentos, dióxido de titanio, entre otros componentes obtenidos de la naturaleza, que pueden tener plomo, es que en este estudio se prioriza la búsqueda de plomo como contaminante.

### **Límites de plomo como impureza en cosméticos**

- **Internacional**

El límite fijado por (FDA; Food & Drug Administration, 2016) es de 10 ppm de plomo en productos cosméticos. FDA explica que la razón de establecer este límite está basado en que 10 ppm de plomo después de ser ingerido no representa un riesgo para la salud ya que no se puede medir en un análisis de sangre de rutina. (FDA; Food & Drug Administration, 2018).

- **Nacional**

En la resolución No. 231-2008 (COMIECO-L), según el acuerdo ministerial 0585-2008 aprueba el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.01.35:06 "Productos Cosméticos. Registro e Inscripción Sanitaria de Productos Cosméticos" establece que el plomo figura en el numeral 289 en la lista de sustancias que no debería contener un cosmético.

### **Plomo**

El plomo (del latín plumbum) se denomina con el símbolo Pb, es un metal gris, blando y maleable, presente de forma natural en la corteza terrestre. Es un catión divalente que se une fuertemente a los grupos sulfhidrilo de las proteínas (Azcona, Ramírez y Flores, 2015).

El plomo, un metal natural, se encuentra en abundancia en toda la Tierra. Se ha utilizado en una gran variedad de productos, como la gasolina, la pintura, las tuberías de fontanería, la cerámica, las soldaduras, las baterías e incluso los cosméticos (NIH, 2020).

### **Características físico-químicas del plomo**

El plomo con símbolo Pb, es un elemento que químicamente se considera un metal pesado y se ubica en la tabla periódica en el periodo 6 y grupo IV A, con el número atómico 82, de peso atómico de 207,2, con punto de ebullición de 1725 °C, punto de fusión 327,4 °C y su densidad de 11,4 g/mL. Se funde con facilidad a elevadas temperaturas, se encuentra de forma natural en estado sólido y no es biodegradable.<sup>1</sup> Sus características físicas podemos citar que es de color gris plateado, no tiene capacidad elástica, tiene una excelente maleabilidad, muy resistente a la corrosión, forma con facilidad aleaciones, dúctil, baja conductividad, bajo punto de fusión que han favorecido su uso desde épocas antiguas, en múltiples aplicaciones de las actividades del hombre (Rodríguez et al., 2016).

### **Mecanismo de acción**

Los mecanismos moleculares de toxicidad no están claramente definidos. Se sabe que tiene afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial enzimas dependientes de cinc como la D-aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y ferroquelatasa; teniendo como consecuencia el incremento de protoporfirinas como la cinc-protoporfirina y anemia. Se ha sugerido la influencia del plomo en los flujos y eventos regulados por calcio; estimulando la calmodulina y cAMP fosfodiesterasa, mejorando la fosforilación de proteínas mediadas por calmodulina en vesículas sinápticas e interfiriendo con el metabolismo del calcio.

Otro mecanismo potencial es la capacidad para inducir el estrés oxidativo; que implica la generación de especies reactivas de oxígeno o de nitrógeno, una disminución directa de las reservas de antioxidantes y la disminución de las concentraciones de glutatión. El plomo inhibe la deshidrogenasa del ácido  $\delta$ -aminolevulínico que resulta en el aumento en las concentraciones del ácido  $\delta$ -aminolevulínico, incrementando la producción de especies reactivas de oxígeno; además, el plomo induce un aumento en la lipoperoxidación mediante la unión a la fosfatidilcolina en la membrana celular. Estos mecanismos han sido propuestos a partir de varios modelos de estudio que han reportado ampliamente los daños generados por la exposición al plomo en ratas, ratones y líneas celulares; en análisis de poblaciones susceptibles como el incremento de la presión arterial durante el embarazo, estudios de cohorte en mujeres adultas y en ensayos relacionados con los efectos de la intoxicación por

