



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 arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde China

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTORES

Erika Lucia TACUNAN RIVEROS

Marlon Joao ROSALES ARROYO

ASESOR

Dr. 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

Tacunan E., Rosales M. Determinación de arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde China [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 arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde China"

Que presentan los Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

**ERIKA LUCIA TACUNAN RIVEROS Y
MARLON JOAO ROSALES ARROYO**

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:

SOBRESALIENTE (17)

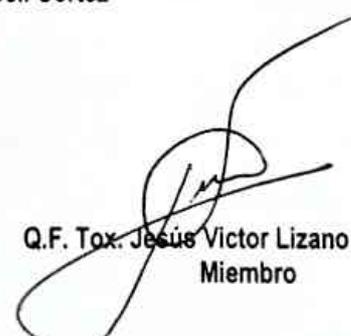
en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 15 de abril de 2019


Dr. José Roger Juárez Eyzaguirre
Presidente


Dr. Carlos Alejandro Bell Cortez
Miembro


Mg. Bertran Santiago Trujillo
Miembro


Q.F. Tox. Jesús Victor Lizano Gutiérrez
Miembro

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

El presente trabajo va dedicado a Dios por ser mi guía, a mi querida madre por su amor, apoyo incondicional y confianza, a mi sobrino Juan Pablo por ser mi motivo de superación, a Marlon, mi compañero de la vida por su paciencia, y a mi asesor José por su apoyo y confianza.

Dedico el presente trabajo en primer lugar a mis padres por su amor, cariño y gran apoyo, por ser la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera. A mis hermanos por su ejemplo, ayuda y palabras de aliento, a Erika mi gran amor por apoyarme, motivarme y ayudarme, gracias a ti logramos juntos este trabajo y al doctor José por su asesoría, sus valiosos consejos, su apoyo y por brindarnos su valioso tiempo.

RESUMEN

En el presente trabajo se cuantificó las concentraciones de arsénico y mercurio en 20 muestras de sombras para ojos correspondientes a cuatro marcas procedentes de China, las cuales son vendidas a través del e-commerce (comercio electrónico) en el Perú. La presencia y concentración de estos metales se cuantificaron mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS) y espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS), respectivamente. Las muestras fueron adquiridas mediante un aplicativo móvil (AliExpress) en el cual se tuvo como criterio de selección las marcas más vendidas. Como resultado se obtuvo una concentración media de arsénico de 0,37 ppm, con un valor máximo de 1,31 y mínimo de 0,01 ppm; para el caso de mercurio se obtuvo una concentración media de 0,07 ppm con un valor máximo de 0,12 y mínimo de 0,02 ppm. El total de muestras analizadas no superaron los límites permitidos por la Food and Drug Administration (FDA) ni para arsénico (≤ 3 ppm) ni para mercurio (≤ 1 ppm). Se concluye que las concentraciones de arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas importadas desde China no superan los límites permitidos por la FDA.

Palabras clave: sombras para ojos, arsénico, mercurio, espectrofotometría de absorción atómica por generación hidruro (HGAAS) y espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS).

SUMMARY

In the present work, concentrations of arsenic and mercury were quantified in 20 eye shadow samples corresponding to four brands from China, which are sold through e-commerce in Peru. The presence and concentration of these metals were quantified by the method of spectrophotometry of atomic absorption by generation of hydrides (HGAAS) and cold vapor atomic absorption spectrophotometry (CVAAS) respectively. The samples were acquired through a mobile application (AliExpress) in which the most sold brands were used as selection criteria. As a result, an average arsenic concentration of 0,37 ppm was obtained, with a maximum value of 1,31 and a minimum of 0,01 ppm; in the case of mercury, an average concentration of 0,07 ppm was obtained with a maximum value of 0,12 and a minimum of 0,02 ppm. The total samples analyzed did not exceed the limits allowed by the Food and Drug Administration (FDA) nor for arsenic (≤ 3 ppm) nor for mercury (≤ 1 ppm). It is concluded that the concentrations of arsenic and mercury in eye shadows of different brands imported from China do not exceed the limits allowed by the FDA.

Key words: eye shadows, arsenic, mercury, atomic absorption spectrophotometry by hydride generation (HGAAS) and cold vapor atomic absorption spectrophotometry (CVAAS).

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| RESUMEN | iv |
| SUMMARY | v |
| Lista de tablas | viii |
| Lista de figuras..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Situación problemática..... | 2 |
| 1.2. Formulación del problema | 2 |
| 1.3. Justificación de la investigación..... | 2 |
| 1.4. Objetivo general..... | 3 |
| 1.5. Objetivos específicos | 3 |
| 1.6. Hipótesis | 3 |
| II. GENERALIDADES | 4 |
| 2.1. Antecedentes | 4 |
| 2.2. Uso de cosméticos en la sociedad actual..... | 5 |
| 2.3. Anatomía y fisiología de los ojos | 6 |
| 2.4. Sombras para ojos..... | 7 |
| 2.5. Arsénico | 18 |
| 2.6. Mercurio | 22 |
| 2.7. Métodos de cuantificación de metales pesados..... | 28 |
| III. PARTE EXPERIMENTAL..... | 30 |
| 3.1. Recolección de productos..... | 30 |
| 3.2. Obtención de muestras | 30 |
| 3.3. Método empleado | 32 |
| 3.4. Reactivos, materiales y equipos | 32 |
| 3.5. Determinación de arsénico | 34 |
| 3.6. Determinación de mercurio..... | 36 |
| IV. RESULTADOS | 40 |
| 4.1. Concentración de arsénico | 40 |
| 4.2. Concentración de mercurio..... | 50 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| V. DISCUSIÓN..... | 60 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 63 |
| VII. RECOMENDACIONES | 64 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 65 |
| IX. ANEXOS..... | 72 |

