



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Farmacia y Bioquímica**

**Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

**“Determinación de plomo y arsénico en polvos  
compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de  
Lima”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

**AUTOR**

Luis Alberto CHUCO SUTTA

Karina Yolanda YAPUCHURA CASAVILCA

**ASESOR**

José Antonio LLAHUILLA QUEA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

## Referencia bibliográfica

---

Chuco L., Yapuchura K. Determinación de plomo y arsénico en polvos compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2019.

---



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



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

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

**"Determinación de Plomo y Arsénico en Polvos Compactos de seis marcas  
expendidos en el Cercado de Lima"**

Que presentan los Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

**LUIS ALBERTO CHUCO SUTTA Y  
KARINA YOLANDA YAPUCHURA CASAVILCA**

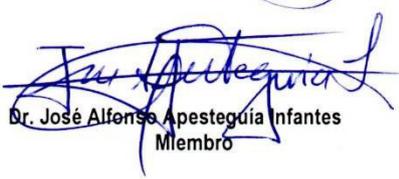
Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

*Dieciocho (18) Sobresaliente*

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

Lima, 13 de marzo de 2019

  
Q.F. Tox. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez  
Presidente

  
Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes  
Miembro

  
Mg. Bertran Santiago Trujillo  
Miembro

  
Q.F. Omar Hugo Santa María Chávez  
Miembro

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú  
Teléfonos: (511) 328-4737 / (511) 679-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 – Lima 1  
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



Dedicado a mis padres Doroteo Chuco y Anselma Sutta con mucho cariño para ellos por la formación que me dieron desde muy pequeño y por el apoyo incondicional, a toda mi familia, tíos y hermanos que siempre me empujaron a continuar con mi estudio, a pesar de todos los problemas que se me presentó.

El trabajo y esfuerzo de esta Tesis va dedicado a mis padres, Ana y Celso, pilares fundamentales en mi vida. A mis hermanos por ser ejemplo de perseverancia y tenacidad.

También dedico esta Tesis a mi novio, que fue mi compañero inseparable de cada jornada y a nuestro asesor de proyecto y tesis el doctor José Antonio Llahuilla Quea por brindarnos su conocimiento científico.

## **Agradecimiento**

Ante todo, primero nos gustaría dar un agradecimiento a Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado.

A nuestras familias, que creyeron en nosotros y nos apoyaron en todo momento, principalmente a los padres, ya que gracias a ellos podemos decir ahora meta cumplida en nuestra carrera profesional, gracias a los amigos que también aportaron con sus consejos.

Un agradecimiento enorme a nuestro asesor, el doctor José Antonio Llahuilla Quea por su confianza, orientación y apoyo prestado en todo momento, que nos permitió terminar exitosamente nuestro trabajo de investigación.

## Índice general

Resumen.....	1
I INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Objetivo General.....	5
1.2 Objetivo Especifico.....	5
1.3 Hipótesis.....	5
II GENERALIDADES.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Polvos compactos.....	7
2.2.1 Características principales de la piel.....	7
2.2.2 Historia del uso de los polvos compactos.....	9
2.2.3 Definición de polvo compacto.....	10
2.2.4 Propiedad de los polvos compactos.....	10
2.2.5 Componentes de los polvos compactos.....	11
2.2.6 Proceso de formulación de los polvos compactos.....	12
2.3 PLOMO.....	16
2.3.1 Características físico química.....	16
2.3.2 Límite de exposición.....	17
2.3.3 Fuentes de contaminación.....	19
2.3.4 Toxicocinética.....	19
2.3.5 Toxicodinamia.....	22
2.3.6 Aspectos Tóxicos.....	24
2.4 ARSÉNICO.....	27
2.4.1 Características físico química.....	27
2.4.2 Límite de exposición.....	28
2.4.3 Fuentes de contaminación.....	29
2.4.4 Toxicocinética.....	31
2.4.5 Toxicodinamia.....	34
2.4.6 Aspectos Tóxicos.....	34
III. PARTE EXPERIMENTAL.....	37
3.1 Recolecta de muestras.....	37
3.2 Metodología.....	37
3.3 Reactivos, materiales y equipos.....	40

3.4 Preparación de las muestras .....	41
3.5 Determinación del plomo.....	42
3.5.1 Evaluación de la curva de calibración para el estándar .....	42
3.6 Determinación de arsénico .....	44
3.6.1 Evaluación de la curva de calibración para el estándar .....	44
IV. RESULTADOS .....	46
V. DISCUSIÓN .....	60
VI. CONCLUSIONES .....	64
VII.RECOMENDACIONES .....	65
VIII BIBLIOGRAFÍA .....	66
ANEXOS.....	75

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b>	Estructura de la piel: epidermis, dermis y subcutánea. ....	8
<b>Figura 2.</b>	Daños e imperfecciones en la piel producidas por diferentes factores. ....	9
<b>Figura 3.</b>	Esquema de proceso de elaboración de polvo compacto. ....	15
<b>Figura 4.</b>	Plomo en su forma mineral. ....	16
<b>Figura 5.</b>	Toxicocinética general de los compuestos y derivados de plomo. ....	21
<b>Figura 6.</b>	Acción del plomo en la formación del grupo Hem. ....	23
<b>Figura 7.</b>	Ribete de Burton. ....	25
<b>Figura 8.</b>	Arsénico en su forma mineral. ....	27
<b>Figura 9.</b>	Mecanismo de acción del arsénico en el organismo. ....	31
<b>Figura 10.</b>	Esquema de acción del arsénico en el organismo. ....	33
<b>Figura 11.</b>	Líneas de Meiss. ....	35
<b>Figura 12.</b>	Hiperqueratosis palmoplantar por exposición al arsénico. ....	36
<b>Figura 13.</b>	Esquema del funcionamiento de un espectrofotómetro	38
<b>Figura 14.</b>	Equipo ICE 3000 de Espectrofotometría por horno de grafito y generador de hidruros. ....	38
<b>Figura 15.</b>	Representación sistemática del acoplamiento del generador de hidruro	39
<b>Figura 16.</b>	Curva de calibración para el estándar de plomo. ....	43
<b>Figura 17.</b>	Curva de calibración para el estándar de arsénico. ....	45
<b>Figura 18.</b>	Valor de plomo de las muestras de polvos compactos analizados vs valores recomendados por la FDA	47
<b>Figura 19.</b>	Concentración de plomo en la marca E. ....	47
<b>Figura 20.</b>	Concentración de plomo en la marca C. ....	47
<b>Figura 21.</b>	Concentración de plomo en la marca V	48
<b>Figura 22.</b>	Concentración de plomo en la marca A	48
<b>Figura 23.</b>	Concentración de plomo en la marca M. ....	49
<b>Figura 24.</b>	Concentración de plomo en la marca AF. ....	49

<b>Figura 25.</b> Valores estadísticos indicando la zona crítica.....	51
<b>Figura 26.</b> Diferencia de medias entre las muestras de plomo .....	52
<b>Figura 27.</b> Valores de arsénico de las muestras de polvos compactos analizadas vs valores recomendados por la FDA .....	54
<b>Figura 28.</b> Concentración de arsénico en la marca E .....	54
<b>Figura 29.</b> Concentración de arsénico en la marca C .....	54
<b>Figura 30.</b> Concentración de arsénico en la marca V .....	55
<b>Figura 31.</b> Concentración de arsénico en la marca A. ....	55
<b>Figura 32.</b> Concentración de arsénico en la marca M .....	56
<b>Figura 33.</b> Concentración de arsénico en la marca AF .....	56
<b>Figura 34.</b> Valores estadísticos indicando la zona crítica.....	58
<b>Figura 35.</b> Diferencia de medias entre las muestras de arsénico.....	59

## Índice para Tablas

<b>Tabla 1.</b>	FORMULACIÓN 1 .....	13
<b>Tabla 2.</b>	FORMULACIÓN 2 .....	13
<b>Tabla 3.</b>	Norma y regulación para el plomo. ....	18
<b>Tabla 4.</b>	Formas de plomo encontrado en la naturaleza. ....	19
<b>Tabla 5.</b>	Signos y síntomas por el exceso de exposición de plomo.....	24
<b>Tabla 6.</b>	Dosaje de los antidotos más empleados en una intoxicación por plomo. ....	26
<b>Tabla 7.</b>	Límites de exposición del arsénico .....	29
<b>Tabla 8.</b>	Fuentes de exposición del arsénico. ....	30
<b>Tabla 9.</b>	Cuadro comparativo del estándar de plomo.....	43
<b>Tabla 10.</b>	Cuadro comparativo del estándar de arsénico.....	45
<b>Tabla 11.</b>	Datos obtenidos del plomo en las 24 muestras de polvos compactos.....	46
<b>Tabla 12.</b>	Resultado estadístico de ANOVA para plomo agrupados por marca. ....	50
<b>Tabla 13.</b>	Resultado del T-Student para muestras analizadas de plomo con la FDA.. ....	52
<b>Tabla 14.</b>	Datos obtenidos del arsénico para las 24 muestras de polvos compactos.....	53
<b>Tabla 15.</b>	Resultado estadístico de ANOVA para plomo agrupados por marca. ....	57
<b>Tabla 16.</b>	Resultado del T-Student para muestras analizadas de arsénico con la FDA. ....	59

## RESUMEN

El actual estudio de investigación se enfocó en determinar las cantidades de plomo y arsénico que contenían las 24 muestras de polvos compactos en estudio, para lo que se seleccionaron 6 marcas que se adquirieron en el distrito del Cercado de Lima.

Las concentraciones de plomo y arsénico se determinaron mediante la técnica espectrofotométrica, para el plomo se empleó el horno de grafito y para determinar el arsénico el equipo se acoplo con el generador de hidruros. La totalidad de las muestras se adquirieron en 4 tiendas del Cercado de Lima, C.C. Real Plaza, Galería Santa Catalina, Tienda La Virreyna y Galería El Progreso II. al realizar la comparación de las medias de ambos metales con los límites recomendados por la FDA, se obtuvo una diferencia significativamente dichos valores.

El resultado obtenido para las muestras con plomo dio una media de 6,293 ppm con concentraciones de 12,276 ppm y 2,795 ppm para el valor más alto y mínimo respectivamente, en el arsénico los resultados fueron de una media de 0,28ppm con concentraciones de 0,67ppm y 0,012 ppm para el valor más alto y bajo respectivamente. El 12,5 % de las muestras para el plomo sobrepasan los valores recomendados por FDA de menores a 10 ppm y ninguna muestra para arsénico supera los valores recomendados por la FDA que es menor de 3 ppm.

**Palabras Claves:** Polvos compactos, concentración de plomo, concentración de arsénico, espectrofotómetro de absorción atómica para generador de hidruros y horno de grafito.

## SUMMARY

The current research study focused on determining the quantities of lead and arsenic contained in the 24 samples of compact powder under study, for which six brands were selected that were acquired in the Lima Cercado district.

The concentrations of lead and arsenic were determined by spectrophotometric technique, for lead the graphite furnace was used and for the determination of arsenic the equipment was stored with the hydride generator. The totality of the samples were acquired in 4 stores of the Cercado of Lima, C.C. Real Plaza, Gallery Santa Catalina, Store the Virreyna and Gallery El Progreso II. When comparing the averages of both metals with the limits recommended by the FDA, we obtained a difference significantly these values.

The result obtained for the samples with lead gave an average of 6,293 ppm with concentrations of 12,276 ppm and 2,795 ppm to the highest valued and minimum, respectively, in arsenic the results were an average of 0,28 ppm with concentrations of 0,67 ppm and 0,012 ppm to the highest value and low respectively. 12,5% of the samples for lead exceeded the values recommended by the FDA of less than 10 ppm and no samples for arsenic exceeded the values recommended by the FDA that is less than 3 ppm.

**Key words:** compact powders, lead concentration, arsenic concentration, atomic absorption spectrophotometer for hydride generator and graphite furnace.

## I. INTRODUCCIÓN

Existen en el mercado de cosméticos en nuestro país, una amplia diversidad de marcas reconocidas en polvos compactos de uso masivo en la población adolescente y adulta, que hacen de gran importancia realizar estudios para determinar la concentración de sustancias dañinas y entre ellos podemos encontrar metales como por ejemplo plomo, arsénico, cadmio entre otros, que podrían de alguna manera ocasionar grandes daños en las persona, provocando muchas veces daños sistémicos en el organismo por el uso crónico de dichos productos. <sup>(1)</sup>

La aplicación directa del cosmético sobre la piel hace vulnerable a irritaciones o fotorreacciones, a pesar de la protección propia que posee la piel a contaminantes exógenos como los metales pesados entre ellos plomo, arsénico, cadmio, etc. <sup>(2,3)</sup>

Es por ello que en el presente trabajo se detalla información acerca de la toxicidad del plomo y arsénico en el organismo, formas de eliminación, y la metodología utilizada para la cuantificación de estos dos metales (plomo y arsénico) en muestras recogidas de manera aleatoria de polvos compactos faciales.

El estudio para determinar la cantidad o concentración de estos dos metales tanto para el plomo como para el arsénico se realizó en 6 diferentes marcas de polvos compactos de reconocido prestigio como de uso popular, utilizando para ello el método de “espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito para el plomo y el método de espectrofotometría de absorción atómica por generador de hidruros para las muestras de arsénico”.

Los órganos de control establecen la normatividad a fin de proteger al consumidor de sustancias tóxicas o nocivas, asegurar la calidad e inocuidad de materias primas en los procesos para la fabricación de los productos cosméticos. Cabe mencionar que, en el Perú los controles inspectivos de calidad al producto cosmético importado se reducen a su aspecto organoléptico y verificación de la notificación sanitaria obligatoria según la Decisión 516 para los países de la comunidad andina, prescindiendo del análisis fisicoquímico y microbiológico respectivo. <sup>(4,5)</sup>

En el año 2016 la FDA (Administración de Drogas y Alimentos), recomendó valores máximos de plomo de 10 partes por millón (ppm) y para arsénico 3 partes por millón (ppm).

### **1.1 Objetivo General**

- Determinar la cantidad de concentración en partes por millón de plomo y arsénico en los polvos compactos de seis marcas que se adquirieron en el Cercado de Lima.

### **1.2 Objetivo Especifico**

- Determinar la cantidad de concentración en partes por millón de plomo en muestras de polvo compacto mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno grafito.
- Determinar la cantidad de concentración en partes por millón de arsénico en muestras de polvo compacto mediante el método espectrofotométrico por generador de hidruros.
- Comparar la concentración encontrada de plomo y arsénico en las muestras analizadas con los límites máximos recomendados por FDA.
- Comparar la concentración encontrada de plomo y arsénico entre seis marcas de polvos compactos del Cercado de Lima.

### **1.3 Hipótesis**

Los polvos compactos de seis marcas examinadas que se adquirieron en el distrito de Cercado de Lima, contienen la presencia de plomo y arsénico que pondrían en peligro la salud de las personas.

## II. GENERALIDADES

### 2.1 Antecedentes

Se realizó un estudio para determinar los niveles de ciertos metales pesados en 98 muestras de quince clases de productos cosméticos de diferentes marcas (productos para el cuidado del cabello, cremas, barras de labios, cremas dentales y esmalte de uñas) recolectados en mercados locales en la gobernación de El-Behira, Egipto. Las muestras se analizaron para determinar las concentraciones de siete metales entre ellos el plomo dando como resultado valores medios de 2,88 ppm de plomo en champú, 4,65 ppm de plomo en gel de cabello, y 7,84 ppm de plomo en cremas para iluminación de cabello y 31,77 ppm de plomo en lápiz labial <sup>(6)</sup>

En Pakistán, se realizó una prueba analítica para ocho metales en productos cosméticos para lo cual se empleó el método de Espectrofotometría de absorción atómica por llama. El resultado final de la investigación indica que las concentraciones de Fe, Zn, Pb, y Cu para cada muestra dentro de cada clase bajo investigación, eran más altas. También enfatiza que no se puede ignorar la naturaleza aparente de estos productos porque gran parte de países en vía de crecimiento y subdesarrollo confrontan problemas para fabricar buenos productos cosméticos. (Hussain, 2013) <sup>(7)</sup>

Se realizó a cabo una investigación para identificar el daño producido a la salud pública por parte de una exposición crónica de arsénico en la cual concluye que producen lesiones cutáneas. Vásquez (2013) indica: “lesiones graves a la piel como cancer cutáneo, daño a nivel respiratorio, a nivel cardio entre otros lo cual tiene relación a la exposición del metal en un tiempo prolongados”.

Se recomienda analizar productos de consumo humano como alimento y agua bebible principalmente las extraídas de pozo para descartar la presencia de arsénico estos datos servirán para dar mayor importancia a la hora prevenir la exposición a largo plazo de estos metales y sobre todo en niños que son más sensibles a diferencia de las personas adultas. <sup>(8)</sup>.

Delgado (2015). Se hizo un estudio para hallar la cantidad de plomo en los cosméticos, mediante pruebas de rutina para asegurarse que los productos comercializados en la ciudad de Tacna cumplan con el límite de plomo permitido. Concluyendo que el 27 % de las sombras de ojos analizadas, no cumplen con los valores propuestos por la ASEAN y PNUMA (10ppm de Pb). <sup>(9)</sup>

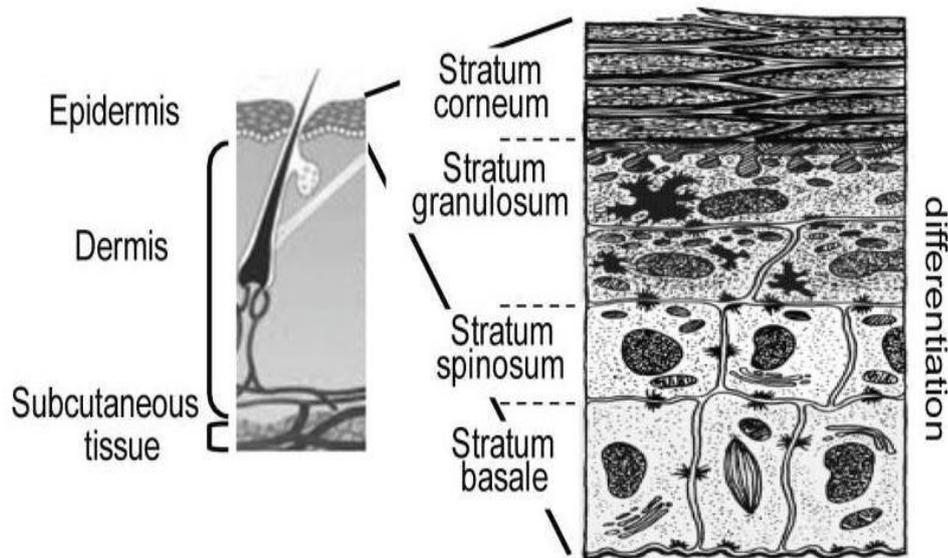
Determinaron la presencia de plomo en productos cosméticos como el lápiz labial comercializados en la ciudad de Lima, los resultados de la investigación fueron contrastados con los rangos permitidos para caramelos, concluyendo que el contenido de plomo, en muestras estudiadas, se encuentra por encima de valores permitidos. <sup>(10)</sup>

## **2.2 Polvos compactos**

### **2.2.1 Características principales de la piel**

La piel entre todos los órganos en una persona es el más extenso, que permite recubrir todo el cuerpo, formando una especie de barrera con el medio externo, evitando de esta forma la pérdida de líquidos en una persona y de su temperatura, además nos protege de la radiación UV, como también de la presencia y agresión de agentes tóxicos. Lapuente (2014). “la piel está constituida por una capa externa, denominada epidermis. Las células de este tejido desarrollan desde el interior hacia la periferia, transformándose en estrato

córneo, llenas de queratina, formando una película protectora limitando la permeabilidad de la piel". <sup>(11)</sup> Este proceso hace que las pérdidas de líquido hacia el exterior sean muy reducidas, sin embargo, van a dificultar la aplicación de productos cosméticos y preparados farmacéuticos sobre la piel, las células de la capa externa van a ser reemplazados con el tiempo por las células de capas anteriores, proceso de descamación. (Kanitakis,2002) <sup>(12)</sup>



**Figura 1.** Estructura de la piel: epidermis, dermis y subcutánea. <sup>(11)</sup>

La piel tiene varias funciones entre ellas está la protección, donde va a servir como una barrera a ciertos agentes del medio ambiente que podrían ocasionar alergias o daños a la piel como bacteria, sustancias químicas, incluso de la temperatura. Además de ello nuestra piel posee en su interior glándulas que secretan sustancia como la melanina, es una sustancia química (pigmento) que cumple la función de protegernos de los rayos UV que dañan las células. otra de las funciones es de regular la temperatura del cuerpo. Ya que, al exponernos a temperaturas muy bajas, vasos que irrigan la capa de la dermis se contraen, haciendo que la sangre que se encuentra caliente no ingrese a la capa de la epidermis, manteniendo así la temperatura corporal. (Rapini, 2008) <sup>(13)</sup>

## 2.2.2 Historia del uso de los polvos compactos

En la antigüedad, las mujeres usaban el blanco de plomo para poder obtener una piel uniforme y blanca (sustancia muy tóxica) que fueron usadas por muchos reconocidos de la época para hacer sus pinturas, lo que terminaba muchas veces matándolos. Recién en el siglo XIX fue descubierto el óxido de zinc, que daba prácticamente el mismo resultado, pero sin afectar la salud ni atentar contra la vida.