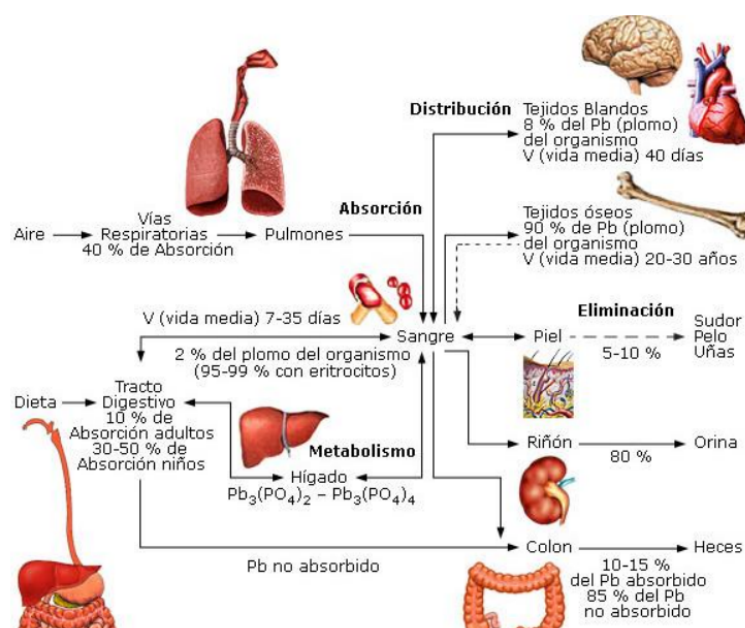
plomo sobre la inteligencia y las habilidades neuroconductuales en niños y adultos (Azcona et al., 2015).

### Toxicocinética

La exposición al plomo puede afectar adversamente a los sistemas nervioso, inmunológico, reproductivo y cardiovascular. La absorción depende de tránsito gastrointestinal, estado nutricional y edad; se produce principalmente por medio de los sistemas respiratorio y gastrointestinal; es mayor si hay deficiencias de hierro o calcio, en dietas ricas en grasas y durante la infancia (cuando es de 40 a 50%, mientras que en la edad adulta es de 10%). Luego de la absorción 99% se retiene en la sangre entre 30 y 35 días; durante las siguientes 4 a 6 semanas se dispersa a otros sitios como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central. Después de 1 a 2 meses se difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. La vida media del plomo en el tejido cerebral es de aproximadamente 2 años y en los huesos persiste durante 20 a 30 años, de donde puede movilizarse en situaciones como embarazo, hipertiroidismo y edad avanzada.

Se ha reportado que cruza la placenta y la barrera hematoencefálica, por lo que se considera que daña la función neurocognitiva en bebés y niños pequeños generando problemas de conducta, disminución del coeficiente intelectual y del aprendizaje. Finalmente, el plomo que se incorpora al organismo se excreta por orina (90%) y en menor cantidad en bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna (Azcona et al., 2015).

### Esquema No. 1. Toxicocinética de plomo en el organismo humano.



Fuente: Rodríguez et al., 2016.

El plomo inorgánico solo puede acceder por la vía respiratoria y digestiva y no puede ser metabolizado por el organismo, mientras que el plomo orgánico puede penetrar por la vía respiratoria, digestiva y dérmica o cutánea.

Por la piel la entrada del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico pasa a través de los folículos pilosos, glándulas sebáceas y sudoríparas directo al torrente sanguíneo. El plomo que se absorbe por vía respiratoria es cercano al 40 % depositado en los pulmones, se encuentra en sangre circulando alrededor de 50 h, pasándose un porcentaje a tejidos, o es eliminado, aunque cierta cantidad de absorción puede llevarse a cabo en las vías aéreas superiores, la porción más relevante tiene lugar en las vías respiratorias inferiores, a nivel de alvéolo, a través de la circulación pulmonar. El grado de absorción de esta vía depende de la concentración ambiental, del tiempo de exposición, de la forma física de la porción de polvo o tamaño de la partícula respirable, es por lo general inferior a 5  $\mu\text{m}$ , y de factores personales como la edad, la frecuencia y volumen respiratorio (Rodríguez et al., 2016).