Lista de tablas

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 1. | Colorantes permitidos para el área de los ojos | 15 |
| Tabla 2. | Formulación de sombra en polvo mate y brillante..... | 16 |
| Tabla 3. | Formulación de sombra en crema tipo anhidra | 17 |
| Tabla 4. | Formulación de sombra en crema tipo emulsión | 17 |
| Tabla 5. | Formulación de sombra en barra | 18 |
| Tabla 6. | Límites de exposición de arsénico inorgánico según regulaciones internacionales..... | 19 |
| Tabla 7. | Límites de exposición de mercurio según regulaciones internacionales..... | 23 |
| Tabla 8. | Límites de exposición de mercurio para productos cosméticos..... | 24 |
| Tabla 9. | Resultados de la concentración de arsénico en 20 muestras de sombras para ojos (2018)..... | 40 |
| Tabla 10. | Medidas de tendencia central de concentración de arsénico | 41 |
| Tabla 11. | Resultado de los niveles de arsénico según la marca analizada mediante el análisis de varianza (ANOVA) | 45 |
| Tabla 12. | Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de arsénico según la marca analizada | 46 |
| Tabla 13. | Resultado de los niveles de arsénico según el color analizado mediante el análisis de varianza (ANOVA) | 47 |
| Tabla 14. | Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de arsénico según el color analizado | 48 |
| Tabla 15. | Análisis estadístico de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA mediante la prueba de t de Student de muestra única..... | 49 |
| Tabla 16. | Resultados de la concentración de mercurio en 20 muestras de sombras para ojos (2018)..... | 50 |
| Tabla 17. | Medidas de tendencia central de concentración de mercurio. | 51 |
| Tabla 18. | Resultado de los niveles de mercurio según la marca analizada mediante el análisis de varianza (ANOVA). | 55 |
| Tabla 19. | Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de mercurio según la marca analizada..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20. Resultado de los niveles de mercurio según el color analizado mediante el análisis de varianza (ANOVA) | 57 |
| Tabla 21. Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de mercurio según el color analizado | 58 |
| Tabla 22. Análisis estadístico de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA mediante la prueba de t de Student de muestra única..... | 59 |

Lista de figuras

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | Estructura del ojo humano..... | 7 |
| Figura 2. | Zona de aplicación de sombras para ojos..... | 8 |
| Figura 3. | Antes y después del uso de sombras para ojos | 8 |
| Figura 4. | Sombras para ojos en polvo compacto | 12 |
| Figura 5. | Tipos de sombras (a) barra, (b) líquida, (c) polvo suelto o pigmento, (d) polvo horneado y (e) crema | 13 |
| Figura 6. | Toxicidad de arsénico en humanos..... | 22 |
| Figura 7. | Representación esquemática de la acumulación de metales en la piel aluminio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo .. | 26 |
| Figura 8. | Método para determinación de arsénico inorgánico. | 28 |
| Figura 9. | Esquema del método..... | 29 |
| Figura 10. | Procedimiento para la toma de muestra de sombra para ojos | 31 |
| Figura 11. | Espectrofotómetro de absorción atómica..... | 33 |
| Figura 12. | Equipo del centro de información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la UNMSM..... | 33 |
| Figura 13. | Curva de calibración para estándares de arsénico | 36 |
| Figura 14. | Curva de calibración para estándares de mercurio..... | 38 |
| Figura 15. | Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (color marrón) | 41 |
| Figura 16. | Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (color dorado)..... | 42 |
| Figura 17. | Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (colores claros o pasteles)..... | 42 |
| Figura 18. | Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (color rojo) | 43 |
| Figura 19. | Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (colores negros u oscuros) | 43 |
| Figura 20. | Concentración promedio de arsénico por marca | 44 |
| Figura 21. | Concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA..... | 49 |
| Figura 22. | Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (color marrón) | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 23. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (color dorado)..... | 52 |
| Figura 24. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (colores claros y/o pasteles)..... | 52 |
| Figura 25. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (color rojo) | 53 |
| Figura 26. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (colores negros u oscuros) | 53 |
| Figura 27. Concentración promedio de mercurio por marca | 54 |
| Figura 28. Concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA..... | 59 |

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la comercialización de productos cosméticos ha experimentado un crecimiento durante los últimos años. Se trata de un mercado dominado por las marcas extranjeras en el que más del 50 % de los productos son importados y el 86 % de los productos están dirigidos a la mujer¹.

En el sector de cosméticos existen tres grandes canales de consumo; retail, venta directa y el e-commerce, este último representa solo 1 % en el Perú; sin embargo, el comercio electrónico está creciendo, en diciembre del 2017 el 18 % de internautas peruanos afirmó haber comprado en Internet, siendo los productos de belleza la segunda categoría más vendida por internet, representando así, el sector de cosméticos una categoría con potencial de venta vía internet².