**Figura 2.** Daños e imperfecciones en la piel producidas por diferentes factores.

**Fuente:** Elaboración propia

Es a partir de los inicios del siglo XX, que comienzan a salir las primeras compañías o empresas productoras de polvos compactos. Consiguiendo elaborar distintos tonos (uno para cada tipo de piel). A partir de ahí, este producto no ha parado de evolucionar, mejorando así la calidad de sus componentes e ingredientes inclusive llegando a poner factores de protección solar en el producto. <sup>(14,15)</sup>

### 2.2.3 Definición de polvo compacto

El polvo compacto es un producto cosmético facial que se utiliza en la mayoría de los casos para enmascarar pequeñas imperfecciones, absorbiendo la oleosidad de la piel, otorgando un efecto matificante (sin brillo) y suavizar el rostro. Incluso ya existen aquellos que prometen protección contra el envejecimiento y los daños por la exposición solar. Se aplican en el rostro con una borla para maquillaje. El producto acabado debe brindar un grado de opacidad, así como propiedades duraderas para evitar aplicaciones frecuentes del polvo compacto, es decir, que se fije bien a la piel y pueda resistir a secreciones como el sudor, también servir como un medio para desprender una fragancia del producto. (Wilkinson, 1990) <sup>(16)</sup>

### 2.2.4 Propiedad de los polvos compactos

Debe producir un acabado suave a la piel del rostro. Enmascarar pequeñas imperfecciones visible de la cara, como el brillo producto de la humedad y grasa de la piel o a la secreción de glándulas sebáceas y sudoríparas. <sup>(17)</sup> Debe producir un efecto duradero, por lo que la aplicación frecuente es innecesaria. Debe hacer la cara agradable para mirar y tocar. Debe adherirse a la piel.

**Capacidad cubriente:** es la propiedad que todos los polvos compactos deben tener para cumplir con la función de enmascarar pequeñas imperfecciones en el rostro, para lo cual se hace uso de productos como el óxido de zinc, dióxido de titanio y caolín entre otros.

**Propiedad absorbente:** otra propiedad fundamental de los polvos compactos es la que se utiliza principalmente para quitar el brillo en el rostro producido por el sudor o emanación de sustancias por parte del cuerpo.

Según Wilkinson (1990) “toda sustancia o producto que requiera eliminar brillo de la piel, necesariamente debe tener una alta capacidad de absorbancia” para este fin se emplea componentes como caolín, carbonato de magnesio, almidón entre otros ya que poseen dicha propiedad.

**Propiedad deslizante:** esta propiedad permite una fácil aplicación del producto permitiendo extender sobre el rostro de una manera muy cómoda, brindando características de suavidad en la cara, los componentes como el talco, estearato de zinc y el almidón son los encargados de brindar estos beneficios en la formulación del producto acabado.

**Propiedad Aglutinante:** es la propiedad que distingue a los polvos sueltos y polvos compactos brindando esa característica de unión entre sus componentes evitando así fragmentación del producto y permite su cómoda utilización del cosmético.

### **2.2.5 Componentes de los polvos compactos**

Un polvo compacto es la unión de varios polvos como ingredientes donde cada uno de ellos le brinda propiedades específicas al producto como por ejemplo la presencia de dióxido de titanio le da al cosmético la capacidad de cubrir pequeños defectos en el rostro, el caolín la propiedad de absorber el brillo de la cara producido por el sudor y así cada uno aporta una propiedad al producto.

Comparando la formulación de un polvo compacto y un polvo suelto podemos decir que son prácticamente iguales, la diferencia radica en la presencia del componente aglutinante. (Wilkinson, 1990). Los componentes más empleados en la formulación son el talco, estearato de zinc, dióxido de titanio, el óxido de zinc, ciertos colorantes y perfume en cantidad suficiente.

La composición principal de los polvos compactos, son la fase pulverulenta y la fase grasa sólida. <sup>(16,17)</sup>

#### **2.2.5.1 Componentes del polvo compacto con posible contaminación de plomo y arsénico.**

El talco y los colorantes utilizados en cosméticas son probablemente la mayor fuente de contaminación de metales pesados, debido a su naturaleza mineral, pudiendo tener el talco impurezas como hierros hidrosolubles y carbonatos, pues los metales pesados se encuentran de alguna manera dentro de los óxidos de hierros que a su vez estos son utilizados como pigmentos inorgánicos en las formulaciones de polvos compactos. <sup>(16)</sup>

#### **2.2.6 Proceso de formulación de los polvos compactos**

##### **Formulación**

La formulación de polvos compactos se realiza teniendo en cuenta las propiedades de cada uno de los componentes por ejemplo para polvo compacto que requiera mayor capacidad de recubrimiento facial se empleará mayores cantidades de dióxido de titanio; para aumentar la absorbancia, el carbonato magnésico es un excelente agente de absorción sin dejar de lado el uso de talco, y si se requiere de un producto con mayor agarre o apego a la piel se utilizará mayor proporción de los estearatos.

Según Miranda, Muñoz (2011). Los polvos compactos y suelto varían principalmente por la presencia del aglutinante. En la fabricación del producto es muy importante la cantidad adecuada de este, si es muy poco, la pastilla se quiebra y si es demasiado se formará grumos y la aplicación será grasosa. <sup>(18)</sup>

Por lo que es muy importante la propiedad aglutinante, ya que esta nos permite tener un acabado de buena calidad a la hora de la compactar todos los componentes de la formulación, a continuación, le mostramos ejemplos de formulación.

**Tabla 1. FORMULACIÓN 1**

ingredientes	Cantidad (g) w/w
Talco (deslizamiento)	69.0
Caolín (materiales de cobertura)	18.0
Dióxido de titanio (materiales de cobertura)	8.0
Estearato de zinc (carácter de deslizamiento)	5.0
Color	c.s.
Perfumes	c.s.
	<b>100</b>
<i>Aglutinante</i>	
Goma arábica (aglutinante soluble en agua)	1.0
Glicerol (aglutinante de emulsión)	5.0
Agua (vehículo)	94.0
Preservantes	c.s.
	<b>100</b>

**Fuente:** Text book of cosmetic formulation

**Tabla 2. FORMULACIÓN 2**

ingredientes	Cantidad (g) w/w
Talco	79.0
Carbonato de calcio (absorbente)	9.0
Oxido de zinc (materiales de cobertura)	7.0
Estearato de zinc (carácter de deslizamiento)	5.0
Color	c.s.
Perfumes (olor)	c.s.
	<b>100</b>
<i>Aglutinante</i>	
Goma tragacanto (aglutinante soluble en agua)	2.0
Glicerol monoestearato (aglutinante de emulsión)	6.0
Aceite mineral (aglutinante de aceite)	4.0
Sorbitol	5.0
Agua	83.0
Preservantes	c.s.
	<b>100</b>

**Fuente:** Text book of cosmetic formulation

### 2.2.6.2 Fabricación

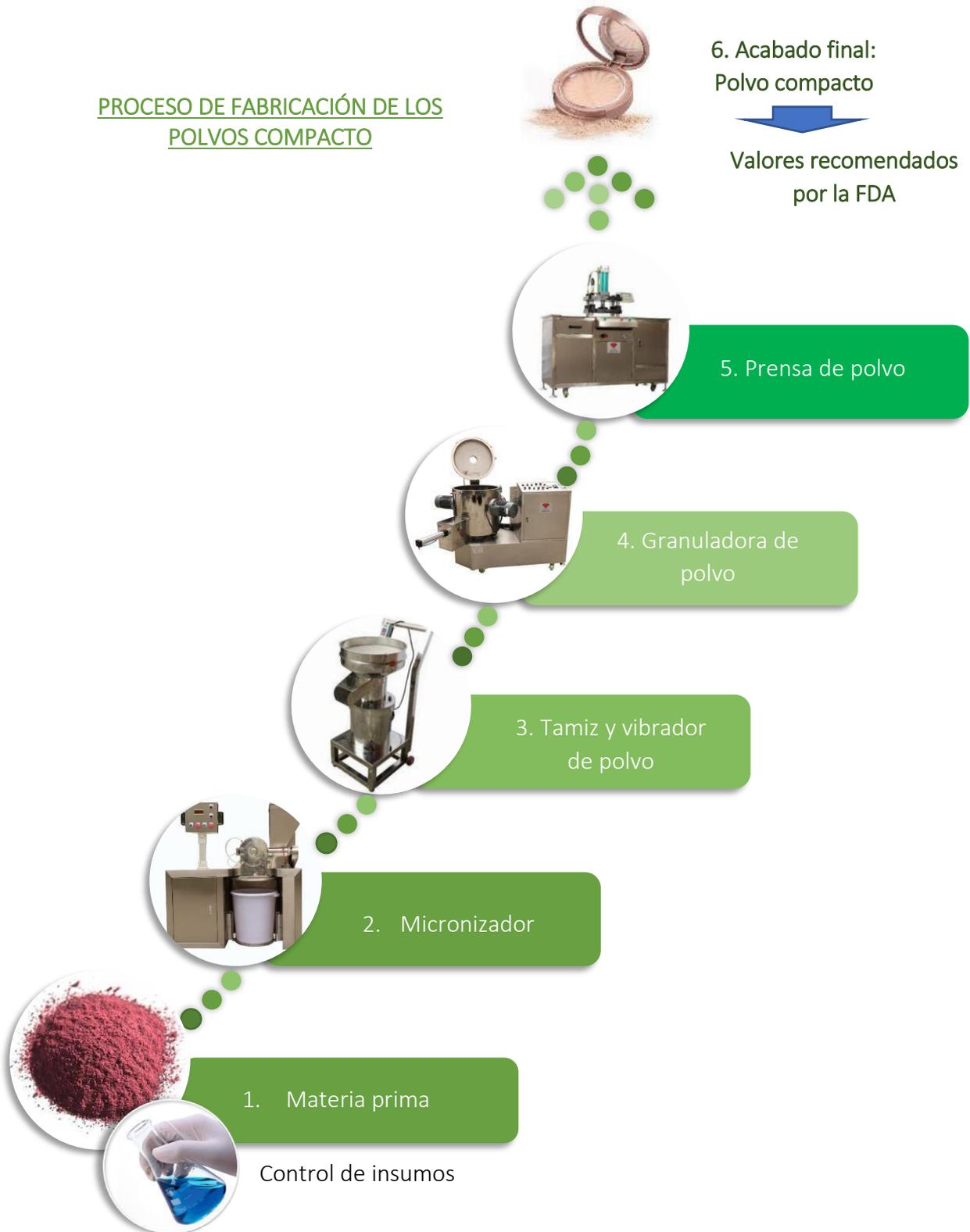
En la actualidad el proceso de fabricación y composición a cambiado a la hora de elaborar un polvo compacto. Existe 2 métodos para elaboración de polvos compactos el primero es el método por proceso seco y el segundo es el método por proceso húmedo.

**proceso húmedo**, Miranda (2011) indica que la mezcla de los polvos y el componente aglutinante deben estar en una proporción adecuada para pasar a la molienda y obtener una mezcla flexible, luego se pasa a comprimir en sus respectivos envases, normalmente se usa godets de metal, por último, se aplica una corriente de aire caliente para su secado.

**proceso seco**, someter a la masa que se forma por la mezcla de polvos a una compactación sin ser humectado, “es una técnica que tiene su grado de dificultad, sin embargo, es el mejor para ser usado en la fabricación a grandes escalas de los polvos compacto”. (Moore, 1990, p.339). ya que se puede obtener la adherencia de todos los componentes si se toma de manera correcta la proporción de los ingredientes.

En el caso del proceso húmedo, primero los pigmentos utilizados se pasan por una molienda en conjunto con todos los otros componentes pulverulentos se procede a su mezcla. Posteriormente se agrega el agente aglutinante a la mezcla, luego la mezcla resultante se pasa por un tamiz de malla N°60 para luego pasar por un proceso de secado a medio ambiente siempre se controla que la temperatura empleada no volatilice al perfume ya terminado el secado se procede a comprimir y envasar el producto. <sup>(19,20,21)</sup>

PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS  
POLVOS COMPACTO



**Figura 3.** Esquema de proceso de elaboración de polvo compacto.

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.3 Plomo

### 2.3.1 Características físico química

El plomo en su forma elemental posee un color gris azulino que llega a perder el brillo al ser expuesto al medio ambiente, raramente se encuentra en la naturaleza en forma de metal. Los derivados del plomo se encuentran mayormente en su estado de oxidación  $Pb^{+2}$  y  $Pb^{+4}$ ; así como en sus 2 formas tanto orgánica como inorgánica.

El plomo es un elemento carbonoide, que posee cualidades propias del grupo de los metales, tiene número atómico de 82, una configuración electrónica  $[Xe]6s^24f^{14}5d^{10}6p^2$ , y presenta dos estados de oxidación (II y IV). (Cassarett, 2008) <sup>(22)</sup>



**Figura 4.** Plomo en su forma mineral. <sup>(22)</sup>

El plomo tiene un efecto acumulativo, lo cual desemboca en una afectación sistemática del organismo, siendo los infantes los más afectados. El saturnismo, es un caso por exposición prolongado de plomo, es el caso más común de intoxicación a nivel mundial. La amplia utilidad y uso del plomo ha dado lugar a un incremento exponencial de la contaminación del plomo hacia el medio ambiente, generando graves problemas de salud. <sup>(23)</sup>

García (2010). Dado que en cuanto a las propiedades más resaltantes del plomo son la ausencia de capacidad elástica, excelente maleabilidad, resistente a la

corrosión, fácil disponibilidad para formar combinaciones, , baja conductividad, favoreciendo su utilidad desde la antigüedad; esta propiedad hicieron que la aplicación de este elemento sea influyente en diversas áreas, encontrándose presente en múltiples desarrollos en la industria, generando humos y vapores de acuerdo al proceso realizado, el plomo se usa en forma metálica alrededor del 40%, en forma de aleaciones aproximadamente el 25% y un 35% en forma de compuestos químicos. Finalmente cabe señalar la afección del plomo en el cuerpo humano, que se da sobre todo al tejido hematopoyético (bloquea enzimas necesarias para la síntesis de hemoglobina, lo que da lugar a anemia), al sistema nervioso central (encefalopatía saturnina) y periférico (polineuropatía) y al riñón.

(24,25)

### **2.3.2 Límites de exposición**

Los límites de exposición al plomo dependen de la concentración, forma orgánica o inorgánica, concentración, frecuencia y duración de la exposición. Es por ello que los límites permisibles varían para cada organismo regulador y también para cada país, así tenemos en nuestro análisis presentado en la tabla 3, el estudio de 4 organismos, 3 de ellos americanos y 1 español.

Dentro de las normas que incluye los EE.UU. tenemos:

- Regulación de los niveles de plomo en aire, aplicados al centro laboral, donde el Centro de Prevención y Control de Enfermedades de Estados Unidos (CDC por sus siglas en inglés). plantea los valores y rangos permitidos en una contaminación profesional al plomo, siendo un actor importante en cuanto a limitar valores en las concentraciones.

- De igual forma, otro organismo americano, la Conferencia americana de higienistas industriales gubernamentales (ACGIH por sus siglas en inglés), establece sus valores permisibles (TLV por sus siglas en inglés “Threshold Limit Values”), valores que gozan de un alto prestigio en el campo de la salud.
- Finalmente incluimos una norma española, NTP 165 – Normas para la evaluación del plomo y su control. El cual, de similar forma a los anteriores, establece valores límites, tanto ambientales como en la sangre, que se refieren rigurosamente a 8 horas diarias y un total de 40 semanales. Cabe recordar que todos estos valores están sintetizados a continuación, en la tabla 3. (26, 27, 28, 29)

**Tabla 3.** Norma y regulación para el plomo. <sup>(29)</sup>

Institución	Ámbito de aplicación	Valores normados
<b>CDC (EEUU)</b>	Aire en el lugar de trabajo	25 microgramos/metro cúbico
	Plumbemia	10 microgramos/decilitro
<b>OSHA (EEUU)</b>	Aire- lugar de trabajo	30 microgramos/m <sup>3</sup>
	Plumbemia	40 microgramos/100ml
<b>ACGIH (EEUU)</b>	Aire- lugar de trabajo	50 microgramos/m <sup>3</sup>
	Plumbemia	30 microgramos/100ml
<b>NTP 165 (España)</b>	Aire- lugar de trabajo	150 microgramos/m <sup>3</sup>
	Plumbemia	70 microgramos/100ml

### 2.3.3 Fuentes de contaminación

Las personas expuestas a la contaminación de plomo, van a tener como vías de ingreso al organismo a través de la ingestión, respiración y absorción cutánea, incluido también la afección a los ojos.

**Tabla 4.** Formas de plomo encontrado en la naturaleza. <sup>(30,31)</sup>

Tipo	Nombre	Composición	Aplicación	Observación
<b>Inorgánico</b>	Sulfato de plomo	PbS		Lo que encontramos en la naturaleza fundamentalmente
	Oxido de plomo	PbO	Insecticida, desencante de sustancias oleosas	Litargio
	Tetróxido	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Esmalte para evitar la corrosión	Tono rojizo del metal
	Cromato de Pb	PbCrO <sub>4</sub>	Elaboración de tintes amarillos	
	Arsenato de Pb	Pb <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> )	Insecticidas	
	Carbonato de Pb	Pb <sub>1</sub> (OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Colorantes	Conocido como el "blanco de plomo"
<b>Orgánico</b>	Tetraetilo de Pb	Pb(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub>	Aditivo gasolina	Antidetonante
	Acetato de Pb	Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Tintes para cabello	Se le conoce también como "sal de saturno"

### 2.3.4 Toxicocinética

#### Vía de absorción

El ingreso de plomo al organismo se da por tres vías: ingestión, inhalación y absorción cutánea. <sup>(31)</sup>

Según Ramírez (2005). "La absorción del plomo por inhalación es aproximadamente del 40%, depositándose en primer lugar en los pulmones", luego pasa a la circulación sanguínea permaneciendo un promedio de 50 horas y luego pasa a depositarse en otros tejidos. La absorción se da principalmente

en las vías respiratorias bajas sin embargo eso no significa que no se lleve a cabo en las vías respiratorias altas. <sup>(32)</sup>

### **Distribución - Metabolismo**

Después de la exposición del plomo, el metal pasa a la sangre dónde se une a proteínas plasmáticas y posteriormente es distribuido a diferentes órganos como el riñón, hígado entre otros, pero se deposita en mayor medida en los huesos, es por ello que la vida media del metal en los huesos es mayor con 27 años a diferencia de los tejidos blandos que es de 40 días, y 35 días de la vida media en sangre. <sup>(33)</sup>

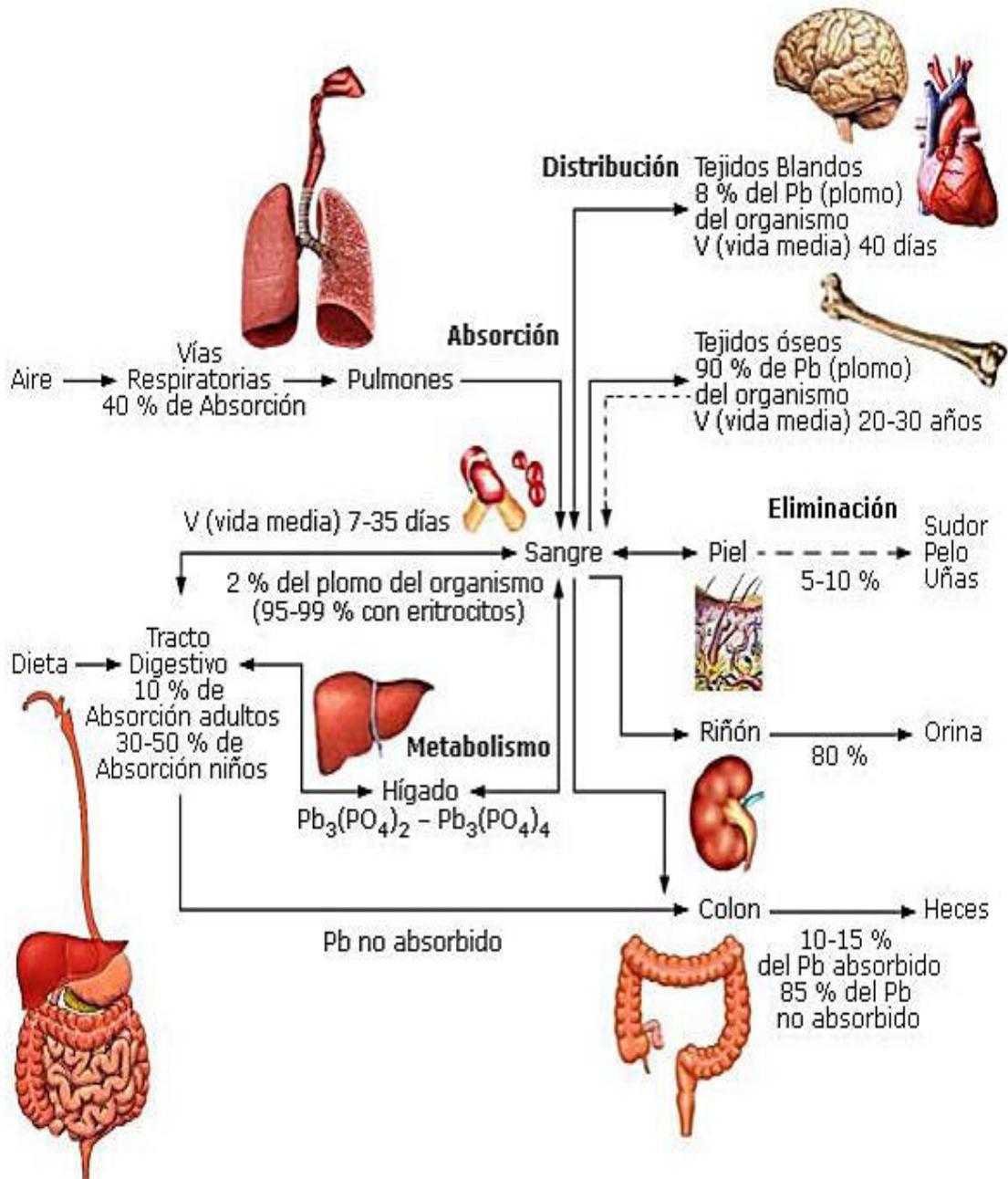
El plomo en el organismo modifica el proceso metabólico del calcio, ocasionando una hipocalcemia, pero el mayor problema es cuando interfiere con el hierro en el organismo originando un cuadro anémico, siendo los niños los más afectados, ya que a diferencia de los adultos ellos absorben hasta un 50% del metal.