### **Absorción del plomo**

La absorción del plomo depende del estado de salud, nutrición y edad de la persona. Los adultos generalmente absorben 20% del plomo que ingieren y casi todo ese plomo es inhalado. La mayor parte del plomo que ingresa al cuerpo es excretado por la orina o a través de la bilis por las heces. La forma más común de plomo, la inorgánica, no es metabolizada en el hígado; mientras tanto, el plomo orgánico ingerido (presente en aditivos de la gasolina) se absorbe casi en su totalidad y es metabolizado en el hígado. El plomo en la gasolina puede ingresar a través de la piel. La extracción del plomo del subsuelo (minas) y las emisiones de las fundiciones afectan tanto a niños como a adultos. La ingestión de polvo contaminado o de alimentos, agua o alcohol contaminados es la forma más común de ingreso del plomo al organismo. Los niños absorben una proporción mayor que los adultos. La inhalación es la vía de ingreso más común en personas que utilizan este metal en sus ocupaciones (Poma, 2008).

El plomo que no es excretado permanece en el cuerpo por periodos prolongados y se intercambia entre 3 compartimentos -sangre, huesos y dientes- que contienen casi la totalidad del plomo, y en otros tejidos, como el hígado, riñones, pulmones, cerebro, bazo, músculos y corazón. El plomo almacenado en los huesos y dientes puede volver a entrar a la circulación durante periodos de deficiencia de calcio, como el embarazo, lactancia y osteoporosis (Poma, 2008).

En EE UU, desde 1991, se recomienda que niños con un nivel de diez microgramos por decilitro (10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) de plomo en sangre requieren acción inmediata (CDC, *Center for Disease Control and Prevention*, Atlanta, GA). Se indica que todos los niños que viven en zonas reconocidas como de riesgo alto de intoxicación tengan pruebas de sangre y que sus niveles se mantengan bajo 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , porque varios estudios han demostrado alteraciones neurológicas y de conducta, aún a niveles más bajos que 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . En lugares de trabajo, el límite permisible promedio de plomo es 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por la jornada de 8 horas (OSHA, *Occupational Safety Health Administration, Department of Labor*, Washington, DC). Pero, OSHA requiere pruebas de plomo en sangre para trabajadores expuestos a concentraciones de  $\geq 30$   $\mu\text{g}/\text{dL}$  en el aire por más de 30 días al año. Si el nivel sanguíneo es  $> 40$   $\mu\text{g}/\text{dL}$ , la compañía debe notificar al empleado por escrito ofreciéndole una evaluación médica. Si el nivel sanguíneo llega a 60  $\mu\text{g}/\text{dL}$  o resulta en un promedio de  $\geq 50$   $\mu\text{g}/\text{dL}$  en  $\geq 3$  pruebas, la compañía debe realizarlo de esa exposición excesiva, manteniendo su sueldo y tiempo de servicio hasta un nivel  $< 40$   $\mu\text{g}/\text{dL}$ .

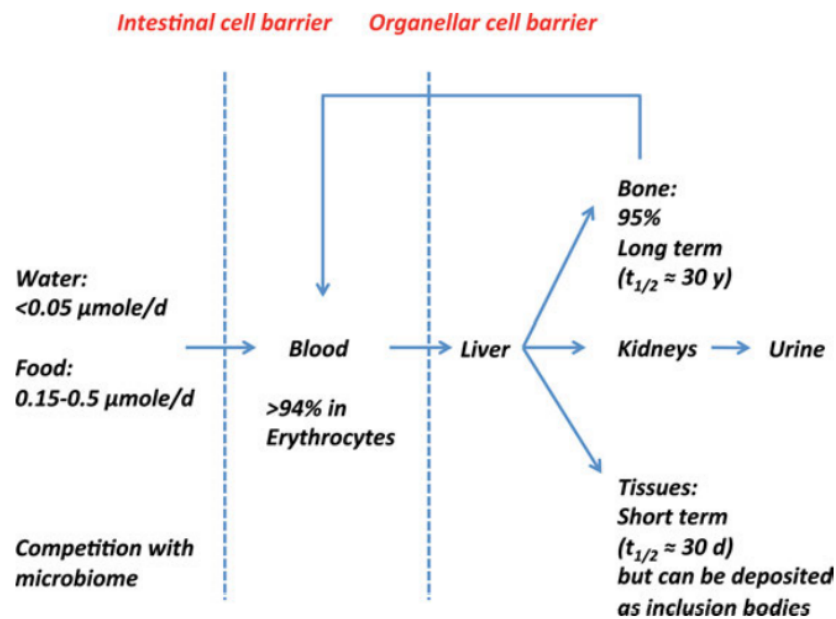
### **Distribución del plomo en el cuerpo**