Pese a que la conciencia de belleza de las personas ha establecido la demanda cosméticos en el mercado, los efectos secundarios, así como la conciencia de salud de las personas han atraído a los investigadores para descubrir la razón probable de los efectos secundarios inusuales. La contaminación por metales pesados (arsénico, mercurio, etc.) es una de las razones más importantes que abordan el problema³.

Las trazas de metales pesados se pueden detectar en la mayoría de los productos cosméticos como impurezas. La cada vez mejor sensibilidad de los métodos analíticos permiten la detección de niveles de trazas cada vez más bajos en los productos cosméticos, incluso cuando se fabrican de acuerdo a las buenas prácticas de manufactura (BPM)⁴. Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación, la cuantificación de arsénico y mercurio en sombras para ojos, se realizó por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS) y espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS), respectivamente.

Se eligió las sombras para ojos como objeto de estudio, debido a que es un ejemplo típico de un grupo de productos cosméticos en los que la importancia de los pigmentos es grande. Algunos elementos tóxicos y sus compuestos son

solubles en agua y, por lo tanto, la piel húmeda puede promover la absorción percutánea de elementos que están presentes como impurezas⁵.

La Food and Drug Administration (FDA) y Guidance on Heavy Metal Impurities in Cosmetics of Health Canada incluyen límites a las impurezas de metales pesados en los productos cosméticos. Así, por ejemplo, para todos los tipos de cosméticos que lleven aditivos de color en su fórmula, se establece para arsénico, no más de 3 ppm y mercurio, no más de 1 ppm^{6,7}.

1.1. Situación problemática

La creciente demanda de productos más sofisticados o especializados y las posibilidades que el canal online ofrece hace que haya un mayor acceso a los productos cosméticos importados, entre ellos las sombras para ojos; estas son clasificadas como cosméticos decorativos y están en continua renovación de acuerdo a la tendencia de la moda y la temporada, siendo usado en todos los estratos sociales, no solo por mujeres jóvenes y adultas sino también niñas que los utilizan eventualmente como parte del juego. El uso continuo de estos cosméticos pueden incrementar los niveles de metales pesados en el usuario, entre estos, arsénico y mercurio, mediante la absorción a través de la conjuntiva o durante el lagrimeo.

1.2. Formulación del problema

¿Las sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde China contendrán arsénico y mercurio, y éstas superarán los límites permitidos por la FDA?

1.3. Justificación de la investigación

Por todo lo antes mencionado y a causa de las importaciones de cosméticos de China, es importante determinar las concentraciones de arsénico y mercurio en sombras para ojos y con ello evidenciar el riesgo potencial al que puedan estar expuestos los usuarios; además de servir como aporte para una futura normativa nacional, en la cual se realice controles de restricción en el ingreso de este tipo de cosméticos al Perú.

1.4. Objetivo general

Cuantificar y comparar las concentraciones de arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas importadas desde China con los límites permitidos por la FDA.

1.5. Objetivos específicos

- Comparar las concentraciones de arsénico y mercurio entre las diferentes marcas de sombras para ojos importadas desde China.
- Comparar las concentraciones de arsénico y mercurio entre los diferentes colores de sombras para ojos importadas desde China.

1.6. Hipótesis

Las sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde China presentan concentraciones de arsénico y mercurio cuyos valores superan los límites permitidos por la FDA.

II. GENERALIDADES

2.1. Antecedentes

Moniem y col. (2017) diseñaron y llevaron a cabo la determinación del contenido de metales pesados tóxicos en marcas de sombra de ojos utilizadas comúnmente y disponibles en Riad, Reino de Arabia Saudita. Las concentraciones de cuatro metales se determinaron en 21 marcas internacionales populares de sombra de ojos de China, Francia, Italia e Irlanda. Las sombras de ojos se clasificaron en barato, medio y caro. Todas contenían concentraciones detectables de plomo, cadmio, arsénico y mercurio. El nivel de mercurio en las tres categorías de muestras, fue mayor de lo permitido, de acuerdo con la FDA⁸.

Borowska (2015) afirma que los cosméticos deben ser seguros para la salud; sin embargo, la literatura muestra que en estos productos, los metales pesados (mercurio, arsénico, etc.) pueden estar presentes en cantidades que crean peligro para la salud. El estudio se centra en los problemas relacionados con la presencia de metales pesados en cosméticos, incluidas sus fuentes, concentraciones y regulaciones legales, así como el peligro para la salud. En dicha revisión los niveles de arsénico y mercurio en sombras para ojos, en varias partes del mundo tienen un rango de 0 a 11,1 ppm y 0 a 0,74 ppm, respectivamente. El hecho de que hoy la gente pueda comprar productos cosméticos a través de internet o traerlos de países sin ninguna normativa específica, crean el riesgo por el uso de productos cosméticos contaminados incluso en países con regulaciones estrictas⁹.

La revisión de Bocca y col. (2014) sobre la concentración de metales pesados en diferentes tipos de cosméticos fabricados y vendidos en todo el mundo, y los datos sobre la penetración dérmica de los metales y toxicología sistémica, muestra que las concentraciones de arsénico en productos de maquillaje como sombras para ojos, nunca excedieron los límites sugeridos para las impurezas; las concentraciones estuvieron en un rango de 0,3 a 2,3 ppm en 88 sombras para ojos. Por otro lado, la presencia

de Hg se reveló principalmente en cremas para aclarar la piel, a diferencia de las sombras para ojos donde las concentraciones están por debajo de los límites de detención¹⁰.