Si bien es cierto por un proceso acumulativo el plomo se deposita en los huesos, mediante el torrente sanguíneo se transporta el metal, atravesando la barrera placentaria y acumulando el metal en el feto a través del cordón umbilical ocasionando daño estructural ósea del feto. <sup>(34)</sup>

### **Excreción**

El plomo en su forma inorgánica se acumula principalmente en los huesos, hígado, músculo estriado y riñón, el plomo que a sido ingerido por la vía digestiva es retirado del organismo a través de las heces.

Sin embargo, el plomo que ingresa al organismo a través de la absorción es eliminado principalmente por los riñones mediante la orina en un porcentaje de 80% otro porcentaje menor 5 - 10% es retirado a través de las faneras (uñas y cabello) y sudor. <sup>(32)</sup>



**Figura 5.** Toxicocinética general de los compuestos y derivados de plomo <sup>(34)</sup>

### 2.3.5 Toxicodinamia

El mecanismo de acción toxico del plomo en el organismo, no se encuentra muy claro, ya que no se sabe en que punto ejerce su acción, sin embargo, es sabido que se adhiere al grupo tiol de las proteínas y a las enzimas que necesitan de zinc para su funcionamiento. El plomo de alguna manera reemplaza al calcio, modificando funciones que son dependientes de este mineral en el organismo cumpliendo la función de un segundo mensajero, activando la proteinquinasa C, además se une a una proteína reguladora muy importante como la calmodulina.

La alteración del calcio podría traer consecuencias graves tanto en la transmisión de neuronas y tono vascular lo que podría explicar la presencia de patologías como la neurotoxicidad presión arterial alta (hipertensión) provocando de esta manera enema.

A nivel de los riñones podría interferir con el metabolismo de la vitamina D en el organismo a su forma activa, provocando unos estadios avanzados de atrofia tubular y fibrosis sin afectar el glomérulo que se podría observar a través de una proteinuria. <sup>(35)</sup>

Como se dijo anteriormente el plomo se adhiere fuertemente al grupo tiol -SH de las enzimas provocando su inhibición, estas enzimas son, según Azcona (2015) “La Delta-deshidratasa del ácido D-aminolevulínico (ALAD) y ferroquelatasa, esta última encargada de catalizar la inserción del hierro en la protoporfirina IX. Una disminución en la actividad de esta provoca un aumento del sustrato de protoporfirina eritrocitaria (EP) en hematíes” <sup>(36)</sup>, teniendo como manifestación el incremento de las protoporfirinas y un cuadro anémico.



## 2.3.6 Aspectos toxicológicos

### Intoxicación

La exposición a elevadas concentraciones de plomo en el medio ambiente puede llevar a una persona a un cuadro de intoxicación aguda que puede manifestarse a través de síntomas como falla renal, cuadros intestinales graves y encefalopatía. El daño por intoxicación prolongada del metal se podría manifestar a través una nefropatía plúmbica, así como síntomas de cefaleas, alteraciones de carácter y fallas de la memoria. <sup>(37)</sup>

### Signos y síntomas:

**Tabla 5.** Signos y síntomas por el exceso de exposición plomo. <sup>(38)</sup>

Sistemas afectados	Efectos de la toxicidad
SNC	Las manifestaciones a nivel central son múltiples como daño neuropsicológico, fuertes dolores de cabeza cuadros de delirio y convulsión.
SNP	Daño motriz
Gastrointestinal	Dolores intestinales, dolor gingival
A nivel sanguíneo	Deficiencia de glóbulos rojos
A nivel de riñones	Daño renal crónico
Reumatología	Artrosis, artritis
Corazón	Presión arterial elevada
Gónadas	Escasa producción de espermatozoides

Las personas expuestas durante mucho tiempo sin medidas de protección podrían presentar una polineuropatía periférica, este trastorno en su forma más frecuente produce episodios de dolor y entumecimiento en sus extremidades, especialmente en manos y pies. Así mismo, las personas que padecen algún

tipo de neuropatía periférica describen la presencia de sensaciones de ardor u hormigueo constante en las áreas afectadas. <sup>(38)</sup>



**Figura 7.** Ribete de Burton. <sup>(37)</sup>

Algunas personas expuestas al plomo con malos hábitos de higiene bucal podrían tener la línea de sulfuro conocido como Ribete de Burton que es la aparición de una línea oscura en la encía como indica la figura 7, este color oscuro es producto de la interacción del plomo con el sulfuro emitido por las bacterias que se encuentran en la cavidad bucal. <sup>(39)</sup>

### **2.3.6.2 Tratamiento**

Flora (2010). Indica que, en la práctica clínica, hay cuatro medicamentos que se usan para la desintoxicación del plomo y son el edetato cálcico disódico<sup>1</sup> IV e intramuscular (IM), el dimercaprol IM, la penicilamina por vía oral (VO) y el succímero VO <sup>(39)</sup>.

El EDTA es el quelante de elección, para el caso de intoxicaciones agudas en primer lugar antes de dar paso al tratamiento prolongado con el EDTA se administra al paciente dosis intramuscular de dimercaprol, la penicilamina por

**Tabla 6.** Dosaje de los antidotos más empleados en intoxicación con plomo. (40)

FÁRMACO	Edetato cálcico disódico	Dimercaprol	Penicilamina	Succinero
DOSIS ADULTO	<p><b>Plomo en sangre 20- 70mg/dL:</b> 1g/m<sup>2</sup> /día durante 8 a 12h IV o cada 8 u 12h IM, durante 5 días. Luego descansar entre 2 y 4 días y repetir 1 ciclo más según necesidad (máximo 75mg/kg/día)</p> <p><b>Plomo en sangre ≥ 70mg/dL y/o encefalopatía plúmbica:</b> Dosis anterior combinada con dimercaprol (ver dimercaprol)</p>	<p><b>Intoxicación media:</b> 4mg/kg IM una vez y luego 3mg/kg/4h IM por 2 a 7 días combinado con edetato cálcico disódico aplicado en sitios diferentes Intoxicación severa: 4mg/kg/4h por vía IM combinado con edetato cálcico disódico aplicado en sitios diferentes</p>	<p><b>En general:</b> 1 a 1,5g/día VO, 2 h antes o 3 h después de las comidas, durante 1 a 2 meses</p>	<p><b>En general:</b> 10 a 30mg/kg/día VO, durante 5 días</p> <p><b>Plomo en sangre 75mg/dL</b> para hombres de 41 años: 10mg/kg VO 3 veces por día, durante 5 días. Luego, 10mg/kg VO 2 veces por día, durante 14 días</p>
	<p><b>Plomo en sangre 25 a 55mg/dL asintomáticos:</b> 1g/m<sup>2</sup> /día IV continuo por 6 h como única terapia por 3 días si el porcentaje de excreción de plomo luego del tratamiento es entre 0,6 a 0,69 y 5 días si es &gt; 0,7.</p> <p><b>Plomo en sangre 56 a 69mg/dL asintomáticos:</b> 1g/m<sup>2</sup> /día IM como única dosis, por 5 días 1g/m<sup>2</sup> /día IV continuo por 6 h por 5 días como única terapia. Repetir el ciclo si después de 7 a 10 días del tratamiento los valores rondan los 5mg/dL cercanos al valor inicial.</p> <p><b>Plomo en sangre ≥ 70mg/dL asintomáticos:</b> Ídem adultos</p> <p><b>Encefalopatía aguda sintomática:</b> 1,5g/m<sup>2</sup> /día IV continuo por 6 h junto con dimercaprol, por 5 días. Luego interrumpir por 2 días y hacer otro ciclo si los niveles de plomo continúan elevados.</p> <p><b>Intoxicación leve sintomática:</b> 1g/m<sup>2</sup> /día IV continuo por 6 h junto con dimercaprol, por 5 días. Luego interrumpir por 2 días y hacer otro ciclo si los niveles de plomo continúan elevados.</p>	<p><b>Intoxicación media y severa:</b> Ídem dosis adultas Recomendado cuando los niveles de plomo en sangre son ≥70mg/dL</p>	<p><b>En general:</b> 30 a 40mg/kg/día o 600 a 750mg/m<sup>2</sup> /día VO, 2 h antes o 3 h después de las comidas, durante 1 a 6 meses.</p>	<p><b>Plomo en sangre &gt; 45mg/dL:</b> 10mg/kg VO 3 veces por día, durante 5 días. Luego, 10mg/kg VO 2 veces por día, durante 14 días. Se puede repetir el ciclo luego de 2 semanas</p>
DOSIS NIÑOS				

## 2.4 ARSÉNICO

### 2.4.1 Características físico y química

El arsénico en su forma elemental posee una tonalidad gris que esta ubicado en el grupo 15 de la tabla periódica. Lewis, (2011) indica que sus características pertenecen a los elementos metálicos y no metálicos, es por ello que se le coloca en el grupo de los semimetales. Posee un número atómico y configuración de 33 y  $[\text{As}]3d^{10}4s^24p^3$  respectivamente, además tiene 4 formas de oxidación (-3, 0, +3 y +5) y 2 formas estructurales tanto orgánica como inorgánica. <sup>(41, 42, 43)</sup>

La forma gris del arsénico es un metal estable que posee brillo, buen conductor del calor y la electricidad. Posee valores de densidad y sublimación de 5,72 g/cm<sup>3</sup> y 603C° respectivamente, el punto a la cual se fusiona el arsénico es de 817C°. Ese brillo característico de metal lo pierde al ponerse en contacto con el aire del medio ambiente, el arsénico pasa a su estado de oxidación +3 que es la forma más toxica de este metal al exponerlo al calor. (Klaassen, 2015, p. 350)

(44)



**Figura 8.** Arsénico en su forma mineral. <sup>(44)</sup>

La forma amarilla del arsénico principalmente se forma por la caída violenta en la temperatura del vapor proveniente del proceso de sublimación de la forma gris, además presenta propiedades como baja densidad y baja conducción. <sup>(44)</sup>

## 2.4.2 Límites de exposición

Los límites de exposición dependen de la forma orgánica o inorgánica, concentración, el momento, la frecuencia y duración de la exposición de arsénico.

Las normas de Estados Unidos para el arsénico incluyen:

- La agencia de seguridad y salud ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos determina la norma para los niveles de arsénico en el aire, indicando los valores que se permite durante una exposición ocupacional del mencionado metal, el límite permitido de arsénico por exposición es menor a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de la forma inorgánica del arsénico en el aire.
- La Agencia de Protección Ambiental (EPA) estableció el nivel máximo permitido de arsénico de 10 partes por billón para agua utilizado en consumo humano. (EPA, 2006)
- Según ATSRD (2014). Existe una norma para animales de consumo humano debido a que el arsénico es utilizado en algunos medicamentos de uso veterinario, Para ello la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) estableció niveles de arsénico en productos derivados de animales de consumo que en algún momento recibieron alimento o medicamento con contenido de arsénico, por ejemplo, para el huevo está permitido 0,5 partes por millón mientras que para las carnes comestibles de pollo y otros 2 partes por millón. <sup>(45)</sup> indicado en la tabla 7.

**Tabla 7.** Límites de exposición del arsénico. <sup>(45)</sup>

Organismo	Énfasis	Nivel
ACGIH	Aire- lugar de trabajo	10 microgramos/m <sup>3</sup>
NIOSH	Aire- lugar de trabajo	2 microgramos/m <sup>3</sup>
OSHA	Aire- ambiente	10 microgramos/m <sup>3</sup>
EPA	Agua para bebida	Menor a 10 partes por millón
FDA	Alimento	0.5–2 partes por millón

### 2.4.3 Fuentes de contaminación

Morgan (2001) Indica que la exposición de arsénico en las personas se puede llevar a cabo a través de 3 vías de absorción: la primera por inhalación, segunda es por ingestión de alimentos o agua, y por último a través de la piel. Siendo las principales fuentes de contaminación las provenientes del uso de pesticidas, herbicidas, metalurgia, otras fuentes de contaminación son el uso de medicamentos neoplásicos, en la industria maderera se usa mucho los compuestos arsenicales para la preservación y prensado de la madera, también está el consumo de agua y alimentos contaminados con arsénico que a largo plazo producen intoxicación crónica de este metal. <sup>(46)</sup>

**Tabla 8.** Fuentes de exposición del arsénico.

COMPUESTOS DE ARSÉNICO Y FUENTES DE EXPOSICIÓN			
<b>Compuestos inorgánicos</b>	<b>Trivalente (As<sup>3</sup>)</b>	Tricloruro de As (AsCl <sub>3</sub> )	Industria cerámica
		Anhídrido Arsenioso	Producto secundario de la industria de cobre, plomo, zinc, estaño y oro.
		Trióxido de As (As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Purificación de gases sintéticos, conservantes de cuero y madera, decoloración y refinamiento en la fabricación de vidrio
		Arsenito cálcico (Ca (As <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ))	Insecticida
		Acetoarsenito cúprico Cu (COOCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 3Cu (AsO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> )	Insecticida, fabricación de pinturas para barcos y submarinos.
		Arsenito sódico (NaAsO <sub>2</sub> )	Herbicida, agente de secado en la industria textil
		Trisulfuro de arsénico	Componente de cristal de transmisión de infrarrojos y un agente para eliminar el pelo en el curtido de las pieles. También se utiliza en la fabricación de material pirotécnico y de semiconductores.
	<b>Pentavalente (As<sup>5</sup>)</b>	Ácido arsénico (H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> . ½H <sub>2</sub> O)	Fabricación de vidrio y en los procesos de tratamiento de la madera
		Pentóxido de arsénico (As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Herbicida y conservante de la madera.
		Arsenito cálcico	Insecticidas
<b>Compuestos orgánicos</b>	Acido cacodílico (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsOOH)	Herbicida y defoliante	
	Ac. Arsanílico (NH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> AsO (OH) <sub>2</sub> )	Cebo para saltamontes y raticida.	
	Arsenobatina y arsenocolina	Compuesto de arsénico orgánico de naja toxicidad que se encuentra en camarones y peces de 1-100 mg/kg. También existe en algunos crustáceos	
<b>Gas arsina (AsH<sub>3</sub>)</b>	Fundición, refinación, aleación de metales no ferrosos, síntesis orgánica y en el proceso de componentes electrónicos en estado sólido.		
<b>Arsinas sustituidas</b>	Dicloroetilarsina (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> AsCl <sub>2</sub> )	Líquido incoloro de olor irritante y posible arma química.	
	Dicloro (2-clorovinil) arsina (ClCH <sub>2</sub> CHAsCl <sub>2</sub> )	Líquido de color verde oliva con un olor similar al germanio. Se encuentra como posible arma química, se desarrolló asimismo el agente dimercaprol o antilewisita británica (BAL) como un antídoto.	
	Clorovinildicloroarsina (lewisita)		

Fuente: ESNAPACMPOSQ - 2010

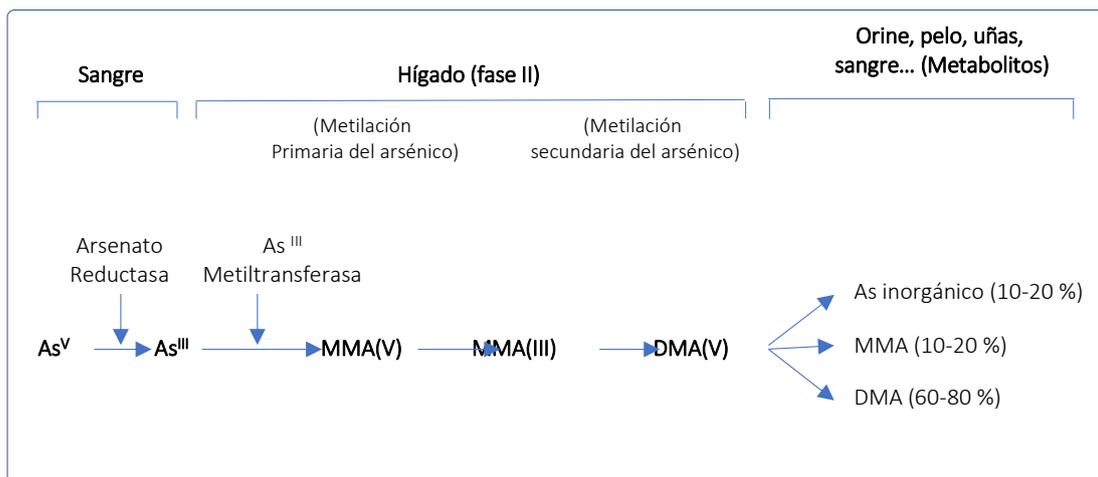
## 2.4.4 Toxicocinética

### Vía de absorción

El metal arsénico se absorbe por la vía digestiva, respiratoria y cutánea, con mayor importancia a través de la vía respiratoria por medio de los pulmones que incluye 2 procesos, primero por deposición y luego absorción de partículas de arsénico acumulado en los pulmones, lo que a largo plazo produce daños cancerígenos. <sup>(47, 48)</sup>

Laguna, Ricaldi (2017) Indica que “una vía potencial para exponernos al metal es a través de la piel, que ya se a informado casos de intoxicación por contacto directo de preparados arsenicales de su forma inorgánica”. (p.35) <sup>(49)</sup>

### Distribución – biotransformación



**Figura 9.** Mecanismo de acción del arsénico en el organismo. <sup>(52)</sup>

Luego de la absorción, el arsénico ingresa al torrente sanguíneo y se va unir a proteínas plasmáticas para su posterior distribución, depositándose en las primeras horas principalmente en órganos como el hígado, pulmón, riñón, bazo, uniéndose al grupo tiol -SH de las enzimas de la célula. <sup>(50)</sup>

Luego de las 30 horas posteriores a la intoxicación, se va a depositar en los cabellos y uñas. Los niveles de arsénico en el pelo nos indicarán el momento inicial que se tuvo a la exposición del metal muy usado en medicina forense. <sup>(51)</sup>