Para el metabolismo del plomo, es característico que la vida media en los tejidos blandos sea de aproximadamente un mes y que el plomo se acumule en los huesos con una vida media muy larga de unos 30 años. Este recambio es muy diferente al del cadmio, que se acumula con el tiempo en órganos como el hígado. El plomo se excreta predominantemente por las heces. El BLL es una medida de la exposición aguda al plomo. Las concentraciones de plomo en la sangre son, por término medio, más elevadas que las de elementos esenciales como el manganeso, el cobalto y el molibdeno, y la cantidad total de plomo en el cuerpo humano es incluso mayor que la de cobre (Maret, 2017).

El nivel de plomo en los huesos es una medida de la exposición crónica y del historial de exposición. Alrededor del 90 % del plomo se almacena en el hueso, donde se incorpora a la hidroxiapatita con una estabilidad muy elevada. Los sujetos de control tienen niveles de plomo en los huesos de unos 10  $\mu\text{g}/\text{g}$ , mientras que los sujetos expuestos profesionalmente al plomo como trabajadores de fundiciones tienen concentraciones medias de plomo de unos 106  $\mu\text{g}/\text{g}$  en los huesos de los dedos, lo que es tan alto como la concentración de zinc (53-190  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) en el hueso. El plomo puede movilizarse desde el hueso en las numerosas condiciones que provocan la resorción ósea bajo el control de las hormonas que regulan el metabolismo del calcio. La liberación de plomo del hueso es importante durante la lactancia y el envejecimiento, y en condiciones patológicas como la osteoporosis. Dependiendo del tamaño de las partículas, la absorción en los pulmones puede llevar el plomo directamente a la sangre y al corazón. Los compuestos orgánicos como el TEL se absorben a través de la

piel. La absorción intestinal de plomo es mayor durante los períodos de ayuno. Se han notificado interacciones tanto sinérgicas como antagónicas con el arsénico y el cadmio. Hay efectos específicos de la edad, por ejemplo, los jóvenes y los jóvenes y los ancianos son más vulnerables a la intoxicación por plomo, y hay efectos de género (Maret, 2017).

**Esquema No. 2** Metabolismo sistémico del plomo.



El esquema muestra la distribución del plomo después de la captación intestinal en los seres humanos (no se muestra la captación a través del pulmón, la circulación enterohepática con la bilis y la principal vía de excreción a través de las heces) (Maret, 2017).

## Toxicidad del plomo

### Signos y síntomas de intoxicación por plomo

Los efectos de la intoxicación por plomo incluyen principalmente los sistemas nervioso y hematopoyético y renal. También se describen patologías en el corazón, el esqueleto (huesos), el intestino y el aparato reproductor. En un 70% de los pacientes, se puede detectar una línea azul Burton(ian) en las encías. Se debe al sulfuro de plomo formado a partir del sulfuro producido por la flora bucal (Maret, 2017).

### Intoxicación aguda

Sucede por la exposición al plomo en grandes cantidades por breves periodos de tiempo. Las formas organometálicas del plomo presentan mayor toxicidad aguda que los

compuestos inorgánicos. Tras la ingestión de plomo son frecuentes los síntomas gastrointestinales (Rodríguez & Mayero, 2000)

Los síntomas de la intoxicación aguda incluyen dolor abdominal, confusión, dolor de cabeza (Maret, 2017).

Una dosis oral de 450 mg Pb / kg es equivalente a un trabajador de 70 kg expuesto a 21,0 mg Pb / m<sup>3</sup> durante 30 minutos, suponiendo una frecuencia respiratoria de 50 litros por minuto y una absorción del 100%. (National Institute for Occupational Safety and Health, 2014)

### **Intoxicación crónica**

Producto de la exposición a largo plazo a bajos niveles del metal, es de mayor interés que los efectos agudos. El plomo al igual que el metilmercurio, y los compuestos orgánicos de estaño causan lentamente degeneración cerebral. Los años de exposición a los polvos de metal ocasionan fibrosis pulmonar conjuntamente con dificultades progresivas en respirar (Rodríguez, 2010).