Orisakwe y Otaraku (2013), evaluaron los niveles de plomo, cadmio, níquel, cromo y mercurio en cosméticos disponibles en los mercados de Nigeria. Las concentraciones de mercurio en los productos cosméticos estaban en un rango de 0,03 a 0,40 ppm, resultados que no superan los límites permisibles por la FDA. Aunque la presencia de mercurio en todas las muestras estaba en cantidades mínimas, la liberación lenta de este metal en el sistema humano puede ser perjudicial para el sistema biológico si se acumula con el tiempo¹¹.

Naimani y col. (2018) determinaron los niveles de metales pesados: arsénico, mercurio y otros metales en cosméticos faciales que se compraron al azar en Tanzania, encontrando concentraciones de arsénico y mercurio en sombras para ojos en un rango de 2,080 a 8,028 ppm y desde por debajo del límite de detección a 1,043 ppm, respectivamente¹².

Hepp y col. (2014), realizaron un estudio para determinar el contenido total de siete elementos potencialmente tóxicos en 150 productos cosméticos de 12 tipos (sombras de ojos y otros). En las muestras se analizaron arsénico, mercurio y otros metales. Se encontró que la media de concentración de arsénico en sombras para ojos fue de 0,21 ppm y para mercurio 0,0068 ppm, dichos resultados no superan los límites permisibles por la FDA¹³.

2.2. Uso de cosméticos en la sociedad actual

El consumo de productos cosméticos cristaliza las creencias y los valores sociales implícitos en esta cultura del “culto al cuerpo”, y así se han multiplicado los productos y los servicios destinados a satisfacer esta ilusoria búsqueda de la perfección física. El mercado de la belleza engloba infinidad de productos y de servicios (cosmética, perfumería, moda, alimentación, peluquería, balnearios, gimnasios, medicina y cirugía

estética, etc.), y se muestra inagotable e insaciable, e incluso indiferente a periodos de turbulencia económica¹⁴.

En el Perú, el sector de la industria cosmética e higiene ha incrementado su comercialización entre seis a ocho por ciento, debido a la inversión económica; cuyos efectos se evidencian proporcionalmente en las importaciones, producción y consumo.

No obstante, de acuerdo a las diferentes características que ofrecen estos productos cosméticos, condicionan su constitución y la presencia de metales pesados que causan daños en el consumidor debido a su toxicidad.

La exposición dérmica es la ruta más importante para los productos cosméticos ya que la mayoría se aplica sobre la piel. La severidad y el daño dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la persona, además de las rutas por las cuales los metales se absorban y excreten.

En consecuencia, 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 y procesos para la fabricación de 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 respectivo¹⁵.

2.3. Anatomía y fisiología de los ojos

Las principales superficies de aplicación para los productos de maquillaje para los ojos incluyen la capa exterior de los párpados, las pestañas, y la base de las pestañas. La figura 1 muestra la anatomía del ojo humano. La piel de los párpados es la más delgada del cuerpo humano (< 1 mm). La capa externa del párpado está en contacto con el medio ambiente, mientras que su capa interior está en contacto directo con la superficie del globo ocular. Más allá de la estética, las pestañas ayudan a proteger nuestra

visión al defender los ojos contra escombros e indicando que los párpados se cierran cuando algo llega a su proximidad^{16, 17}.

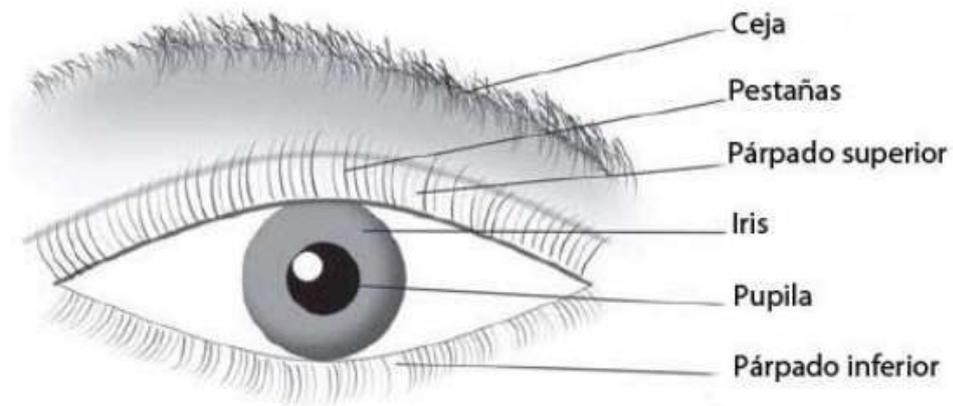


Figura 1. Estructura del ojo humano

Fuente: Datos obtenidos de Baki (2015)

2.4. Sombras para ojos

2.4.1. Definición

Las sombras de ojos están diseñadas para agregar profundidad y dimensión a los ojos y así dibujar atención a la apariencia del ojo o color de ojos. Se aplican en los párpados. Su forma predominante es polvos, tanto polvos prensados como sueltos; sin embargo, también están disponibles en otras formas, como gel, crema y barra¹⁷⁻²⁰ (Figura 2 y 3).