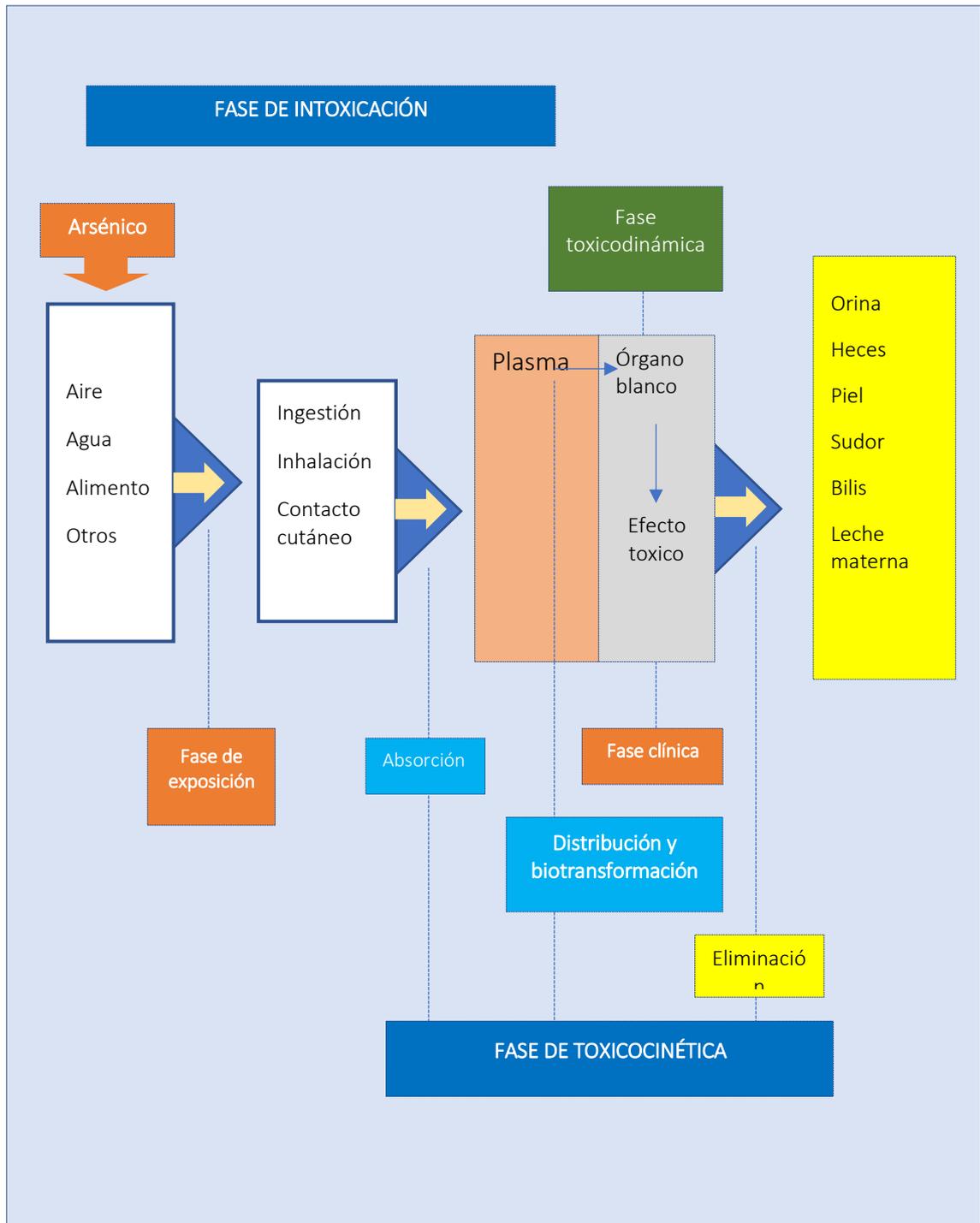
Su metabolismo se realiza principalmente en el hígado mediante varios procesos de metilación. Donde el  $As^{+3}$  pasará a metilarse obteniendo el ácido monometil arsénico (MMA), posteriormente una segunda metilación permite obtener ácido dimetil arsónico (DMA) formas solubles que permitirán ser excretado por la orina.

<sup>(52)</sup>

### **Excreción**

La semivida del metal arsénico es aproximadamente 6 horas, mientras que para los diferentes metabolitos originados en el hígado poseen otras vidas medias como por ejemplo para el monometil arsénico 7,4 h y el dimetil arsónico 5,6 y los porcentajes de eliminación por la vía renal son de 70 % para el dimetil arsónico, 20% para el monometil arsénico mientras que un 10 a 20% es eliminado sin pasar por el proceso de metilación. Cheng-Che, 2011, p.413).

Según Ferrer (2003). “La eliminación es principalmente a través de los riñones y las heces, también se elimina por medio de las glándulas mamarias, uñas, cabellos y bilis”. La cantidad de excreción de arsénico, en orina depende de la forma, vía de exposición y cantidad de dosis. El metabolito con mayor excreción a través de los riñones es el dimetil arsónico, mientras que el arsénico inorgánico tanto en su estado de oxidación +3 y +5 son los menos excretados por la orina. La excreción de arsénico en humanos es relativamente de 40% a 60% para el dimetil arsónico, 20% a 25% de arsénico inorgánico y 15% a 25% de monometil arsénico. <sup>(53)</sup>



**Figura 10.** Esquema de acción del arsénico en el organismo.

**Fuente:** Elaboración propia

### **2.4.5 Toxicodinamia**

Según Ramírez (2013). El arsénico tiene gran afinidad por el azufre es decir interacciona con el grupo tiol -SH de las proteínas. El  $As^{+3}$  al ingresar en las células inhibe a la enzima Piruvato Deshidrogenasa por bloqueo del grupo tiol del ácido lipoico y por esta razón no se elabora el Acetil coenzima A, necesaria para el Ciclo de Krebs, impidiendo así el proceso de respiración celular. (p.240)

El arsénico cuando se une al grupo tiol de las proteínas, altera la estructura de las membranas celulares ocasionando cambios en la permeabilidad produciendo una variación de iones a ambos lados de la membrana de esta manera se ve afectada la conducción nerviosa. Además, el  $As^{+5}$  pentavalente compite con el fosforo, desacoplando la fosforilación oxidativa, de esta manera se forman enlaces energéticos pocos favorable para el organismo.

Según Medina (2018) “La glicolisis, también sufre cambios por la presencia del arsénico, que compite con el Fosfato inorgánico para producir arseno-fosfoglicerato que posteriormente formará el 3- Fosfoglicerato, sin generar ATP modificando así procesos energéticos de oxidación y fosforilación de los humanos” (54)

### **2.4.6 Aspectos toxicológicos**

#### **Intoxicación**

La toxicidad que presenta el arsénico varía de acuerdo a su estado de oxidación, forma orgánica o inorgánica, duración, frecuencia tiempo que estuvo expuesto, así como factores de edad, sexo, genética; y factores nutricionales. (55, 56)

Se produce dos tipos de intoxicaciones. La primera es intoxicación aguda, son muy graves, poco frecuente, mientras que la intoxicación crónica ha adquirido gran importancia debido al gran problema presentado por consumo de agua de pozo contaminado con arsénico. <sup>(57)</sup>

La intoxicación aguda se manifiesta con un cuadro gastrointestinal grave con vómitos, dolor de estómago, deposiciones frecuentes, ardor con sensación de sequedad en la garganta. Se puede producir hasta un cuadro de shock hipovolémico. <sup>(58, 59)</sup>

Después de un tiempo tras sufrir una intoxicación aguda con arsénico podría manifestarse a través de la aparición de líneas de Meiss en las uñas estos permanecerán algunas semanas o incluso meses. <sup>(60, 61)</sup>



**Figura 11.** Líneas de Meiss. <sup>(60)</sup>

La intoxicación crónica del arsénico se da principalmente por un consumo continuo de agua subterránea es decir (de pozo) con alto contenido en concentraciones de arsénico. <sup>(62)</sup>

Las manifestaciones clínicas por exposición crónica del arsénico incluyen pápulas, úlceras, hiperqueratosis palmo-plantar, hiperpigmentación, con cuadros gastrointestinales leves como anorexia, y dolor general. El cancer de piel por exposición con arsénico son principalmente a células basales causadas por queratinización. (63, 64)



**Figura 12.** Hiperqueratosis palmoplantar por exposición al arsénico. (60)

## Tratamiento

En la guía de Practica Clínica en intoxicación de arsénico indica “el tratamiento de la intoxicación aguda debe ser muy enérgico dada su alta mortalidad”. (MINSa, 2011). Por el alto grado de peligro una persona con intoxicaciones debe recibir las atenciones inmediatas, rehidratación y revisar su función cardiaca (65)

El quelante de elección es el dimercaptopropanol o British Anti Lewisite (**BAL**) dosis de 3 mg por Kg intramuscular cada 4 h por 2 días y después C/12 h por 7 días. La penicilamina es útil, si el paciente no tolera la vía oral. La administración por vía oral es de 25 a 35 mg por kg al día cada 6 horas por 5 días, se utiliza en caso de no obtener otros quelantes. Otra opción en el tratamiento por intoxicación de arsénico es el ácido 2-3 dimercaptosuccínico a dosis de 10 mg/Kg cada 5 días, posteriormente se le administrará C/12 horas por 2 semanas. (Jerrold, 2003) (66, 67)

### III. PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1 Recolecta de muestras

Se recolectaron 24 envases con polvos compactos de 6 marcas diferentes y de 4 tonos de piel de los centros comerciales del Cercado de Lima (Real Plaza, tienda Santa Catalina, galería La Virreyna y galería El progreso II).

Posteriormente las muestras fueron llevadas al “Centro de Información, Control Toxicológico (**CICOTOX**) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos”.

#### 3.2 Metodología

Se utilizaron 2 métodos, primero se empleó espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito para la determinación de plomo en polvos compacto y segundo la espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros para determinación de arsénico en las muestras de polvos compactos.

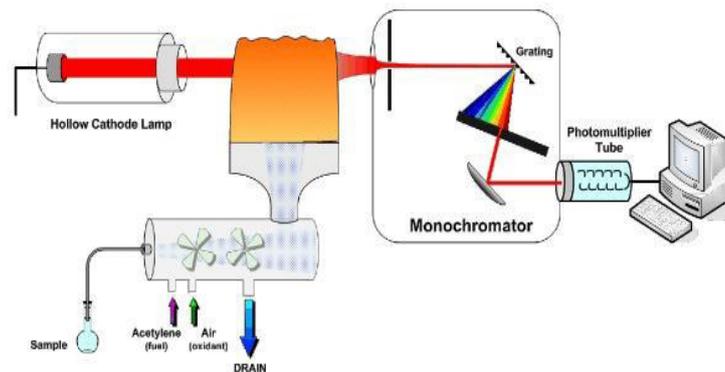
##### **Fundamento de la metodología para la determinación de plomo en polvos compacto**

El método por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, Se basa en absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico en la cual la longitud de onda es absorbida. Atachao (2017) indica que “la cantidad de radiación absorbida es proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente”. <sup>(68)</sup>

La metodología implica principalmente dos etapas: primero la muestra pasa a ser atomizado y luego la absorción de la radiación procedente de una base emitidos por partículas en estado libre. <sup>(69)</sup>

## Características y ventajas del método

- Este método posee la ventaja de poder determinar metales pesados a nivel de concentraciones muy bajas es decir que se puede analizar muestras que tengan un volumen muy pequeño (inferior a  $100\mu\text{L}$ ), también se puede trabajar en muestras orgánicas en su forma líquida.
- la sensibilidad que posee este método lo hace indispensable en la presencia e identificación de metales pesados como Pb, As, Cu, entre otros (Atachao, 2017) (68,69)



**Figura 13.** Esquema del funcionamiento de un espectrofotómetro



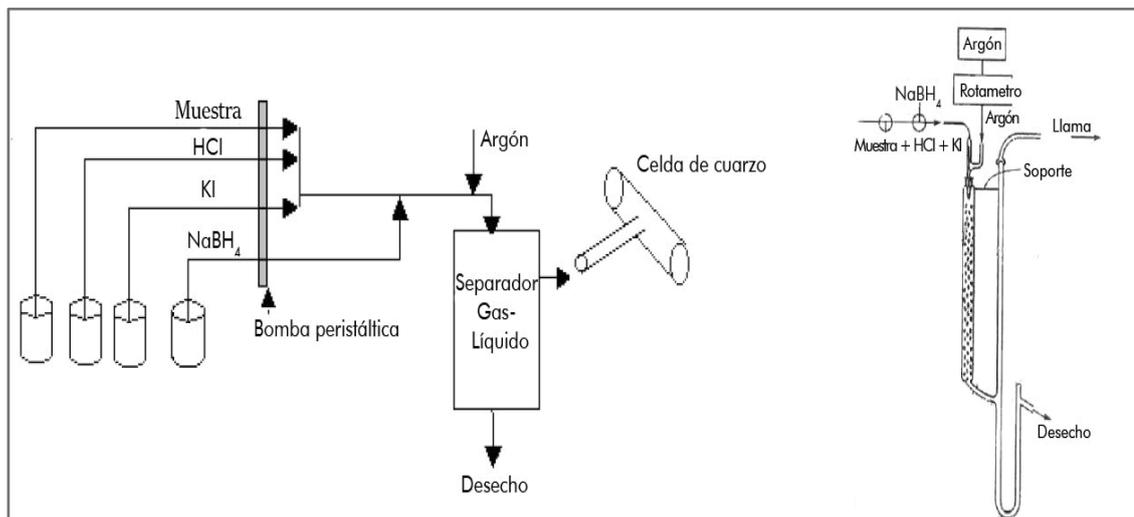
**Figura 14.** Equipo ICE 3000 de Espectrofotometría por horno de grafito y generador de hidruro

**Fuente:** elaborado por Innovatek

## Fundamento para determinación de arsénico en polvos compacto

Esta técnica es una variación a la técnica de espectrofotometría de absorción atómica por llama que se utiliza para aquellos compuestos que son difíciles de volatilizar como son arsénico, bismuto, selenio, telurio, estaño que al utilizar esta técnica permite aumentar la sensibilidad. La técnica por generador de hidruros genera un flujo de vapor continuo, como observamos en la figura 15 pues consta de un sistema que permanentemente bombea la muestra con los reactivos para ser mezclados. La mezcla en solución va a pasar por un tubo en espiral para formar el vapor de hidruro que luego por acción del gas portador (argón) se transportará a un recipiente donde se separa el gas del líquido, luego el hidruro formado en estado de vapor pasa a una celda de cuarzo donde será atomizado produciendo la absorción de la luz que posteriormente pasará al lector del equipo. (Chapple, 1990).

Sin embargo, es importante saber que la máxima sensibilidad de la técnica se logra cuando el analito está en un estado de oxidación menor como por ejemplo para el caso de arsénico, es importante llevar previamente al analito de su estado de oxidación  $As^{+5}$  a su estado de oxidación  $As^{+3}$ . (70)



**Figura 15.** Representación sistemática del acoplamiento del generador de hidruro  
**Fuente:** determinación de arsénico en agua elaborado por Morand

### 3.3 Reactivos, materiales y equipo

#### a) Estándares y reactivo

- Los materiales usados deben especificar que es exclusivamente para uso de análisis y el agua debe ser ultra pura.
- Ácido clorhídrico 35 – 37 % purificado
- Solución diluyente: para 100 mL de solución, agregar 4 mL modificador de matriz ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) al 10 %, finalmente enrasar con agua ultrapura.
- Solución patrón de 1000 mg/L de plomo ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ )
- Solución patrón de 1000 mg/L de arsénico (Ácido Tetraoxoarsénico  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ )
- Nitrato de magnesio
- Ácido ascórbico
- Ioduro de potasio
- Borohidruro de sodio
- Hidróxido de sodio
- Gas argón UHP

#### b) Material utilizado.

- Fiola de varias medidas entre ellas las de 50 mL.
- Pipetas de 2, 5, 10, y 50 mL
- Probeta con medidas de 10 mL
- Vasos de precipitación de 150 mL de volumen
- Lunas de reloj

### **c) Equipo utilizado**

- El espectrofotómetro empleado es de la marca THERMO SCIENTIFIC modelo: ICE 3000 equipado para acoplar el generador de hidruro.
- Plancha de calentamiento VELP SCIENTIFIC.
- Mufla eléctrica Naberthem 30 - 3000
- Cabina extractora
- Balanza analítica H. W. Kessel S.A.

### **3.4 Preparación de las muestras**

- Mezclar la muestra hasta homogenizar, tomar una alícuota de 2 gramos y transferir a un crisol.
- Agregar 3 mL de nitrato de magnesio al 50 % P/V.
- Colocar los crisoles y secar en una estufa a 105 °C por 3 horas.
- Colocar los crisoles en plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar la pre calcinación.
- Llevar las muestras pre calcinadas en una mufla y calcinar 500°C por 3 horas.
- Enfriar y adicionar 10 mL de una solución de ácido clorhídrico al 6M calentar en plancha termostática por 5 minutos y transferir cuantitativamente a un tubo de medida de 50 mL luego diluir con agua ultra pura, agitar y dejar reposar.
- Filtrar un volumen necesario a través de un filtro de membrana de medida 0,45µm.

### 3.5 Determinación del plomo

#### 3.5.1 Evaluación de la curva de calibración para el estándar

##### Elaboración de los estándares

###### Estándar patrón de plomo

Se traslado un volumen de 10 mL del patrón estándar con una concentración de 1000  $\mu\text{g/mL}$  a un tubo de 100 mL para posteriormente ser diluido con agua ultra pura, finalmente se homogeniza de manera manual.

La concentración obtenida del patrón es de 100  $\mu\text{g/mL}$

**Nota:** Es muy importante saber que la duración del estándar patrón de plomo es 1 año

###### Estándar del plomo

Se traslado un volumen de 10 mL del patrón de plomo preparado anteriormente a un tubo con medida de 100 mL para completar con agua ultra pura y agitar hasta su homogenización.

Luego se procedió a tomar 10 mL del paso anterior y se trasladó a un tubo de 100 mL enrasando con agua ultrapura, para obtener una concentración final del estándar de 1  $\mu\text{g/L}$ .

**Nota:** Importante aclarar que el estándar de plomo solo dura una semana después de su preparación.

Con el estándar de plomo a una concentración de 1000  $\mu\text{g/L}$  se llevaron a cabo varias diluciones con el fin de obtener diferentes concentraciones de 50  $\mu\text{g/L}$ , 100 $\mu\text{g/L}$ , 150  $\mu\text{g/L}$  y 200  $\mu\text{g/L}$  de estándar inicial de plomo.

## Condiciones espectrofotométricas

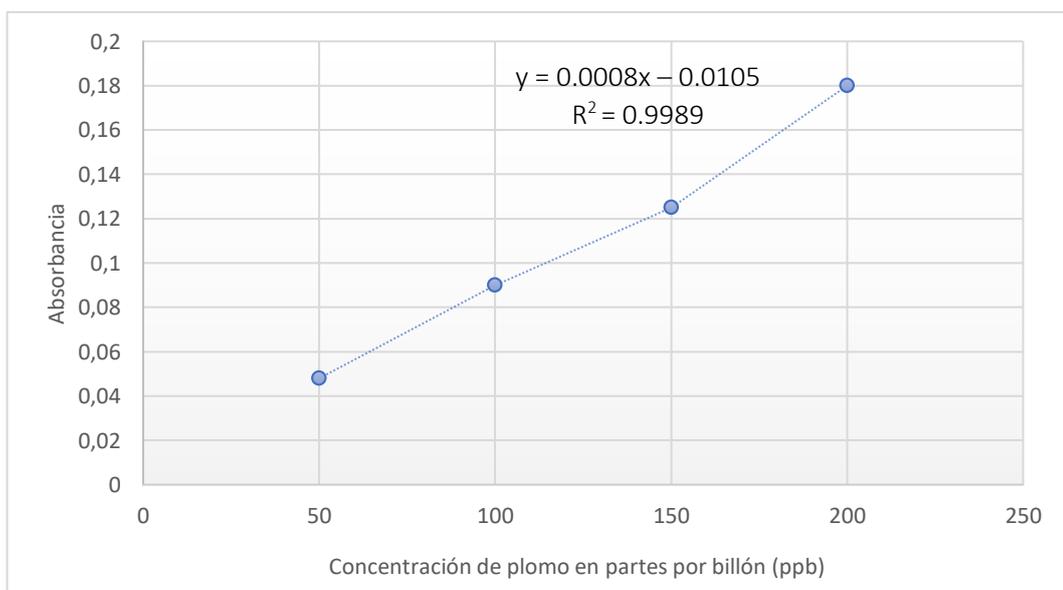
- Longitud de onda (217,0 nm)
- Ranura Slit (0,5 nm)
- Corrección de fondo (Deuterio-D2)
- Corriente de lampara (10mA)
- Tiempo de medida (2 seg.)