En casos de intoxicación grave, convulsiones, coma y muerte. Otros signos clínicos de la intoxicación crónica por plomo son el cólico del plomo, la anemia, las tubulopatías renales y las neuropatías motoras (Maret, 2017).

**Tabla No. 1.** Principales consecuencias de la intoxicación aguda y crónica por Pb.

<b>Sistema</b>	<b>T. Aguda</b>	<b>T. Crónica</b>
<b>Cardiopulmonar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hipertensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tos</li> <li>● Dificultad para respirar</li> <li>● Ortopnea</li> <li>● Dolores en el pecho</li> <li>● Hipertensión</li> </ul>
<b>Gastrointestinal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Náusea</li> <li>● Vómito</li> <li>● Anorexia</li> <li>● Dolor y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Náuseas, vómitos Anorexia</li> <li>● Dolor abdominal, y cólicos.</li> <li>● Estreñimiento</li> <li>● Alteraciones gastrointestinales</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constipación abdominal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• graves con abdomen retraído</li> </ul>
<b>Neurológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatiga</li> <li>• Irritabilidad</li> <li>• Letargia</li> <li>• Convulsiones</li> <li>• Ceguera</li> <li>• Sordera</li> <li>• Encefalopatía</li> <li>• Muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatiga Irritabilidad</li> <li>• Dolor de cabeza</li> <li>• Insomnio</li> <li>• Debilidad motora,</li> <li>• Encefalopatía</li> <li>• Neuropatía periférica, cognitiva retardada.</li> <li>• Pérdida de rendimiento y destreza</li> </ul>
<b>Reproductivo</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parto prematuro</li> <li>• Bajo peso al nacer</li> <li>• Aborto</li> <li>• Teratogenicidad</li> <li>• Esterilidad</li> <li>• Disminución de la fertilidad.</li> </ul>
<b>Renal</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibrosis intersticial progresiva</li> <li>• Azotemia</li> <li>• Insuficiencia renal</li> </ul>
<b>Hematológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anemia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anemia</li> <li>• Disminución de la hemoglobina</li> </ul>
<b>Músculo Esquelético</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espasmos clónicos</li> <li>• Parálisis</li> <li>• Temblor</li> <li>• Debilidad en las articulaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mialgia</li> <li>• Parálisis</li> <li>• Debilidad muscular</li> </ul>

Fuente: Álvarez, 2020

## **Efectos del Pb en el cuerpo**

### **Sistema Nervioso**

Los efectos del plomo en el sistema nervioso son uno de los rasgos distintivos de la intoxicación, no sólo en el sistema nervioso central, sino también en la unión neuromuscular con la manifestación del signo clínico de la caída de la muñeca y el tobillo. Se cree que el plomo atraviesa la barrera hematoencefálica como  $Pb(OH)^+$ . Además de las enfermedades psiquiátricas y la esquizofrenia, actualmente se cree que el plomo es un factor de neurodegeneración tanto en la enfermedad de Alzheimer como en la de Parkinson. Los mecanismos moleculares de los efectos tóxicos del plomo en el sistema nervioso son en gran medida desconocidos. La sustitución del plomo por el zinc en las proteínas de los dedos de zinc se ha discutido como un aspecto de su toxicología molecular (Maret, 2017).

En modelos animales, la exposición de embriones a 10 ppb de plomo provoca cambios en la expresión de genes implicados en el neurodesarrollo y asociados a la enfermedad de Alzheimer en el cerebro adulto. Al ser un aglutinante fuerte y que altera la geometría de la coordinación, se puede prever fácilmente que el plomo induce el mal plegamiento de las proteínas. Las proteínas mal plegadas sirven como semillas para una mayor agregación en la formación de depósitos amiloides. Junto con los efectos sobre la función cerebral y el comportamiento de los niños, la posible implicación en la neurodegeneración subraya la necesidad de revisar las directrices de exposición y de considerar medidas de prevención y control del plomo en el medio ambiente (Maret, 2017).