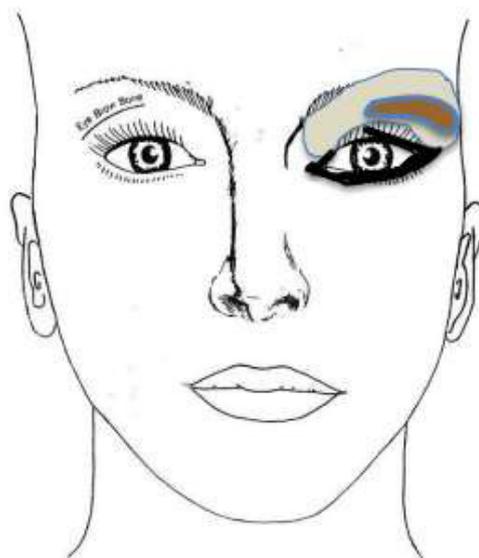


Figura 2. Zona de aplicación de sombras para ojos

Fuente: Datos tomados de <https://lashbrowmakeup-academy.com/wp-content/uploads/2015/02/Ellie-Malmin-Makeup-101-E-Book.pdf>.

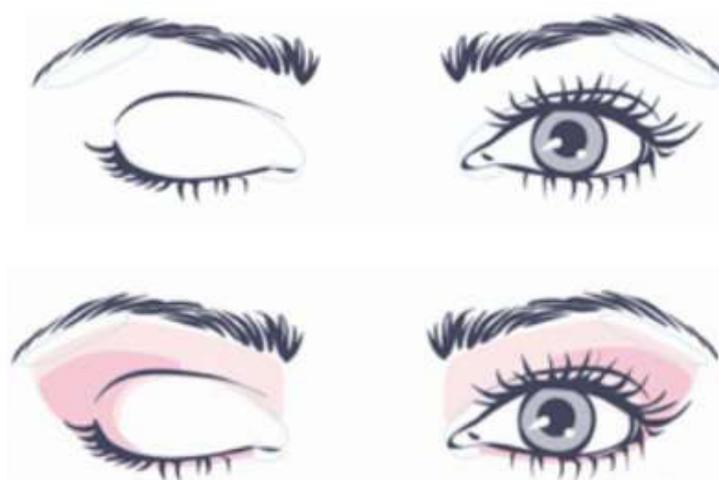


Figura 3. Antes y después del uso de sombras para ojos

Fuente: Datos tomados de <https://robertjonesbeautyacademy.com/wp-content/uploads/2015/01/BasicEyeshadow.pdf>.

2.4.2. Requisitos y recomendaciones

(1) Requisitos

Desde la perspectiva del consumidor, un producto para maquillaje de ojos de calidad debe poseer las siguientes características:

- a) Tonos atractivos
- b) No alérgico y no irritante
- c) Color homogéneo cuando se aplica
- d) Buena cobertura
- e) Efecto duradero
- f) Fácil de aplicar y quitar sin dañar la delicada piel alrededor del ojo
- g) Adherencia firme a los párpados y pestañas sin ser frágil y pegajoso
- h) Resistencia al agua
- i) Secado rápido después de la aplicación.
- j) Buen deslizamiento, no demasiado suave para correr hacia el pequeño líneas alrededor de los ojos.
- k) Las cualidades técnicas de los productos de maquillaje para los ojos se pueden resumir de la siguiente manera:
 - Cumplir con la estabilidad a largo plazo
 - Seguridad dermatológica
 - Propiedades reológicas adecuadas
 - Alta retención de intensidad de color sin cambio de tono
 - Polvos prensados: buena compactabilidad.
 - Polvos prensados / a granel: de flujo adecuado para permitir el llenado fácil de las bandejas o Godets y evitar la adherencia a los golpes¹⁷.

(2) Recomendaciones

Para el uso de cosméticos para los ojos, la FDA recomienda seguir estos consejos de seguridad:

- a) Si algún cosmético ocular causa irritación, dejar de usarlo inmediatamente. Si la irritación persiste, consultar a un médico.
- b) Evitar usar cosméticos para los ojos si tiene infección ocular o la piel alrededor del ojo está inflamada. Esperar hasta que el área se cure. Desechar los cosméticos para los ojos que estuvo usando cuando contrajo la infección.
- c) Tener en cuenta que hay bacterias en las manos que, si se colocan en el ojo, podrían causar infecciones. Lavarse las manos antes de aplicar cosméticos para los ojos.
- d) Asegurarse que cualquier instrumento que coloque en el área de los ojos esté limpio.
- e) No compartir los cosméticos. Las bacterias de otra persona pueden ser peligrosas.
- f) No permitir que los cosméticos se cubran con polvo o se contaminen con tierra o suciedad. Mantener los recipientes limpios.
- g) No usar envases viejos de cosméticos para los ojos. Los fabricantes generalmente recomiendan descartar el producto dos o cuatro meses después de la compra.
- h) No almacenar cosméticos a temperaturas superiores a 30 °C. Los cosméticos que se mantienen durante largos períodos en automóviles calientes, por ejemplo, son más susceptibles al deterioro del conservante.
- i) Al aplicar o quitar cosméticos para los ojos, tener cuidado de no rayar el globo ocular u otra área sensible. Nunca aplique

o quite cosméticos para los ojos en un vehículo en movimiento.