## Resultado de los estándares de plomo

**Tabla 9.** Cuadro comparativo del estándar de plomo.

Concentración en partes por billón (µg/L)	Absorbancia medida en nanómetros (nm)
50	0.048
100	0.090
150	0.125
200	0.180

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 16.** Curva de calibración para el estándar de plomo

### 3.6 Determinación del arsénico

#### 3.6.1 Evaluación de la curva de calibración para el estándar

##### Elaboración de los estándares

##### Estándar patrón de arsénico

Se traslado un volumen de 10 ml del patrón estándar de arsénico con una concentración de 1000 µg/mL a un tubo de 100 mL para posteriormente ser diluido con agua ultra pura y ser homogenizado de manera manual.

La concentración obtenida del patrón es de 100 µg/mL

**Nota:** es muy importante saber que la duración del estándar patrón de arsénico es de 1 año.

##### Estándar del arsénico

De la solución filtrada del paso anterior se toma 10 mL y se traslada a un tubo con medida de 50 mL.

Se procede agregar 5 ml de ácido clorhídrico puro con 5 ml de una solución que contenga 5% de yoduro de potasio (KI) y 5% de ácido ascórbico. Proceder de la misma forma con el blanco y los estándares (se deberá obtener concentraciones finales de 2, 5, 10 y 20 µg/L).

Dejar reposar 45 minutos a temperatura de medio ambiente y enrasar con agua ultrapura (proceder a leer los resultados para el arsénico)

##### **Condiciones espectrofotométricas**

- Longitud de onda (193,7 nm)
- Ranura Slit (0,5 nm)
- Corrección de fondo (Deuterio D2)

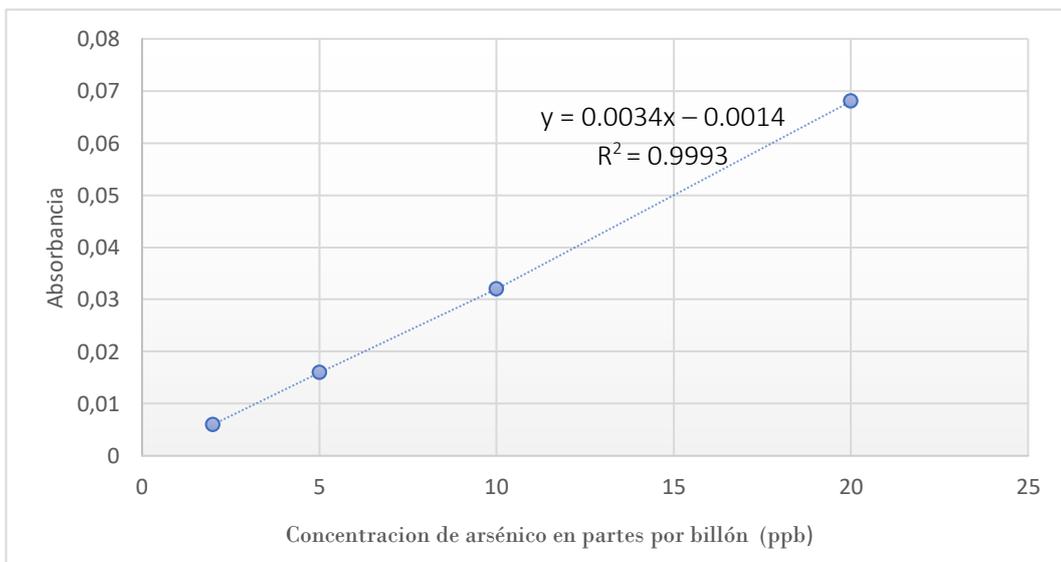
- Corriente de lampara (12 mA)
- Tiempo de lectura (4 seg.)
- Medida de señal (Absorbancia)
- Modo de vapor: calentamiento eléctrico.
- Temperatura: 900 °C
- Flujo de gas argón: 200 mL/min

### Resultado de los estándares de arsénico

**Tabla 10.** Cuadro comparativo del estándar de arsénico.

Concentración en partes por billón (µg/L)	Absorbancia medida en nanómetros (nm)
2	0.006
5	0.016
10	0.032
20	0.068

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 17.** Curva de calibración para el estándar de arsénico

## IV. RESULTADOS

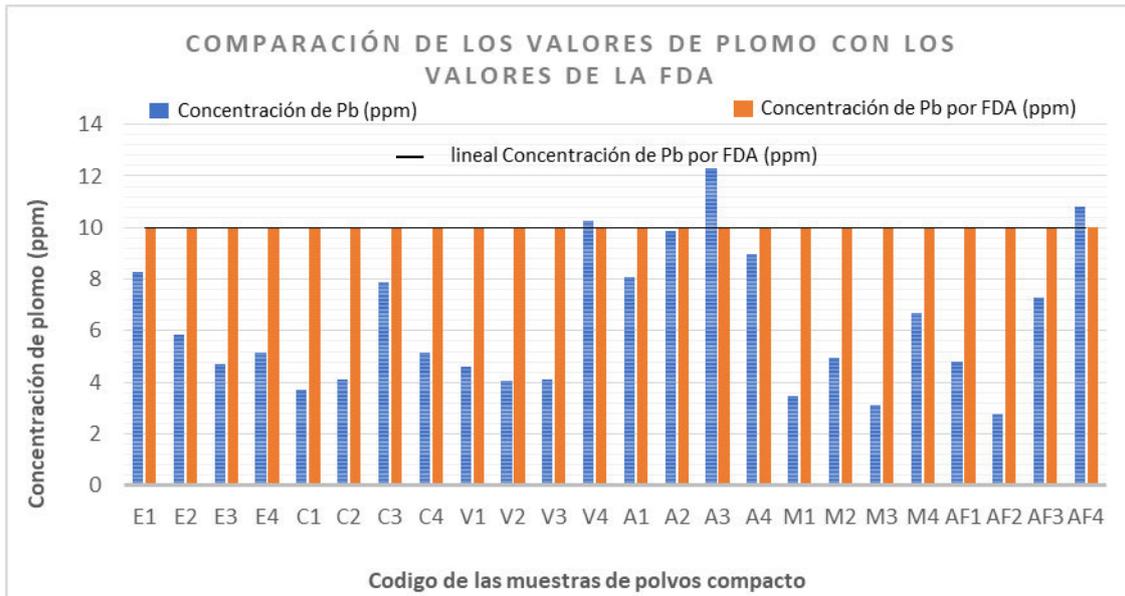
### Evaluación general del plomo

**Tabla 11.** Datos obtenidos de plomo en las 24 muestras de polvos compactos.

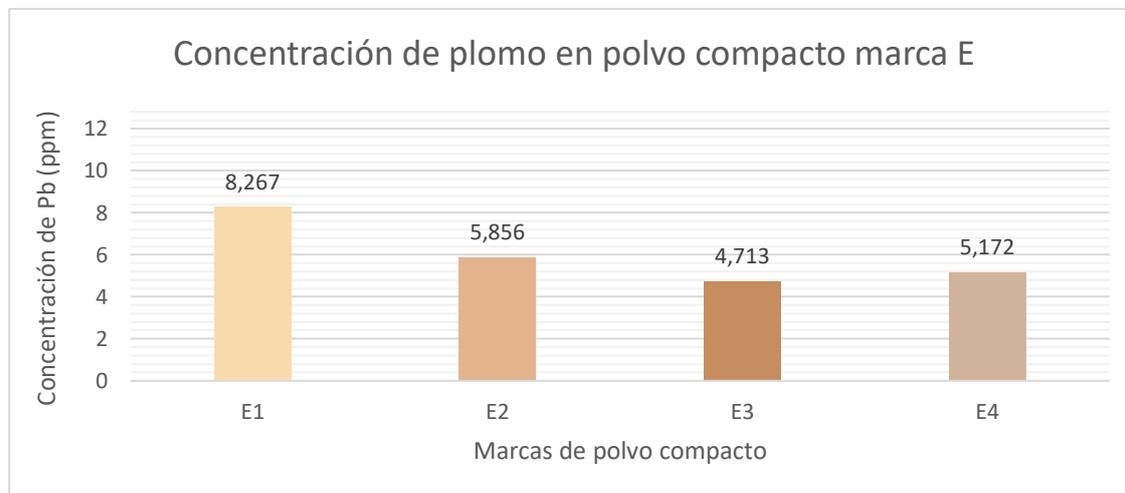
N	Tono	Codificación	Procedencia	Concentración de muestras analizadas de plomo (ppm)	Limite recomendado por FDA (ppm)
1	Claro	E1	Colombia	8.267	≤10
2	Mediano	E2	Colombia	5.856	≤10
3	Oscuro	E3	Colombia	4.713	≤10
4	Natural	E4	Colombia	5.172	≤10
5	Claro	C1	Colombia	3.715	≤10
6	Mediano	C2	Colombia	4.104	≤10
7	Oscuro	C3	Colombia	7.89	≤10
8	Natural	C4	Colombia	5.16	≤10
9	Claro	V1	EEUU	4.59	≤10
10	Mediano	V2	EEUU	4.069	≤10
11	Oscuro	V3	EEUU	4.089	≤10
12	Natural	V4	EEUU	10.271	≤10
13	Claro	A1	Colombia	8.065	≤10
14	Mediano	A2	Colombia	9.887	≤10
15	Oscuro	A3	Colombia	12.276	≤10
16	Natural	A4	Colombia	8.961	≤10
17	Claro	M1	EEUU	3.466	≤10
18	Mediano	M2	EEUU	4.956	≤10
19	Oscuro	M3	EEUU	3.118	≤10
20	Natural	M4	EEUU	6.695	≤10
21	Claro	AF1	Ecuador	4.807	≤10
22	Mediano	AF2	Ecuador	2.795	≤10
23	Oscuro	AF3	Ecuador	7.308	≤10
24	Natural	AF4	Ecuador	10.811	≤10

**Promedio de las muestras analizadas de plomo = 6.293**

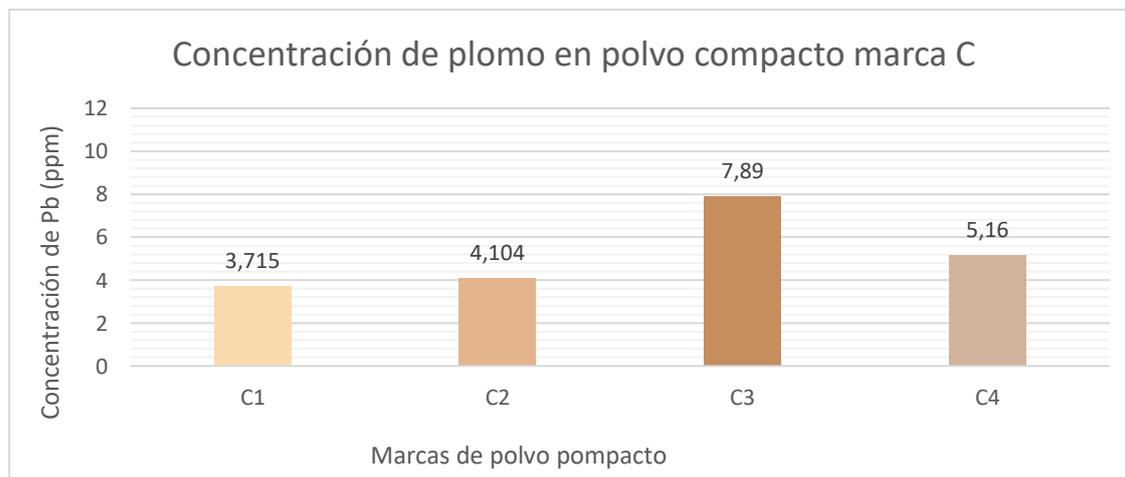
En esta tabla se detalla las 24 muestras analizadas de polvo compacto para plomo con sus respectivos códigos en donde las iniciales E, C, V, A, M, AF hacen referencia a las 6 marcas en estudio y la numeración 1, 2, 3 y 4 a los diferentes tonos como, claro, mediano, oscuro y natural. **Fuente:** Elaboración propia.



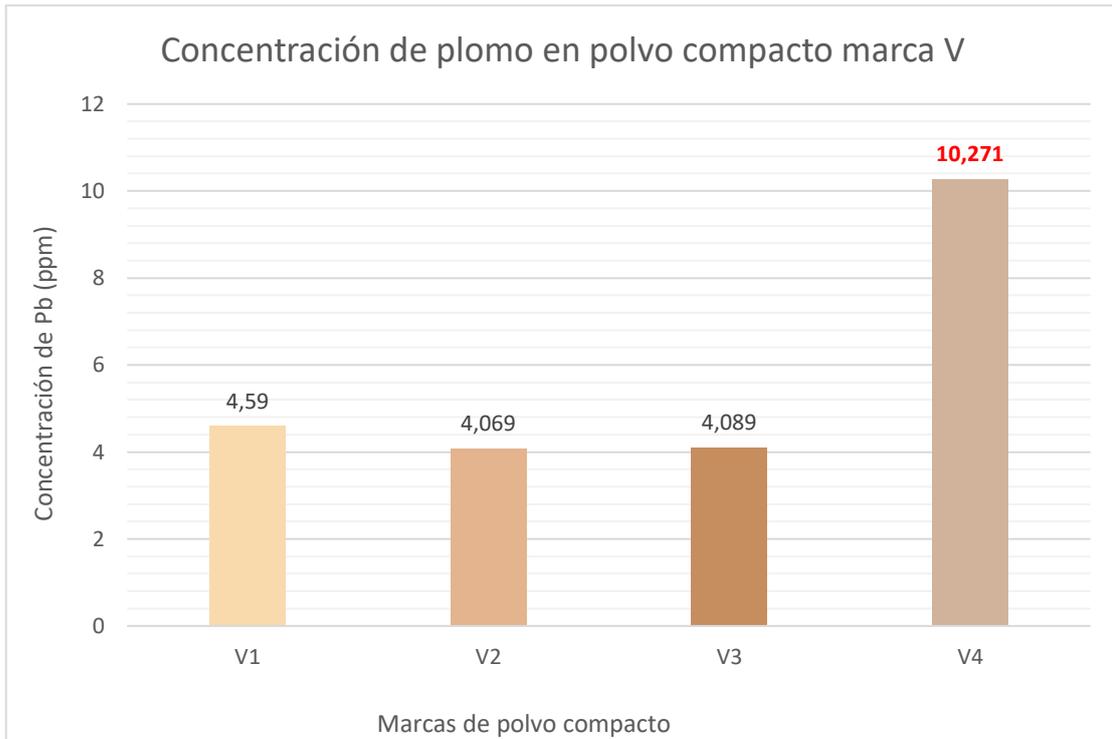
**Figura 18.** Valor de plomo de las muestras de polvos compactos analizados vs valores recomendados por la FDA. **Fuente:** Elaboración propia



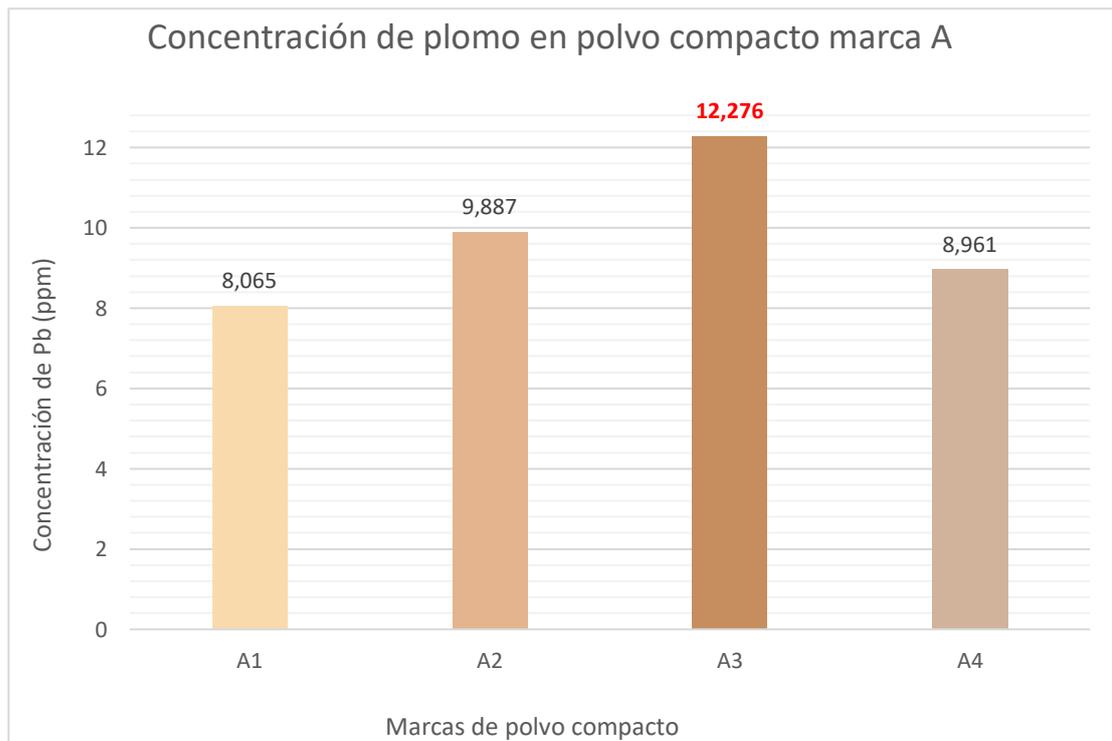
**Figura 19.** Concentración de plomo en la marca E



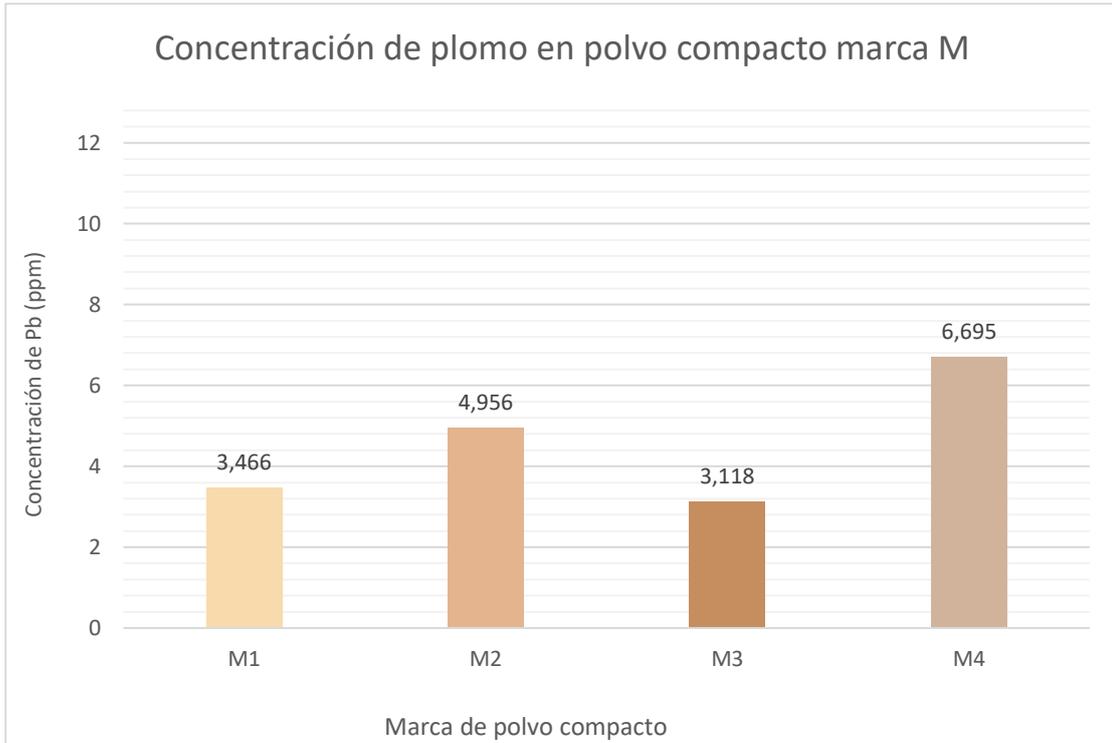
**Figura 20.** Concentración de plomo en la marca C



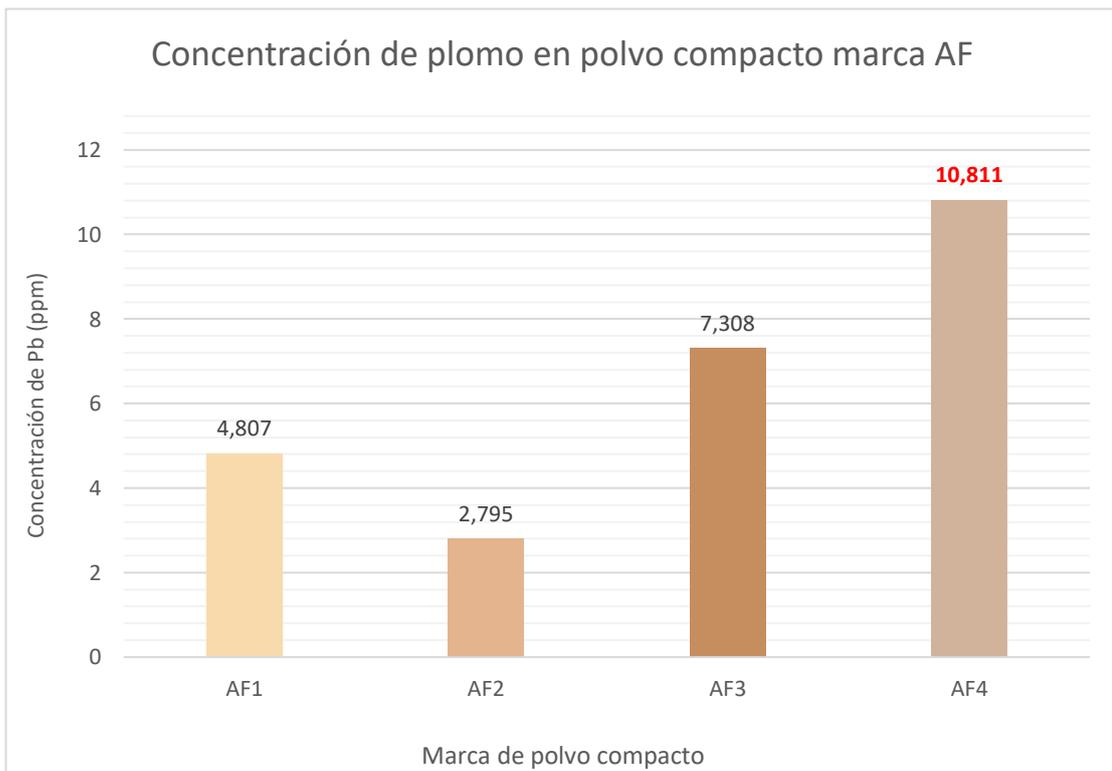
**Figura 21.** Concentración de plomo en la marca V



**Figura 22.** Concentración de plomo en la marca A



**Figura 23.** Concentración de plomo en la marca M



**Figura 24.** Concentración de plomo en la marca AF

**Prueba estadística de ANOVA para comparar las medias de plomo agrupadas por marcas de los polvos compacto**

**a) Planteamiento de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Promedio de las concentraciones de plomo en las 6 marcas son iguales, no existiendo diferencia significativa, con un 95% de confiabilidad.