### **Riñones**

La exposición al plomo afecta a los túbulos proximales y puede provocar la fibrosis de las células de los capilares glomerulares e intersticiales. Una consecuencia directa puede ser la elevación de la presión arterial. Cabe destacar la observación de que la exposición al plomo afecta al sistema renina-angiotensina (Maret, 2017).

Además, en trabajadores expuestos al plomo con un BLL medio de 48  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , se observó una menor excreción urinaria de 6-ceto prostaglandina  $1\alpha$  (un vasodilatador) y una mayor excreción de tromboxano B2 (un vasoconstrictor) se observaron por encima de un umbral de BLL de 35  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . En los individuos de mediana y avanzada edad del Estudio de Envejecimiento Normativo, el declive de la función renal estaba asociado con los niveles de plomo en los huesos y el BLL en pacientes diabéticos e hipertensos, proporcionando más indicaciones sobre los riesgos para la salud asociados con la intoxicación por plomo (Maret, 2017).

### **Sistema Cardiovascular**

La exposición al plomo provoca hipertensión. Una revisión sistemática apoyó una relación causal entre la exposición al plomo y la presión arterial; sin embargo, la evidencia de un papel en los resultados cardiovasculares se consideró sugerente pero insuficiente para sugerir causalidad hace unos diez años (Maret, 2017).

### **Sistema Inmune**

Tanto las funciones inmunitarias humorales como las celulares se ven afectadas en la intoxicación por plomo. El amplio papel que desempeña el zinc en el sistema inmunitario ofrece un aspecto mecánico de cómo el plomo podría interferir en las funciones dependientes del zinc (Maret, 2017).

### **Sistema Reproductivo**

La intoxicación por plomo tiene un efecto negativo en la espermatogénesis y, por tanto, la carga de plomo se asocia a la infertilidad masculina. En las mujeres, la transferencia placentaria de plomo y la transferencia de plomo a la leche durante la lactancia suponen riesgos para el embrión en desarrollo y para el niño amamantado (Maret, 2017).

### **Fuentes de contaminación**

- **Polvo de pintura vieja.**

A pesar de la prohibición, todavía se encuentra pintura con plomo en casas y edificios antiguos. Esta pintura puede desprenderse y convertirse en polvo. El polvo de plomo es la forma más común de exposición al plomo en los Estados Unidos (NIH, 2020).

- **Suelo contaminado.**

La pintura vieja a base de plomo que se desprende del exterior de los edificios puede mezclarse con la tierra. Antes de que se eliminara el plomo de la gasolina, el plomo de los gases de escape de los coches se mezclaba con el suelo cerca de las carreteras, y todavía está ahí. Además, el plomo de los humos de la fundición de metales, la fabricación de baterías y algunas fábricas se transmite por el aire y se mezcla con el suelo (NIH, 2020).

- **Agua potable contaminada.**

El agua de los lagos, ríos o pozos no es una fuente común de plomo. La contaminación por plomo en el agua potable suele proceder de líneas de distribución o de fontanería que filtran plomo. La única manera de saber si hay plomo en el agua potable es hacer un análisis del agua (NIH, 2020).

**Tabla No. 2.** Principales fuentes de exposición al plomo de acuerdo a la OMS (2010)

<b>Procesos industriales</b>	<b>Tabaquismo/alimentación</b>	<b>Agua potable</b>	<b>Fuentes domésticas</b>
Baterías plomo-ácido, materiales de plomería, cables de revestimiento, pinturas, esmaltes y municiones, gasolina y sus aditivos, exposición ocupacional	Fumadores activos Alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados (como minas o fundiciones)	Sistemas de plomería que contienen tuberías de plomo, soldaduras, accesorios o agua que ha estado en contacto con el plomo durante un período prolongado	Juguetes, medicinas tradicionales, cosméticos, pintura de las paredes de casas antiguas y polvo