- j) No usar cosméticos cerca de sus ojos a menos que estén destinados específicamente para ese uso. Por ejemplo, no use un delineador de labios como delineador de ojos. Es posible que esté exponiendo sus ojos a la contaminación de la boca o a los aditivos de color que no están aprobados para su uso en el área del ojo.
- k) Evitar los aditivos de color que no estén aprobados para su uso en el área del ojo, como los tintes de pestañas "permanentes" y el kohl. Tenga especial cuidado en mantener al kohl alejado de los niños, ya que los informes lo han relacionado con el envenenamiento por plomo²¹.

2.4.3. Tipos

(1) Sombra en polvo compacto

El tipo de sombra para ojos más utilizado es el polvo, es la más fácil de combinar. La mayoría de las sombras para ojos en polvo se comprimen en moldes individuales, que luego se pueden colocar en una paleta, ya sea en una paleta de algún tipo (dúo, cuádruple) o son pigmentos independientes que vienen en moldes (Figura 4).

El polvo prensado es la forma más popular y ampliamente disponible de sombra para ojos. El pigmento se presiona en un molde y se empaqueta individualmente en una paleta con tonos complementarios. Se adapta a todos los tipos de piel, son fáciles de mezclar, se pueden reconocer fácilmente debido a que los colores son altamente pigmentados y se encuentran en bandejas individuales. Disponibles en múltiples acabados pueden clasificarse libremente en dos tipos que se explican por sí mismos: polvos sueltos y prensados.



Figura 4. Sombras para ojos en polvo compacto

Fuente: Datos tomados de <https://www.nykaa.com/beauty-blog/eyeshadow-basics-types-textures-and-tints-for-your-skin-tone/>.

(2) Otros tipos de sombras

Existen otros tipos de sombras para ojos que se diferencian por su textura²²⁻²⁴, por ejemplo (Figura 5)

- a) Sombras en barra
- b) Sombras líquida
- c) Sombras en polvo suelto o pigmento
- d) Sombras en polvo horneado
- e) Sombra en crema



Figura 5. Tipos de sombras (a) barra, (b) líquida, (c) polvo suelto o pigmento, (d) polvo horneado y (e) crema

Fuente: Datos tomados de <https://www.nykaa.com/beauty-blog/eyeshadow-basics-types-textures-and-tints-for-your-skin-tone/>

2.4.4. Componentes

Las sombras para ojos en polvo sueltos y prensados son las formas más populares de esta categoría de producto; aunque son similares con respecto a sus ingredientes, existe una clara diferencia ya que los polvos prensados contienen aglutinantes para mantener las partículas de polvo juntas en una forma compacta. Tanto los polvos compactos como los sueltos están compuestos principalmente de ingredientes en polvo, como rellenos, pigmentos y perlas.

Rellenos: proporcionan una base (a granel) para los pigmentos. Contribuyen al deslizamiento y la consistencia de los polvos. Como son típicamente polvos blancos, también ayudan a diluir los colores, haciéndolos menos intensos. Los ejemplos de rellenos utilizados en las sombras para ojos incluyen: talco, estearato de magnesio, almidón, oxiclورو de bismuto y micas.

Absorbentes: son típicamente polvos densos que aumentan la densidad general de los polvos de sombras para ojos haciéndolos más fáciles de comprimir; además, proporcionan un efecto de superficie de acabado mate. Se pueden usar estos excipientes para absorber líquidos como fragancias antes de mezclar el polvo, ya que debido a esta propiedad, pueden absorber sudor y aceite en la cara y hacer la piel aterciopelada. Los ejemplos incluyen: caolín, almidón y carbonato de calcio.

Ligantes o aglutinantes: ayudan a que el compacto se pegue en el contenedor, proporcionan adherencia a la piel y agrega algo de repelencia al agua. Los ligantes líquidos se utilizan a menudo como agentes dispersantes de pigmentos y emolientes. Se dividen en dos categorías, sólido y líquido. Como aglutinantes sólidos se incluyen los almidones. En aglutinantes líquidos se incluyen principalmente aceites tales como, aceite mineral, miristato de isopropilo y aceites de silicona.

Colorantes: los aditivos de color para este tipo de productos son limitados; incluyen principalmente colorantes inorgánicos (p. ej., óxidos de hierro, etc) ya que la mayoría de los colores orgánicos están prohibidos por la FDA. Pigmentos de efectos especiales, como los nacarados, también se pueden usar, con restricciones, en la zona de los ojos. Estos hacen productos únicos y proporcionan efectos dramáticos (Tabla 1).

Se agregan **conservantes** a las formulaciones de sombra de ojos en polvo para agregar un efecto antimicrobiano^{17,25}.

Tabla 1. Colorantes permitidos para el área de los ojos

| Nombre oficial FDA | Número index del color | Usos y restricciones | Límites máximos de metales (ppm) | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|----|
| | | | Hg | As |
| Violeta manganeso | 77742 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Mica | 77019 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Óxido de hierro sintéticos | 77491 77492 77499 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Dióxido de titanio | 77891 | Solo uso externo | 1 | 1 |
| Verde ultramarina | 77013 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Rosado ultramarina | 77007 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Rojo ultramarina | 77007 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Violeta ultramarina | 77007 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Óxido de zinc | 77947 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Polvo de aluminio | 77000 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Annato | 75120 | Solo uso externo | - | 3 |
| Oxiclورو de bismuto | 77163 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Polvo de bronce | 77440 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Caramelo | N.A. | Solo uso externo | 0.1 | 3 |
| Carmín | 75470 | Solo uso externo | - | 3 |
| β-caroteno | Natural 75130 Sintético 40800 | Solo uso externo | - | 3 |
| Hidróxido de cromo verde | 77289 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Óxidos de cromo verdes | 77288 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Polvo de cobre | 7400 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Ferrocianuro amónico de hierro | N.A. | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Ferrocianuro | 77510 77520 | Solo uso externo | 1 | 3 |
| Guanina | 75170 | Solo uso externo | 1 | 3 |

Fuente. Datos obtenidos de Delgado (2014)

2.4.5. Formulación y fabricación

(1) Formulación

Las formulaciones de las sombras para ojos son idénticas a las de los polvos compactos para la cara; pero, la gama de colores es más amplia²⁶ (Tabla 2).