**H<sub>1</sub>:** En al menos una de las marcas el promedio de concentración de plomo es distinto, existiendo diferencia significativa, con un 95% de confiabilidad.

**b) Margen de error: alfa ( $\alpha$ )=0,05**

**Tabla 12.** Resultado estadístico de **ANOVA** para plomo agrupados por marca

<b>Descriptivos</b>								
Concentración de plomo								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Esika	4	6,0020	1,5813	,7906	3,48572	8,51827	4,713	8,267
Cyzone	4	5,2172	1,8835	,9417	2,22014	8,21435	3,715	7,890
Vogue	4	5,7547	3,0204	1,5102	,94851	10,56098	4,069	10,271
Avon	4	9,7972	1,8122	,9061	6,91362	12,68085	8,065	12,276
Maybelline	4	4,5587	1,6320	,8160	1,96171	7,15578	3,118	6,695
AngelFace	4	6,4302	3,4550	1,7275	,93254	11,92795	2,795	10,811
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>6,2933</b>	<b>2,6907</b>	<b>,5492</b>	<b>5,15717</b>	<b>7,42957</b>	<b>2,795</b>	<b>12,276</b>

<b>ANOVA</b>						
Concentración de plomo						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Valor crítico para F
Entre grupos	67,351	5	13,470	2,445	,074	2,77
Dentro de grupos	99,169	18	5,509			
<b>Total</b>	<b>166,521</b>	<b>23</b>				

c) Área indicando la zona crítica. Figura 25

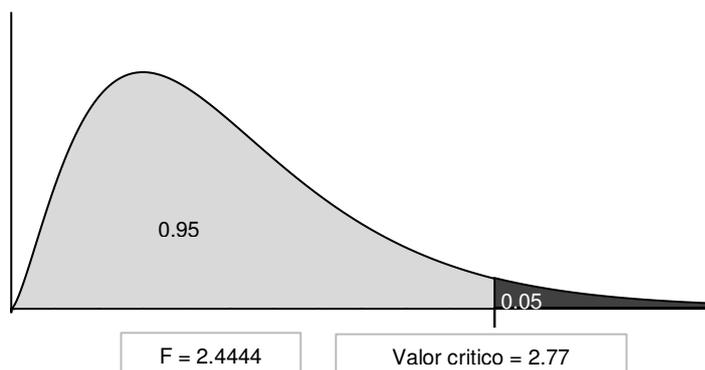
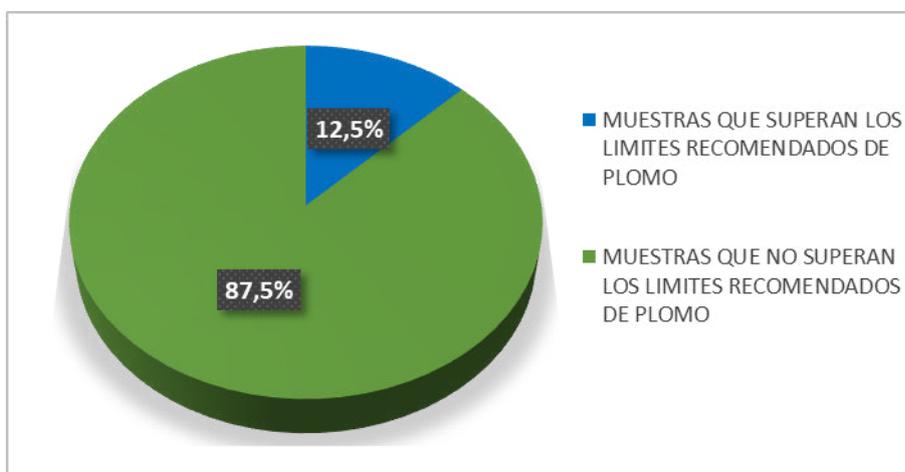


Figura 25. Valores estadísticos indicando la zona crítica

d) Conclusión de la prueba

- La prueba de ANOVA nos indica que no hay diferencia significativa entre las 6 marcas de polvo compacto para el plomo ya que el valor  $p = 0,074$  por lo tanto es mayor a  $0,05$ . Aceptando la hipótesis nula.

**Representación en porcentaje de muestras analizadas de plomo que sobrepasan los valores recomendados por la FDA**



En las muestras analizadas de polvo compacto el 12.5% del total para el plomo sobrepasa el límite recomendado por la FDA de 10 ppm.

## Comparación de medias entre las muestras analizadas para plomo y el limite recomendado por la FDA mediante el T- Student

### a) Planteamiento de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** El promedio de la concentración de plomo de muestras analizadas y el limite recomendado por la FDA son iguales, no hay una diferencia significativa.

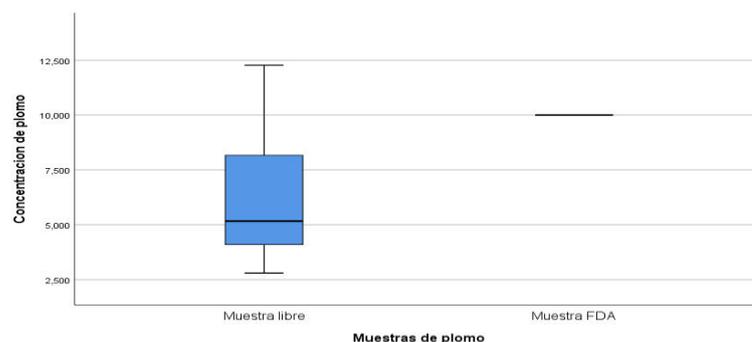
**H<sub>1</sub>:** El promedio de la concentración de plomo en las muestras analizadas y el limite recomendado por FDA son diferentes, si hay diferencia significativa.

**Tabla 13.** Resultado del T-Student para muestras analizadas de plomo con la FDA

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Concentración de plomo	Se asumen varianzas iguales	71,557	,000	-6,749	46	,000	-3,706625	,549243	-4,812195	-2,601055
	No se asumen varianzas iguales			-6,749	23,000	,000	-3,706625	,549243	-4,842821	-2,570429

### b) Conclusión de la prueba:

La prueba de T- student nos indica que si hay diferencia significativa entre los promedios de las muestras analizadas y el limite recomendado por FDA ya que el valor de  $p = 0,00$  por lo tanto es menor a  $0,05$  se rechaza la hipótesis nula.



**Figura 26.** Diferencia de medias entre las muestras de plomo.

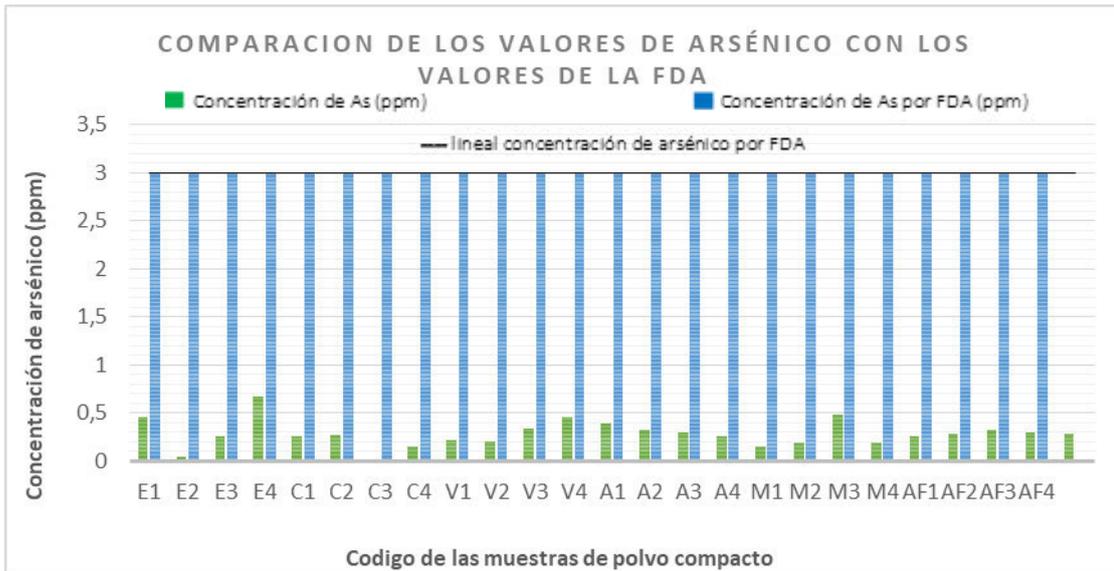
## Evaluación general del arsénico

**Tabla 14.** Datos obtenidos del arsénico para las 24 muestras de polvos compactos.

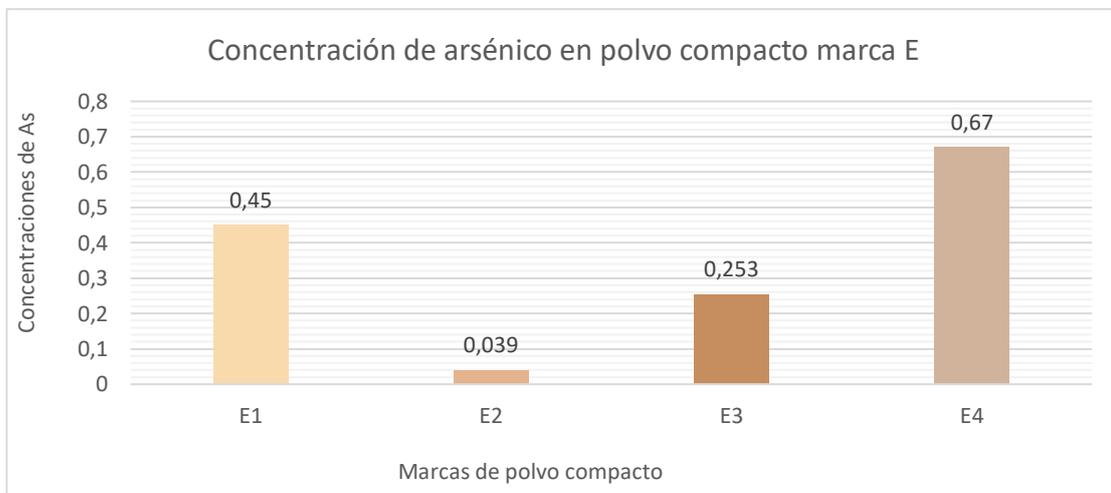
N	Tono	Codificación	Procedencia	Concentración de muestras analizadas de arsénico en (ppm)	Limite recomendado por FDA (ppm)
1	Claro	E1	Colombia	0.45	≤3
2	Mediano	E2	Colombia	0.039	≤3
3	Oscuro	E3	Colombia	0.253	≤3
4	Natural	E4	Colombia	0.67	≤3
5	Claro	C1	Colombia	0.263	≤3
6	Mediano	C2	Colombia	0.265	≤3
7	Oscuro	C3	Colombia	0.012	≤3
8	Natural	C4	Colombia	0.15	≤3
9	Claro	V1	EEUU	0.22	≤3
10	Mediano	V2	EEUU	0.197	≤3
11	Oscuro	V3	EEUU	0.335	≤3
12	Natural	V4	EEUU	0.450	≤3
13	Claro	A1	Colombia	0.394	≤3
14	Mediano	A2	Colombia	0.322	≤3
15	Oscuro	A3	Colombia	0.297	≤3
16	Natural	A4	Colombia	0.258	≤3
17	Claro	M1	EEUU	0.152	≤3
18	Mediano	M2	EEUU	0.19	≤3
19	Oscuro	M3	EEUU	0.479	≤3
20	Natural	M4	EEUU	0.19	≤3
21	Claro	AF1	Ecuador	0.262	≤3
22	Mediano	AF2	Ecuador	0.28	≤3
23	Oscuro	AF3	Ecuador	0.326	≤3
24	Natural	AF4	Ecuador	0.295	≤3

**Promedio de las muestras analizadas de arsénico = 0.2812**

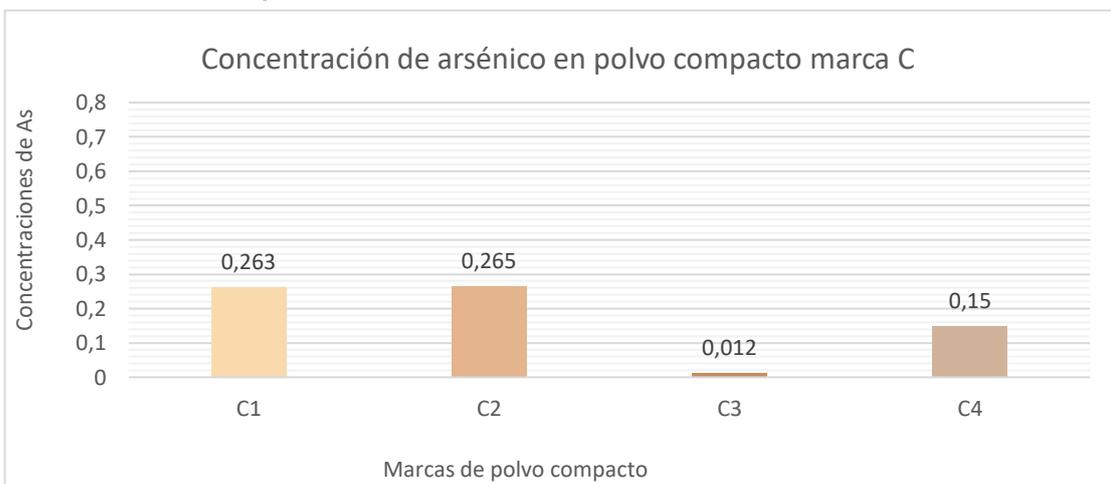
En esta tabla se detalla las 24 muestras analizadas de polvo compacto para arsénico con sus respectivos códigos en donde las iniciales E, C, V, A, M, AF hacen referencia a las 6 marcas en estudio y la numeración 1, 2, 3 y 4 a los diferentes tonos como: claro, mediano, oscuro y natural. **Fuente:** Elaboración propia.



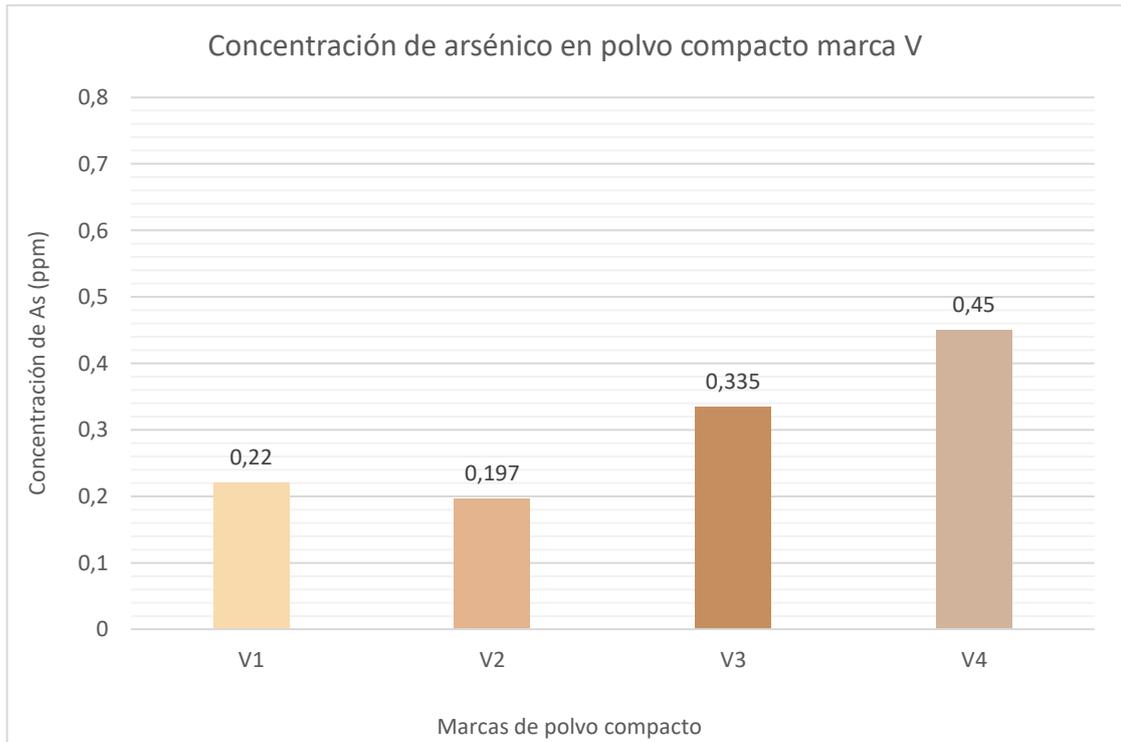
**Figura 27** Valor de arsénico en las muestras de polvo compacto analizadas vs valores recomendados por la FDA. **Fuente:** Elaboración propia.