Fuente: OMS, 2010

### **Niveles de plomo aceptables**

La media de BLL encontrados (niveles de plomo en sangre) es de 1,6 µg/dL para los adultos y de 1,9 µg/dL para los niños en la población estadounidense. En 2012, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) redujeron los niveles preocupantes de plomo en sangre de 10 µg/dL a  $\geq 5$  µg/dL para los niños de 1 a 5 años, con el fin de identificar a los niños y los entornos con riesgos de exposición al plomo, ya que la cognición y el comportamiento se ven afectados negativamente incluso con los BLL previamente aceptados. Los CDC también estipularon que las recomendaciones deberían actualizarse cada cuatro años. Resulta significativo que los efectos del plomo sobre los déficits

cognitivos no sean lineales, con una mayor pérdida de coeficiente intelectual a bajas exposiciones. La Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) concluye que no hay límite de exposición seguro, es decir, no existe una DDR (dosis de referencia), y tampoco la dosis oral máxima aceptable de una sustancia tóxica, para el plomo (Maret, 2017).

### **Métodos de análisis**

**A continuación se mencionan dos formas de preparación de muestras previo a utilizar un método de detección:**

- Lixiviación
- Digestión

### **Métodos de detección recomendados**

1. Fluorescencia de rayos X (XRF); -
2. Espectrometría de absorción atómica (AAS)
3. Espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)
4. Espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES);
5. Espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)

### **Espectrometría de Absorción Atómica (AAS)**

Consiste en que la solución de la muestra se aspira y se introduce en una flama, como en la espectrometría de emisión de flama; el elemento en la muestra se convierte en vapor atómico. De esta manera, la flama contiene átomos del elemento; algunos son excitados térmicamente por la temperatura de la flama. Estos átomos en estado fundamental pueden absorber radiación de determinada longitud de onda producida en una fuente especial que contenga ese mismo elemento. Las longitudes de onda de la radiación emitida por la fuente son las mismas que absorben los átomos en la flama (Álvarez, 2020)

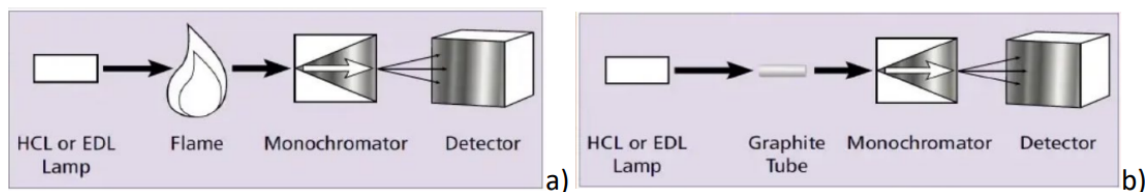
La absorción obedece a la Ley de Beer. Esto es, la absorbancia es directamente proporcional a la longitud de trayectoria en la flama y a la concentración de vapor atómico en ella. Ambas variables son difícil determinar pero se puede mantener constante la longitud de trayectoria y entonces la concentración del vapor atómico será directamente proporcional a la concentración del análisis que se aspira. Su principal desventaja es que para cada elemento requiere una fuente diferente. (Gary, 2009).

Los componentes básicos de un espectrómetro de Absorción Atómica de Llama y de Horno de Grafito son:

- **Fuente de energía radiante:** que emite en la longitud de onda del elemento de interés.
- **Sistema de atomización:** que suministre la energía calorífica necesaria para la disociación del analito y la formación de átomos libres.
- **Monocromador:** para aislar las radiaciones a la longitud de onda medida.
- **Detector** acoplado con un sistema de registro de los datos obtenidos.

La diferencia principal entre EAA de llama y EAA de horno de grafito se encuentra en la fase de atomización de la muestra. En el caso de Absorción Atómica de Llama este proceso se realiza en una llama, que utiliza como combustible la mezcla de los gases óxido de nitrógeno/acetileno o de aire/acetileno en función de la temperatura necesaria.

En la técnica de Absorción Atómica en Horno de Grafito la atomización se produce en un horno que consiste en un tubo de grafito y el calentamiento se produce por una corriente eléctrica (Martínez, 2020).



A) Esquema simplificado del funcionamiento de un sistema de absorción atómica de llama

B) Esquema simplificado del funcionamiento de absorción atómica en horno de grafito. (Martínez, 2020).