Tabla 2. Formulación de sombra en polvo mate y brillante

| Componente | % p/p (mate) | % p/p (brillante) |
|---------------------------------------|--------------|-------------------|
| Talco | 82,5 | 41,7 |
| Estearato de zinc | 6,0 | 7,0 |
| Azul ultramar | 5,4 | -- |
| Óxido de hierro negro | 0,1 | -- |
| Cromo hidrato | 2,0 | -- |
| Óxido de hierro amarillo | -- | 2,0 |
| Mica recubierta de dióxido de titanio | -- | 40,0 |
| Base | 4,0 | 9,3 |
| Fórmula de la base | | |
| Cera de abejas | | 12,0 |
| Lanolina | | 2,0 |
| Aceite mineral | | 86,0 |

Fuente. Datos obtenidos de Wilkinson (1990)

Las sombras en cremas de tipo anhidro pueden contener, por ejemplo, manteca de cacao²⁶ (Tabla 3).

Tabla 3. Formulación de sombra en crema tipo anhidra

| Componente | Porcentaje |
|--------------------------------|------------|
| Vaselina líquida | 75,0 |
| Manteca de cacao | 8,0 |
| Lanolina | 7,0 |
| Alcohol cetílico | 3,0 |
| Parafina cera no cristalizable | 7,0 |
| Laca cosmética ,conservante | c,s |

Fuente. Datos obtenidos de Wilkinson (1990)

Las sombras en cremas de tipo emulsión (Tabla 4) se producen mezclando pigmentos adecuados en una emulsión y distribuyéndolos uniformemente por toda la base. Al enfriarse, los productos se vierten en los envases. Para tales preparados se pueden usar emulsiones basadas en estearato de trietanolamina²⁶.

Tabla 4. Formulación de sombra en crema tipo emulsión

| Componente | Porcentaje |
|--|------------|
| Acido esteárico | 1,5 |
| Glicerilo monoestearato | 1,5 |
| Lanolina | 4,0 |
| Miristato de isopropilo | 5,0 |
| Veegum (solución al 5 %) | 30,0 |
| Trietanolamina | 0,75 |
| Agua | 38,25 |
| Propilenglicol | 4,0 |
| Azul ultramar | 4,5 |
| Óxido de hierro negro | 1,2 |
| Cromo hidrato | 0,8 |
| Mica recubierta con dióxido de titanio | 8,5 |

Fuente. Datos obtenidos de Wilkinson (1990)

Las sombras en barras contienen una elevada proporción de ceras, tales como ceresina, ozoquerita o carnauba²⁶ (Tabla 5).

Tabla 5. Formulación de sombra en barra

| Componente | Porcentaje |
|-------------------------------|------------|
| Aceite de ricino | 43 |
| Aceite mineral 75/85 | 6 |
| Aceite de algodón hidrogenado | 5 |
| Ceresina blanca Pf 76°C | 26 |
| Cera carnauba | 4 |
| Dióxido titanio | 8 |
| Óxido de hierro ocre | 4 |
| Óxido de hierro siena | 4 |

Fuente. Datos obtenidos de Wilkinson (1990)

2.5. Arsénico

2.5.1. Propiedades

El arsénico elemental (llamado también arsénico metálico) es un material sólido de color gris acero. Sin embargo, en el ambiente, el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos como oxígeno, cloro y azufre, lo que se conoce como arsénico inorgánico. Combinado con carbono e hidrógeno se conoce como arsénico orgánico. Aunque tanto As (V) como As (III) son móviles en el medio, es precisamente el As (III) el estado más lábil y biotóxico. El estado de oxidación del arsénico, y por tanto su movilidad, están controlados fundamentalmente por las condiciones redox (potencial redox) y el pH²⁷⁻²⁹.

2.5.2. Límites de exposición

Los gobiernos definen y proporcionan recomendaciones sobre los límites de exposición según sus regulaciones como medida de protección de la salud pública, como: Environmental Protection Agency (EPA), Food and Drug Administration (FDA)⁴, Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)³⁰ (Tabla 6).