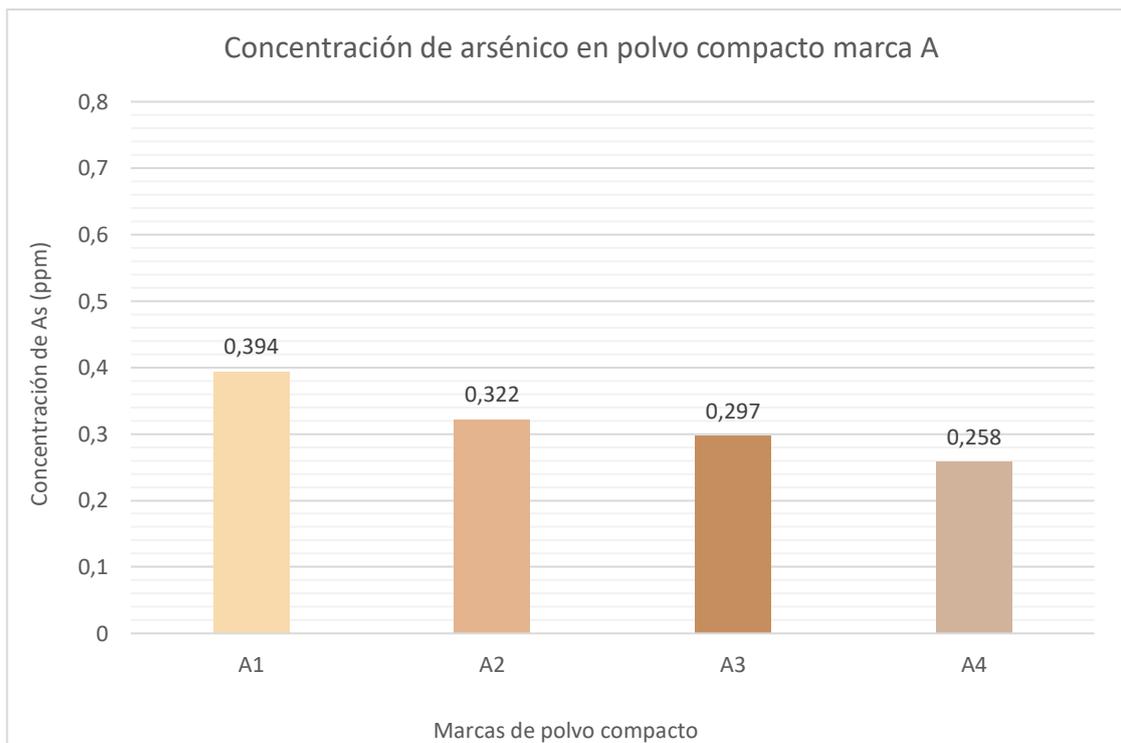
**Figura 28.** Concentración de arsénico en la marca E



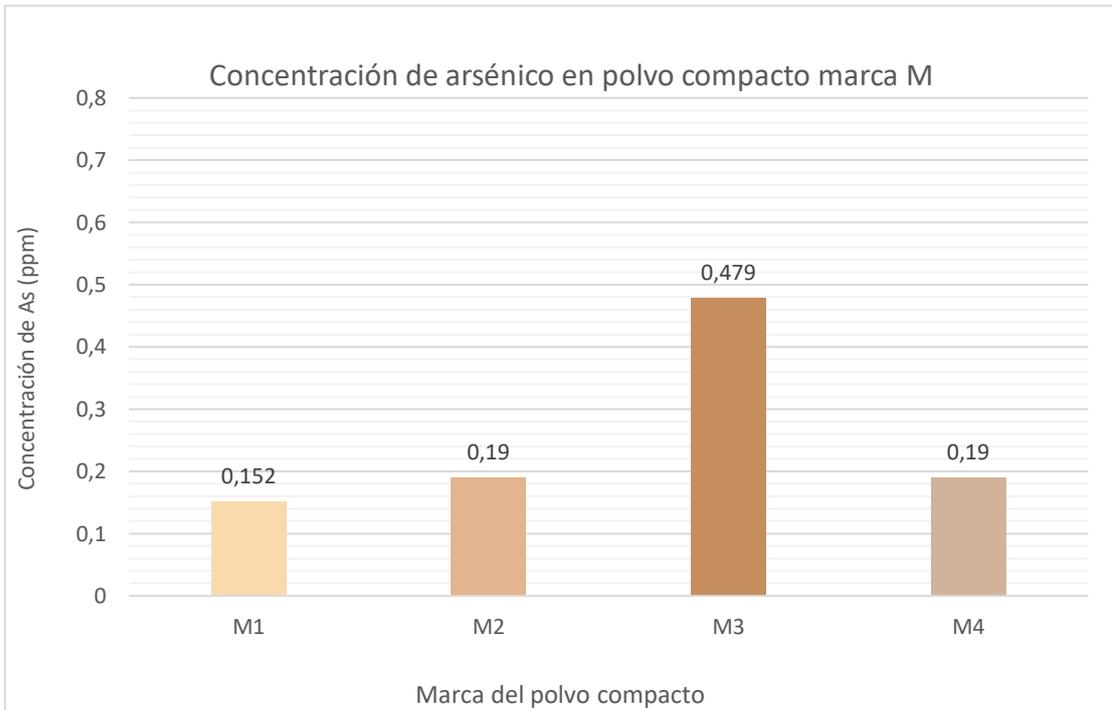
**Figura 29.** Concentración de arsénico en la marca C



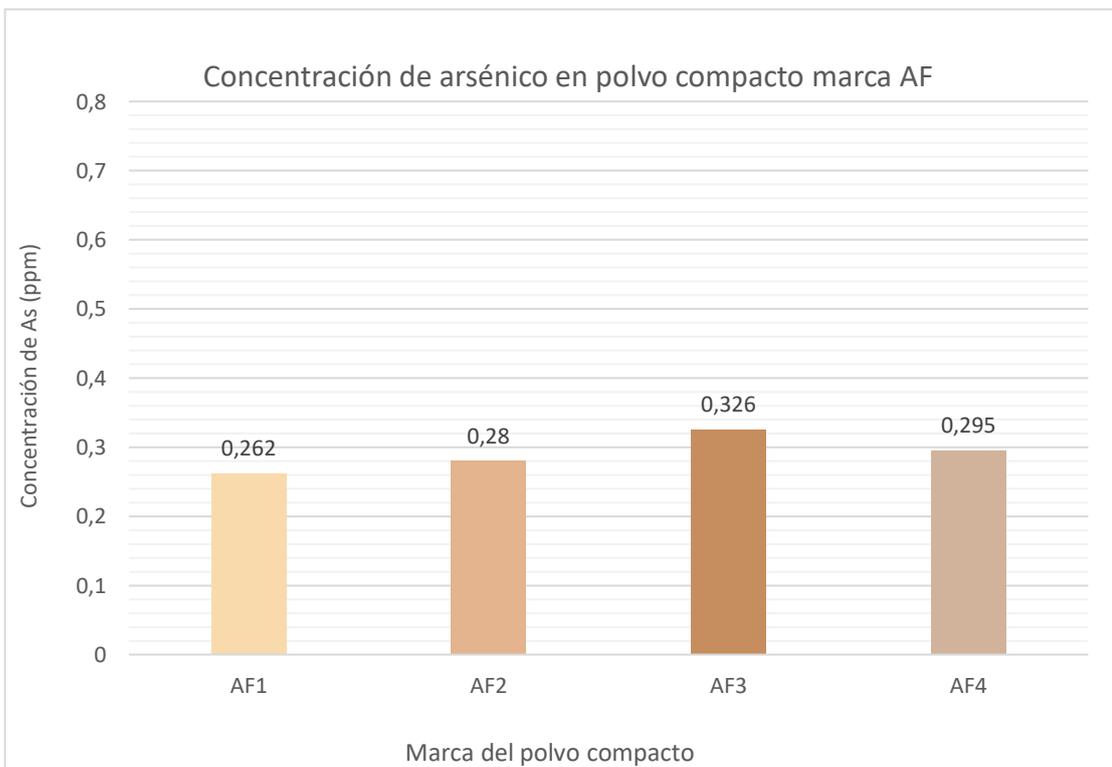
**Figura 30.** Concentración de arsénico en la marca V



**Figura 31.** Concentración de arsénico en la marca A



**Figura 32.** Concentración de arsénico en la marca M



**Figura 33.** Concentración de arsénico en la marca AF

**Prueba estadística de ANOVA para comparar las medias de arsénico agrupadas por marcas de los polvos compactos**

**a) Planteamiento de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** El promedio de concentración de arsénico en las 6 marcas son iguales, no existe diferencia significativa, con un 95% de confianza.

**H<sub>1</sub>:** En al menos una de las marcas el promedio de concentración de arsénico es distinto, si existe diferencia significativa, con un 95% de confiabilidad.

**b) Margen de error: alfa ( $\alpha$ ) = 0,05**

**Tabla 15.** Resultado estadístico de **ANOVA** para plomo agrupados por marca

<b>Descriptivos</b>								
Concentración de arsénico								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Esika	4	,3530	,2698	,1349	-,07642	,78242	,039	,670
Cyzone	4	,1725	,1197	,0598	-,01803	,36301	,012	,265
Vogue	4	,3005	,1165	,0582	,11508	,48591	,197	,450
Avon	4	,3177	,0572	,0286	,22665	,40884	,258	,394
Maybelline	4	,2527	,1518	,0759	,01105	,49444	,152	,479
AngelFace	4	,2907	,0270	,0135	,24763	,33386	,262	,326
Total	24	,2812	,1416	,0289	,22137	,34104	,012	,670

<b>ANOVA</b>						
Concentración de arsénico						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Valor crítico para F
Entre grupos	,078	5	,016	,735	,607	2,77
Dentro de grupos	,383	18	,021			
Total	,462	23				

c) Área indicando la zona crítica. Figura 34

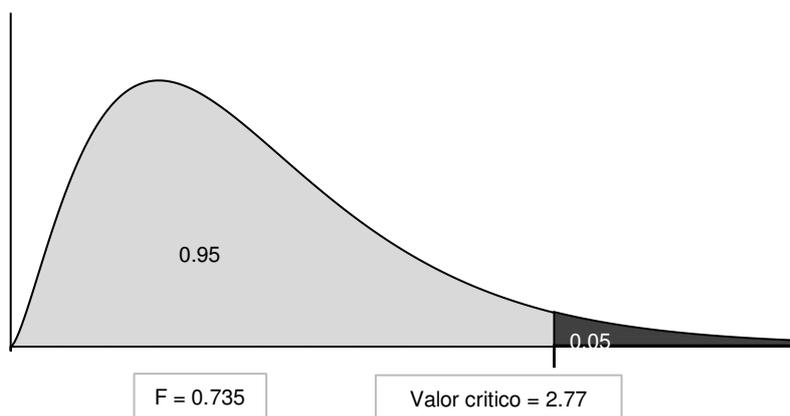


Figura 34. Valores estadísticos indicando la zona crítica

d) Conclusión de la prueba

- La prueba de ANOVA nos indica que no hay diferencia significativa entre las 6 marcas de polvo compacto para el arsénico ya que el valor de  $p = 0,607$  por lo tanto es mayor a  $0,05$ . Aceptando la hipótesis nula.

**Representación en porcentaje de las muestras analizadas de arsénico que sobrepasan los valores recomendados por la FDA**



En el caso de arsénico ninguna de las muestras supera el límite máximo recomendado por la FDA de 3 ppm.

## Comparación de medias entre las muestras analizadas para arsénico y el límite recomendado por la FDA mediante el T-Student

### a) Planteamiento de hipótesis

**H<sub>0</sub>:** El promedio de concentración de arsénico de muestras analizadas y el límite recomendado por FDA son iguales, no hay diferencia significativa.

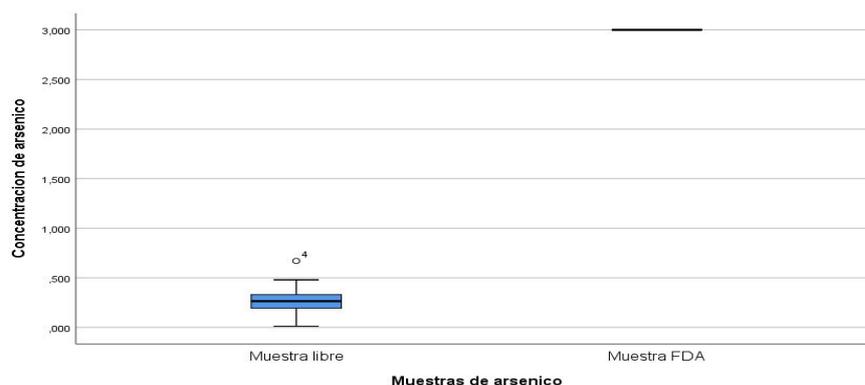
**H<sub>1</sub>:** El promedio de concentraciones de arsénico en muestras analizadas y el límite recomendado por la FDA son diferentes, si hay diferencia significativa.

**Tabla 16.** Resultado del T-Student para las muestras analizadas de arsénico con la FDA

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias			95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Concentración de arsénico	Se asumen varianzas iguales	25,404	,000	-93,997	46	,000	-2,718792	,028924	-2,777013	-2,660570
	No se asumen varianzas iguales			-93,997	23,000	,000	-2,718792	,028924	-2,778626	-2,658957

### b) Conclusión de la prueba:

La prueba de T-student nos indica que si hay diferencia significativa entre los promedios de las muestras analizadas y el límite recomendado por FDA ya que el valor de  $p = 0,00$  por lo tanto es menor a  $0,05$  se rechaza la hipótesis nula.



**Figura 35.** Diferencia de medias entre las muestras de arsénico

## V. DISCUSIÓN

Los polvos compactos tienen una presencia muy importante dentro de los cosméticos, los incrementos en variedad de los mismos están orientados a satisfacer una demanda mayor, con probables consecuencias con la aparición de fórmulas que pondrían en peligro la salud.

El método más sensible para determinar el plomo es la técnica por espectrofotómetro, según Skoog (2008). La alta sensibilidad que presenta este método de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito es ideal para encontrar cantidades muy pequeñas del analito en concentraciones en un rango de 10-10 a 10-13 gramos <sup>(71)</sup>, por lo que podemos afirmar que este trabajo posee una alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Según los datos en la Tabla 11 se puede observar la existencia de plomo en las 24 muestras analizadas en cada uno de las 6 marcas de polvos compactos con una concentración media de 6.293 ppm, en la cual dicho resultado está dentro de los valores recomendados por FDA que son menores a 10 partes por millón (ppm), pero hay 3 de las muestras analizadas que equivalen al 12,5% que sobrepasan los valores recomendados.

Utilizando el método estadístico de ANOVA con una significancia de 5%, y con el valor  $p = 0.074 > 0,05$  nos indica que la diferencia en las concentraciones de medias entre los grupos no es estadísticamente significativa en cuanto al plomo. Utilizando la prueba estadística del T-Student se tuvo como resultado del valor  $p = 0.00$  que es menor a 0.05 indicando que si hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras analizadas y los valores recomendados por FDA.

Por lo tanto, estos valores nos indican que no representarían un peligro en la salud de las personas.

Los elevados niveles de plomo de las muestras V4 (Tono natural), A3 (Tono oscuro) y AF4 (Tono natural) con valores de 10.271, 12.276 y 10.811, respectivamente según la tabla 11, superan valores recomendados por FDA. Jacinto G. (2009). Indica que “valores elevados de metales pesados en una muestra tienen como base varios factores entre ellos el uso de colorantes contaminados, un tratamiento incorrecto de la materia prima” <sup>(72)</sup>, pues se sabe que los colorantes usados en cosméticos son la principal fuente de contaminación de estos metales. Por eso estos productos deben tener una regulación y aprobación previa antes de su comercialización, a pesar de la existencia de una regulación para los insumos de color, se está encontrando concentraciones de plomo en el producto terminado que sobrepasan los valores recomendados por FDA, entonces debería establecerse otros criterios de control que deben estar adecuadamente normados y regulados por la entidad sanitaria.

No existiendo estudios de investigación previos en la determinación de plomo en Polvos compactos se toma como referencia a las sombras de ojos encontrando así estudios realizados en nuestro país, el cual data del 2014, en donde la concentración de plomo en sombras de ojos se obtuvieron resultados que se encuentran dentro de los valores recomendados según la FDA, los cuales concluyeron que no presentan riesgo identificado para la salud. <sup>(9)</sup>

En la determinación de arsénico dio como resultado una concentración media de 0.28 ppm que está dentro de los valores recomendados por FDA menores a 3 partes por millón, no encontrando ninguna muestra cuyo valor supere los límites

recomendados para el arsénico, teniendo como valor mínimo la muestra C3 (Tono oscuro) con 0.012 ppm y como valor máximo a la muestra E4 (Tono natural) con 0.67 ppm según la tabla 14.

Al igual que en el caso del plomo, se toma como referencia a las sombras de ojos encontrando así una investigación. Sainio (2000). indica “estudio para comprobar la seguridad de maquillajes de ojo, mediante la concentración de metales pesados en sombras de ojo de 49 marcas diferentes, en 88 colores estudiados encontrándose niveles altos de níquel y cobalto como para desencadenar síntomas alérgicos” <sup>(73)</sup>. Sin embargo, la concentración de arsénico encontrado era extremadamente baja con 2.3 ppm como máximo valor.

Una investigación llevada a cabo en Arabia Saudita en el 2017 determinó la cantidad de metales pesados entre ellos el arsénico, encontrando valores por debajo del límite permitido por la FDA límite  $\leq 3$  ppm corroborando así los resultados del presente trabajo. (Moniem, 2017). <sup>(74)</sup>

En la concentración de plomo y arsénico agrupados por tonos, encontramos valores de la media del tono natural que son mayores en comparación con los promedios de los otros tonos teniendo para el plomo 7,84 ppm y 0,33 ppm para el arsénico, esto se puede deber a la presencia del talco en la formulación como se sabe la formulación de polvos compactos lleva un porcentaje elevado de talco como ingrediente y el talco por ser un mineral lleva posiblemente impurezas como carbonatos, óxido de hierro naturales donde este último es fuente de pigmentos inorgánicos que podrían tener la existencia de contaminantes del metal plomo y arsénico.

Una investigación llevada a cabo en Polonia, que lleva por título Metales ocultos en varias marcas de barra labiales y polvos cosméticos presente en el mercado polaco, en dicha investigación no se encontró rastros metales pesados en polvos cosméticos de tono claro que fueron analizados. (Lodyga, 2018) <sup>(75)</sup>

Sin embargo, en otra investigación llevado a cabo en Nigeria en el año 2010 que tiene por título Trazas de metales pesados en talco de polvos cosméticos comercializados en Nigeria, corrobora nuestros datos indicando la presencia de metales pesados entre ellos el Pb, Cd, Co y Cr donde se encontró 5 ppm para el plomo. <sup>(76)</sup>

## VI CONCLUSIONES

- La concentración media para el plomo encontrado en las 24 muestras analizadas de polvo compacto fue de 6.293 ppm, obteniéndose valores máximos de 12.276 ppm y valores mínimos de 2.795 ppm.
- La concentración media de arsénico encontrado en las 24 muestras analizadas de polvo compacto fue de 0.28 ppm, obteniéndose valores máximos de 0.67 ppm y valores mínimos de 0.012 ppm.
- En las muestras de polvos compactos, el 12.5% del total para el plomo, supera el valor máximo recomendado por FDA de 10 ppm. en el arsénico ninguna muestras analizadas sobrepasa el valor máximo recomendado por FDA de 3 ppm.
- Los polvos compactos de la marca A presentan la mayor concentración promedio de plomo 9.79 ppm en comparación con las otras marcas, mientras que los polvos compactos de la marca E presentan la mayor concentración promedio de arsénico 0.35 ppm en comparación con las otras marcas.

## VII. RECOMENDACIONES

- Continuar investigando la concentración de Polvos Compactos en otras marcas tanto nacional como extranjera ya que no existen trabajos que analicen este producto, al igual que otros metales pesados como cadmio, cromo, para que puedan servir como base en la aplicación de una mejor regulación en cuanto a estos productos.
- incentivar, mediante más trabajos de investigación, a las entidades competentes como la DIGEMID a establecer normas dentro de nuestro país para la cantidad de metales contaminantes presentes en cosméticos debido a que la regulación de estos productos solo viene por parte de normas internacionales, paralelamente podríamos marcar un hito en beneficio de la industria de los cosméticos nacionales.
- Llevar a cabo investigaciones con un número mayor de muestras analizadas y porque no tratando de cubrir la mayor cantidad de marcas comercializadas dentro del territorio nacional.

## VII BIBLIOGRAFÍA

1. Al-Saleh I, Al-Enazi S, Shinwar I. Assessment of lead in cosmetic products. Regul Toxicol Pharmacol 2009 Jul;54(2):105-13.
2. Goossens A. Contact-Allergic Reactions to Cosmetics. Hindawi Publishing Corporation Journal of Allergy. Volumen 2011, Article ID 467071.
3. Barel A, Paye M, Maibach H. Handbook of cosmetic science and technology. 3<sup>ra</sup> Ed. Informa Healthcare USA, Inc. 2009
4. Poma P. Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2008 junio; 69(2):120-126.
5. Decisión 516. Armonización de legislaciones en materia de productos cosméticos. [En línea]. [citado el 20 noviembre del 2018. Disponible en: <http://www.digemid.minsa.gob.pe/upload/uploaded/pdf/decision5166.pdf>.
6. Abdel K, Soliman H, Salama A, Sdeek F. Heavy metals evaluation and assessment in some cosmetic products sold in Egyptian markets. International Journal of Research in Cosmetic Science. 2018; 7(1): 1-7.
7. Hussain U, Shamsa N, Ali R, Amir W, Shumaila Z, Muhammad A, et al. Comparative study of heavy metals content in cosmetic products of different countries marketed in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Arabian Journal of Chemistry. 2013; 10(1): 10-18.
8. Marisa F, Beth A, Habibul A, Vásquez A, Joseph H, Claudia T. The Broad Scope of Health Effects from Chronic Arsenic Exposure: Update on a Worldwide Public Health Problem. Environmental Health Perspectives. 2013 mar; 121(3): 1-8.