**Tabla No. 3.** Las principales diferencias entre absorción atómica de llama y absorción atómica en horno de grafito.

Absorción Atómica de Llama	Absorción Atómica en Horno de Grafito
Método más rápido y sencillo	Método más lento y automatizado
Mayor cantidad de muestra (mL)	Menor cantidad de muestra ( $\mu\text{L}$ )

<p>La atomización de la muestra se produce en una llama. El calentamiento se produce en la llama de aire/acetileno o aire /óxido de nitrógeno</p>	<p>La atomización de la muestra se produce en un tubo de grafito. El calentamiento se produce en el tubo de grafito por el paso de una corriente eléctrica a través del horno</p>
<p>Los átomos generados que se encuentran en la llama son constantes una vez alcanzado el equilibrio</p>	<p>Los átomos se forman por una sola vez y en corto periodo de tiempo</p>
<p>Los gases que se producen en la combustión arrastran los átomos producidos en la misma por lo que su estancia en el haz de radiación es muy corta</p>	<p>Se puede suprimir el paso de gas, por lo que los átomos formados permanecen más tiempo en el haz</p>
<p>Los elementos que llegan al quemador no son convertidos eficientemente en átomos debido a que el tiempo del proceso es muy corto en la llama</p>	<p>El tiempo de transferencia de energía térmica a la muestra es mayor lo que permite la formación de átomos de manera completa</p>
<p>Los rangos de detección son del orden de ppm (partes por millón)</p>	<p>Los rangos de detección son de órdenes de ppb (partes por billón), por lo tanto, mayor sensibilidad</p>
<p>Menores problemas de interferencia y contaminación en la medida</p>	<p>Mayores problemas de interferencia que requieren procedimiento de optimización para cada tipo de muestra para obtener resultados precisos</p>
<p>Se pueden determinar un número menor de elementos con esa técnica</p>	<p>Se pueden determinar la mayoría de elementos medibles por AA en amplia variedad de matrices</p>

---

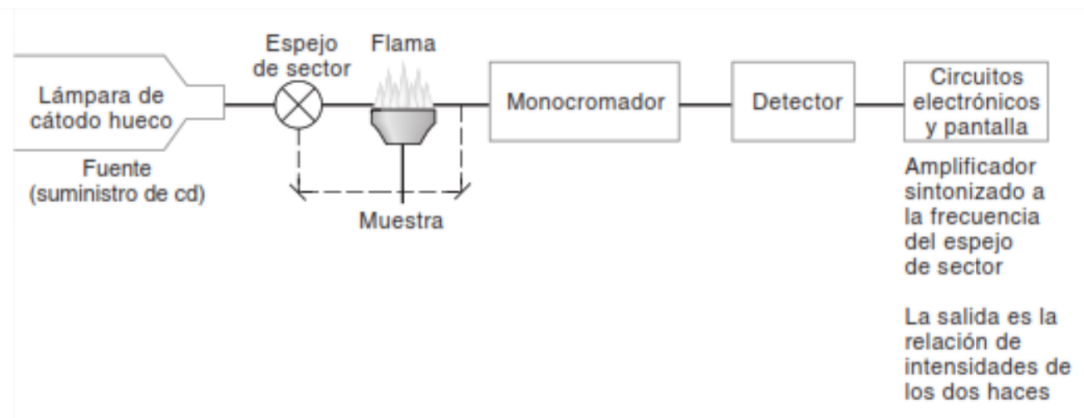
La señal de la absorbancia se genera de forma continua

La señal de la absorbancia se genera de forma discontinua. La señal de la absorbancia crece y cae en forma de pico. Para cuantificación se utiliza la altura del pico o el área integrada bajo el pico.

---

**Fuente:** Martínez, 2020

**Esquema No. 3.** Análisis por medio de Espectrofotetría de absorción atómica



Fuente: Álvarez, 2020



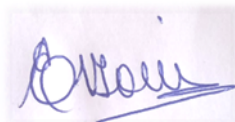


Br. Kevvin Alexander Tzib Jolomná



MSc. Carolina Guzman Quilo

**Asesora**



Ms. T Mayte Donis de Recinos Revisora

**Revisora**



M.A. Lucrecia Martínez de Haase

**Directora de Escuela**



Dr. Francisco Pérez Sabino

**Decano en funciones**