9. Delgado C. Determinación de la concentración de plomo por Espectrofotometría de absorción atómica en sombras de ojos que se comercializan en los mercadillos de Tacna. [Tesis para obtener el título profesional]. Tacna: Universidad Jorge Basadre Grohmann; 2015.
10. Alvarado A, Loja B, Pineda M, Inocente M, Castañeda B. Determinación de plomo en lápices Labiales de diferentes marcas comercializados en Lima. *Horiz Med.* 2014; 14(2): 18-21.
11. De Lapuente J, Borrás M, González-Linares J, Llanas H, Mitjans M, Ramos-López D, Vinardell P. Los métodos alternativos en el estudio de la seguridad de cosméticos. *Revista de Toxicología (Esp).* 2014. 31(2): 140-148.
12. Kanitakis J. Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol.* 2002 jul;12(4):390-399.
13. Bolonia J, Jorizzo J, Rapini R. *Dermatology.* 2ª Ed. Ed Elsevier. 2008. España.
14. Toedt J, Koza D, Van K. *Chemical Composition of Everyday Products.* Library of congress cataloging. 2005.
15. Historia sobre los polvos compactos. [En línea]. Australian Academy of Science [Fecha de acceso: 15 de febrero del 2019]. URL Disponible en: <https://www.science.org.au/curious/people-medicine/chemistry-cosmetics>
16. Wilkinson J, Moore R. *Cosmetología de Harry.* 1st ed. Madrid: Díaz de Santos; 1990.
17. Sombra de ojos y procesos para su elaboración. [En línea]. Patentdocs stay tuned to the technology. [Fecha de acceso: 16 de febrero del 2019]. URL Disponible en: <http://www.patentsencyclopedia.com/app/20090035239>

18. Miranda L, Muñoz S. Calidad Microbiológica de Polvos Compactos comercializados en el Distrito de Trujillo-Mayo 2011. [Tesis].[Trujillo]: Universidad Nacional de Trujillo; 2011.
19. Rowe R, Sheskey P, Owen S. Handbook of pharmaceutical excipients, 6<sup>ta</sup> Ed. Pharmaceutical Press. Great Britain. 2009.
20. Sharma G, Gadiya J, Dhanawat M. A Textbook of Cosmetic Formulations. Department of Pharmacy, Mewar University, Rajasthan-312 901, India
21. Baki D, Kenneth S. Introduction to Cosmetic Formulation and Technology. 1° Ed. Library of Congress Cataloging. 2015.
22. Klaassen C. Toxicology the Basic Science of Poisons. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 2008.
23. OMS. Intoxicación por plomo y salud. [Online].;2014 [Citado el 5 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
24. García J, Méndez J, Pásaro E, Laffon B. Genotoxic effects of lead: an Updated Review. Environment International. 2010 agosto;36(6):623-636.
25. ATSRD. Toxicological profile for lead. [Online].; 2007 [cited 2018 diciembre 14]. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>
26. Redfield R., Rothwell C., Centers for Disease Control and Prevention. EEUU: Health; 2017.
27. Burger M., Pose D., Plomo, Salud y Ambiente en Uruguay. Uruguay. 2010
28. Hughes R., Apol A., Cleary W., Davidson M., Donovan M., Guffey S., American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 23 Ed. EEUU.

29. Peña M, Arroyave L, Aristizábal J, Gómez E. Toxicología Clínica. 1st ed. Colombia: Corporación para investigaciones biológicas; 2010.
30. Poma P., Lead effects on humans. *Medicina* 2008; 69(2):120-6.
31. Rodríguez A, Cuéllar L, Maldonado C, Suardiaz E. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2016;35(3):251-271.
32. Ramírez A. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. *Anales de la Facultad de Medicina UNMSM*. 2005;66(1):57-70.
33. PNUMA. Saturnismo Infantil: Información para promover los intereses de la infancia y adoptar medidas. [Online].;1997 [cited 2018 diciembre 22]. Available from: <https://docplayer.es/15088806-Informacion-para-promover-los-intereses-de-la-infancia-y-adoptar-medidas-pnuma.html>.
34. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe [Internet]. 2th ed. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe. 2010 [Fecha de acceso: 20 de diciembre del 2018]. URL disponible en:  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf)
35. Shannon Michael. «Lead». *Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose*. 1998 [Fecha de acceso: 30 de diciembre de 2018]. URL disponible: <https://sci-hub.tw/10.1056/NEJM199803123381120>
36. Azcona M, Ramírez R, Vicente G. Efectos tóxicos en plomo. *Rev. Esp Méd Quir*. 2015; 20(1):72-77.
37. Melinda M, Valdivia I. Intoxicación por plomo. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina*. 2005; 18(1): 22-27.

38. American Chronic Pain Association. 2016. [Fecha de acceso: 30 de noviembre del 2018]. URL disponible en: [https://www.theacpa.org/wp-content/uploads/2018/05/ACPA\\_Resource\\_Guide\\_2018-Final\\_Feb.pdf](https://www.theacpa.org/wp-content/uploads/2018/05/ACPA_Resource_Guide_2018-Final_Feb.pdf)
39. Flora S, Pachauri V. Chelation in Metal Intoxication. *Int J Environ.* 2010;7(7):2745–2788.
40. Fontana D, Lascano V, Sofa N, Martinez S, Virgolini M. Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. *Revista de Salud Publica.* 2013 abril;17(1):49-59.
41. WHO. Expert Committee on food Additives. [Online].; 2010 [ Cited 2018 Agosto 6]. Available from: [https://www.who.int/foodsafety/chem/summary72\\_rev.pdf](https://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf)
42. Hughes M, Beck B, Chen Y, Lewis A, Thomas D. Arsenic Exposure and Toxicology: A Historical Perspective. *Toxicol Sci.* 2011;123(2):305–332.
43. Galetovic A, Fernicola N. Arsénico en agua de bebida: Un problema de salud pública. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences.* 2013;39(4).
44. Klaassen C, Watkins J. *Essentials of Toxicology.* 3rd ed. USA: McGraw-Hill; 2015.
45. ATSDR. Toxicidad por arsénico: Regulación para la exposición al arsénico. [online].; 2005 [ cited 2018 noviembre 15]. Available from: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/normas\\_regulaciones.html#modalIdString\\_CDCTable\\_0](https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/normas_regulaciones.html#modalIdString_CDCTable_0)
46. Abernathy C, Morgan A. Exposure and Health Effects. [Online].; 2001 [cited 2018 agosto 15]. Available from: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/arsenicun3.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/arsenicun3.pdf)
47. Flores E, Pérez J. Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL, de cisterna y de

pozo del distrito de Puente Piedra, 2009. [Tesis para obtener el título profesional]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2010.

48. Molin M, Ulven S, Meltzer, H. Arsenic in the human food chain, biotransformation and toxicology - focusing on seafood arsenic. *Journal of trace elements in Medicine and Biology*. 2015 julio; 31(1):249-259.
49. Laguna L, Ricaldi E. Determinación de plomo y arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana. [Tesis]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.
50. Ramírez A. Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica. *An Fac Med*. 2013 julio; 74(3): 237-247.
51. Clemente M, Devesa V, Vélez D. Dietary Strategies to Reduce the Bioaccessibility of Arsenic from Food Matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016 enero; 64(4):923-931
52. Cheng-Che C, Hsin-Su Y, Ying-Chin K. Chronic arsenic exposure and its adverse health effects in Taiwan: A paradigm for management of a global environmental problem. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences* 2011 Mar; 27(9): 411-416.
53. Ferrer A. Intoxicación por metales. *An Sis san Navarra*. 2003; 26(1): 141 153.
54. Medina M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 2018 marzo; 35(1): 93-102.

55. Hong Y, Song K, Chung J. Health effects of chronic arsenic exposure. *Journal of Preventive Medicine y Public Health*. 2014 septiembre; 47(5): 245-252.
56. Meliker J, Slotnick M, Avruskin G, Schottenfeld D, Jacquez G. Lifetime exposure to arsenic in drinking water and bladder cancer. *Cancer Causes y Control*. 2010 mayo; 21(5): 745-757.
57. Jomova K, Jenisova Z, Feszterova M, Baros S, Liska J, Hudecova D. Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. *Journal of Applied Toxicology*. 2011 febrero; 31(2): 95-107.
58. Beane L, Dennis L, Lynch C, Thorne P, Just C. Toenail arsenic content and cutaneous melanoma in Iowa. *Am J Epidemiol*. 2004 oct;160(7):679-687.
59. Chiu H, Ho S, Wang L, Wu T, Yang C. Does arsenic exposure increase the risk for liver cancer. *J Toxicol Environ Health A*. 2004 Oct; 67(19):1491-1500.
60. Howard H. *Harrison Principios de Medicina Interna*. 19th ed. USA: The McGraw; 2016.
61. NJ&Health. Hoja informativa sobre sustancias peligrosas de arsénico. [Online].; 2009 [cited 2018 octubre 21]. Available from: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0152sp.pdf>
62. Chen Y, Ahsan H. Cancer burden from arsenic in drinking water in Bangladesh. *Am J Public Health*. 2004 May; 94(5): 741-744.
63. Ambrosio F, Brown E, Stolz D, Ferrari R. Arsenic induces sustained impairment of skeletal muscle and muscle progenitor cell ultrastructure and bioenergetics. *Free Radical Biology and Medicine*. 2014 Setiembre; 74(1):64-73.

64. Nordberg G. Metales: Propiedades químicas y toxicidad, Arsénico. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. [En línea]. [Citado el 25 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>
65. MINSA. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Arsénico. [Online].; 2011 [cited 2018 noviembre 25]. Available from: [https://www.saludarequipa.gob.pe/salud\\_personas/archivos/GPC%202011/RM389-2011-MINSA%20Intox.%20Arsenico.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/salud_personas/archivos/GPC%202011/RM389-2011-MINSA%20Intox.%20Arsenico.pdf)
66. Vilensky J, Redman K. British anti-Lewisite (dimercaprol) an amazing history. *Annals Emergency Medicine*. 2003 marzo; 41(3): 378-383.
67. Jerrold B, Frank P. *Poisoning and Toxicology Handbook*. 4th ed. New York: Lexi-Comp, Inc; 2008.
68. Atachao E. Determinación de los niveles de plomo y cadmio en labiales en barra multimarca mediante espectrofotometría de absorción atómica según comercialización en Lima Cercado. 2017. [Tesis para obtener el título profesional]. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
69. Mañay N, Clavijo G, Diaz L. Absorción atómica con horno de grafito. [En línea]. [Citado el 21 de julio de 2018]. URL Disponible en: <http://riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf>
70. Gallarta F, Sanz J, Galbán J. Generación de hidruros-espectrofotometría de absorción atómica molecular UV-VIS en fase gas, determinación de arsénico, antimonio y selenio. [Investigación]. [Zaragoza]: Universidad de Zaragoza; 1992.

71. Skoog D, Holler F, Crouch S. Principios de análisis instrumental. 6th ed. México: Learning Editores; 2008.
72. Jacinto G. Determinación del contenido de plomo en delineadores de ojos que se venden en distribución popular a bajo costo. [Tesis]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2009.
73. Sainio E, Jolanki R, Hakala E, Kanerva L. Metals and arsenic in eye shadows. Contact Dermatitis. 2000 ene; 42(1):5-10.
74. Moniem H, Ahmed K, Muhammad H, Alhafez N, Bijad M. Determination of Some Heavy Metals in Eye Shadows Cosmetics. Asian J. Chem. 2017 mar; 29(7):1441-1446.
75. Lodyga E, Sykula A, Wiedlocha M. Hidden Metals in Several Brands of Lipstick and Face Powder Present on Polish Market. Journal Cosmetics 2018 oct, 5,57.
76. Nnorom I.C. Trace metals in cosmetic facial talcum powders marketed in Nigeria. Toxicological and Environmental Chemistry. 2011 July: 93(6):1135-1148.

## Lista de anexo

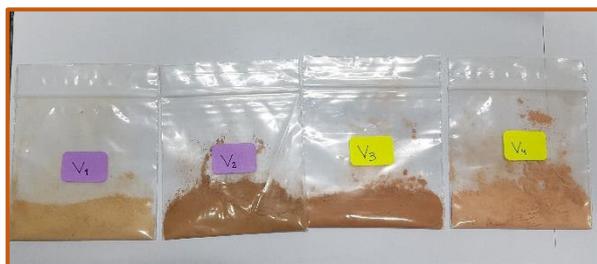
**Anexo 1.** Datos de los polvos compactos para su identificación adquiridos en el distrito de Cercado de Lima.

Codificación	Marca del producto	Compañía	Lugar de origen	peso
<b>E1</b>	Ésika	BEL STAR SA	Colombiana	4.5 g
<b>E2</b>	Ésika	BEL STAR SA	Colombiana	
<b>E3</b>	Ésika	BEL STAR SA	Colombiana	
<b>E4</b>	Ésika	BEL STAR SA	Colombiana	
<b>C1</b>	Cyzone	BELCORP	Colombia	4 g
<b>C2</b>	Cyzone	BELCORP	Colombia	
<b>C3</b>	Cyzone	BELCORP	Colombia	
<b>C4</b>	Cyzone	BELCORP	Colombia	
<b>V1</b>	Vogue	Laboratorio cosmético Vogue SAS	EEUU	14g
<b>V2</b>	Vogue	Laboratorio cosmético Vogue SAS	EEUU	
<b>V3</b>	Vogue	Laboratorio cosmético Vogue SAS	EEUU	
<b>V4</b>	Vogue	Laboratorio cosmético Vogue SAS	EEUU	
<b>A1</b>	Avon	No indica	Colombiana	14 g
<b>A2</b>	Avon	No indica	Colombiana	
<b>A3</b>	Avon	No indica	Colombiana	
<b>A4</b>	Avon	No indica	Colombiana	
<b>M1</b>	Maybelline	L'Oreal	EEUU	12 g
<b>M2</b>	Maybelline	L'Oreal	EEUU	
<b>M3</b>	Maybelline	L'Oreal	EEUU	
<b>M4</b>	Maybelline	L'Oreal	EEUU	
<b>AF1</b>	Ángel Face	Pond's	Ecuatoriana	14 g
<b>AF2</b>	Ángel Face	Pond's	Ecuatoriana	
<b>AF3</b>	Ángel Face	Pond's	Ecuatoriana	
<b>AF4</b>	Ángel Face	Pond's	Ecuatoriana	

## Anexo 2. Variabilidad de tonos de Polvos Compactos.



### Anexo 3. Muestras de Polvos Compactos.



## Anexo 4. Reporte de resultados de análisis.



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



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

N° 87402 - 87444

### PROTOCOLO DE ANÁLISIS TONICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sra. Karina Yapuchura Casavica/Sr. Luis Alberto Chusco Satta

TESIS: Determinación de Plomo y Arsénico en Polvos Compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima

FECHA DE RECEPCIÓN: 03 de Noviembre de 2018 HORA: 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 27 de Noviembre de 2018 HORA: 07:40 p.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 11 de Diciembre de 2018 HORA: 10:30 p.m.

#### MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con horno grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87402	Polvos compactos (Código: E1)	Cuantificación de Plomo	8.267 ppm
87435		Cuantificación de Arsénico	0.45 ppb
87403	Polvos compactos (Código: E2)	Cuantificación de Plomo	5.856 ppm
87450		Cuantificación de Arsénico	0.039 ppb
87404	Polvos compactos (Código: E3)	Cuantificación de Plomo	4.713 ppm
87437		Cuantificación de Arsénico	0.253 ppb
87405	Polvos compactos (Código: E4)	Cuantificación de Plomo	5.172 ppm
87438		Cuantificación de Arsénico	0.67 ppb
87406	Polvos compactos (Código: C1)	Cuantificación de Plomo	3.715 ppm
87439		Cuantificación de Arsénico	0.263 ppb
87407	Polvos compactos (Código: C2)	Cuantificación de Plomo	4.104 ppm
87443		Cuantificación de Arsénico	0.265 ppb
87408	Polvos compactos (Código: C3)	Cuantificación de Plomo	7.89 ppm
87441		Cuantificación de Arsénico	0.012 ppb
87409	Polvos compactos (Código: C4)	Cuantificación de Plomo	5.16 ppm
87442		Cuantificación de Arsénico	0.15 ppb
87410	Polvos compactos (Código: V1)	Cuantificación de Plomo	4.59 ppm
87443		Cuantificación de Arsénico	0.22 ppb
87411	Polvos compactos (Código: V2)	Cuantificación de Plomo	4.069 ppm
87444		Cuantificación de Arsénico	0.197 ppb

Lima, 15 de diciembre de 2018

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



AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
COFP: 18579

#### RECIBE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

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



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



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

N° 87412 - 87454

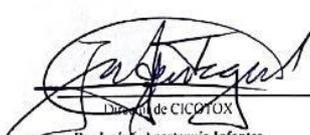
**PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

**SOLICITANTE:** Sra. Karina Yapuchara Casavileca/Sr. Luis Alberto Chaco Suta  
**TELIS:** Determinación de Plomo y Arsénico en Polvos Compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 03 de Noviembre de 2018 HORA: 08:30 p.m.  
**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 27 de Noviembre de 2018 HORA: 07:40 p.m.  
**FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:** 11 de Diciembre de 2018 HORA: 10:30 p.m.

**MÉTODOS:**  
 Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con horno grafito  
 Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87412	Polvos compactos (Código V3)	Cuantificación de Plomo	4.089 ppm
87445		Cuantificación de Arsénico	0.335 ppm
87413	Polvos compactos (Código V4)	Cuantificación de Plomo	10.271 ppm
87446		Cuantificación de Arsénico	0.450 ppm
87414	Polvos compactos (Código A1)	Cuantificación de Plomo	8.065 ppm
87447		Cuantificación de Arsénico	0.394 ppm
87415	Polvos compactos (Código A2)	Cuantificación de Plomo	9.887 ppm
87448		Cuantificación de Arsénico	0.322 ppm
87416	Polvos compactos (Código A3)	Cuantificación de Plomo	12.276 ppm
87449		Cuantificación de Arsénico	0.297 ppm
87417	Polvos compactos (Código A4)	Cuantificación de Plomo	8.961 ppm
87450		Cuantificación de Arsénico	0.258 ppm
87418	Polvos compactos (Código M1)	Cuantificación de Plomo	3.466 ppm
87451		Cuantificación de Arsénico	0.152 ppm
87419	Polvos compactos (Código M2)	Cuantificación de Plomo	4.956 ppm
87452		Cuantificación de Arsénico	0.19 ppm
87420	Polvos compactos (Código M3)	Cuantificación de Plomo	3.118 ppm
87453		Cuantificación de Arsénico	0.479 ppm
87421	Polvos compactos (Código M4)	Cuantificación de Plomo	6.695 ppm
87454		Cuantificación de Arsénico	0.19 ppm

Lima, 15 de diciembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteigua Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09159857

  
  
 AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579

**RECOGE RESULTADO**  
**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **FIRMA:** \_\_\_\_\_  
**D.N.I:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** \_\_\_\_\_ **HORA:** \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepción del resultado.

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



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

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



N° 87422 - 87458

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sra. Karina Yapuchura Casavile/Sr. Luis Alberto Chuco Sutta

TESIS: Determinación de Plomo y Arsénico en Polvos Compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima

FECHA DE RECEPCIÓN: 03 de Noviembre de 2018 HORA: 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 27 de Noviembre de 2018 HORA: 07:40 p.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 11 de Diciembre de 2018 HORA: 10:30 p.m.

MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87422	Polvos compactos (Código AF1)	Cuantificación de Plomo	4.807 pp.m
87455		Cuantificación de Arsénico	0.262 pp.m
87423	Polvos compactos (Código AF2)	Cuantificación de Plomo	2.795 pp.m
87456		Cuantificación de Arsénico	0.28 pp.m
87424	Polvos compactos (Código AF3)	Cuantificación de Plomo	7.308 pp.m
87457		Cuantificación de Arsénico	0.326 pp.m
87425	Polvos compactos (Código AF4)	Cuantificación de Plomo	10.811 pp.m
87458		Cuantificación de Arsénico	0.293 pp.m

Lima, 15 de diciembre de 2018

*[Firma]*  
Director CICOTOX

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



*[Firma]*  
AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
ZQFP: 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepción del resultado.

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1

E-mail: cicotox.farmac@unmsm.edu.pe

http://farmacia.unmsm.edu.pe