Tabla 6. Límites de exposición de arsénico inorgánico según regulaciones internacionales

| Organización | Nivel | Límite de exposición |
|--------------|--------------|--|
| FDA | Cosméticos | 3 ppm |
| FDA | Alimentos | 100 ppb = 0,1 ppm |
| EPA | Agua potable | No mayor a 0,01 ppm |
| OSHA | Aire | No mayor a 10 µg / m ³ por jornadas laborales de 8 horas y 40 horas de trabajo por semana |
| NIOSH | Aire | No mayor a 2 µg / m ³ por jornadas laborales de 8 horas y 40 horas de trabajo por semana |

Fuente: Datos tomados de: <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem=1&po=8>

2.5.3. Fuentes de contaminación

El arsénico es un componente natural de la corteza terrestre y se distribuye ampliamente por todo el medio ambiente. Es altamente tóxico en su forma inorgánica. Se puede encontrar en:

- (1) Agua potable
- (2) Comida
- (3) Tabaco

(4) Procesos industriales

(5) Cosméticos

Debido a la exposición directa con la piel, son considerados como una fuente probable de exposición al arsénico; la contaminación depende de muchos factores, como la concentración de arsénico en el producto, la cantidad de producto aplicado, el tiempo que queda en la piel y la presencia de emolientes y potenciadores de la penetración en el producto cosmético³¹⁻³³.

2.5.4. Toxicocinética

(1) Absorción

“En los seres humanos, y en la mayoría de las especies animales, la absorción de los compuestos arsenicales; a través del tracto gastrointestinal es alta (95 %) cuando se administran en solución acuosa, por vía respiratoria depende del tamaño de las partículas inhaladas, de su solubilidad y de la forma química del compuesto”^{34, 35}.

La absorción por vía dérmica también ocurre, pero en menor medida. La vida media del arsénico inorgánico es de aproximadamente 10 horas^{34, 35}.

(2) Distribución

Después de haber sido absorbido, el arsénico se distribuye ampliamente por el cuerpo vía el torrente sanguíneo. La mayoría de los tejidos desecha el arsénico, excepto la piel, el pelo y las uñas.

De dos a cuatro semanas después de que cesa la exposición al arsénico, esta sustancia puede encontrarse en tejidos ricos en queratina como: cabello, huesos y dientes, en menor medida, piel, y uñas^{34, 35}

(3) Excreción

El arsénico se elimina principalmente por el riñón. Otras vías — menos importantes— de eliminación del arsénico inorgánico son:

- a) Descamación de la piel,
- b) Incorporación en cabello y uñas
- c) Heces y sudor³⁶

2.5.5. Toxicodinamia

La toxicidad de los compuestos arsenicales “depende de la vía de ingreso, vía de exposición, estado de valencia y de su forma química (inorgánica y orgánica) del compuesto. El arsénico inorgánico es el responsable de la mayoría de los casos de intoxicación en humanos”^{35, 36}.

2.5.6. Aspectos toxicológicos

(1) Intoxicación

Los efectos de la exposición al arsénico van desde la letalidad aguda a los efectos crónicos. Una exposición dérmica con arsénico inorgánico puede causar enrojecimiento e hinchazón en la piel, sin embargo se debe tener en cuenta que una bioacumulación de arsénico puede llevar a múltiples consecuencias, viéndose afectados varios sistemas y órganos diferentes, incluyendo la piel, las vías respiratorias, entre otras^{37, 38} (Figura 6).



Figura 6. Toxicidad de arsénico en humanos

Fuente. Datos obtenidos de Sun (2014)

2.6. Mercurio

2.6.1. Propiedades

El mercurio elemental es un elemento blanco-plateado, inodoro y 13,5 veces más denso que el agua. La mayoría del mercurio presente en la atmósfera se encuentra en su forma elemental. Existen tres estados de oxidación: mercurio elemental (Hg^0), mercurioso (Hg_2^{+2}) y mercúrico (Hg^{+2}); dependiendo del estado químico en el que se encuentren sus propiedades varían^{39, 40}.

2.6.2. Límites de exposición

Los gobiernos definen y proporcionan recomendaciones sobre los límites de exposición según sus regulaciones como medida de protección de la salud pública, como: Food and Drug Administration (FDA), Environmental Protection Agency (EPA), Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)^{41, 42} (Tabla 7).

Tabla 7. Límites de exposición de mercurio según regulaciones internacionales

| Organización | Nivel | Límite de exposición |
|---------------------|-------------------|---|
| FDA | Productos del mar | Nivel máximo permisible de 1 ppm de metilmercurio |
| EPA | Agua potable | No mayor a 2 ppm |
| OSHA | Aire | Límite de 0,1 mg/m ³ , mercurio orgánico y 0,05 mg/m ³ de vapor de mercurio metálico para turnos de 8 horas y 40 horas semanas de trabajo |
| NIOSH | Aire | Límite de 0,05 mg/m ³ de compuestos de mercurio para turnos de 8 horas y 40 horas semanas de trabajo |

Fuente: Datos tomados de

<https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=113&tid=24>

Para las regulaciones de productos cosméticos se tomará en cuenta lo siguiente⁴³ (Tabla 8):

- a) Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos
- b) Límites para productos relacionados con el maquillaje de los ojos

Tabla 8. Límites de exposición de mercurio para productos cosméticos

| Organización | Nivel | Límite de exposición |
|---|---|-----------------------------|
| Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos | | |
| Unión Europea | Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos | Prohibido |
| Muchos países africanos | Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos | Prohibido |
| FDA (Food and Drug Administration) | Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos | < 1 mg/kg |
| Health Canada | Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos | ≤ 3 mg/kg |
| Food and Drug Administration de Filipinas | Límites para cosméticos no relacionados con el maquillaje de los ojos | ≤ 1 mg/kg |
| Límites para productos relacionados con el maquillaje de los ojos | | |
| Unión Europea | Límites para productos relacionados con el maquillaje de los ojos | ≤ 0,007% del peso |
| FDA (Food and Drug Administration) | Límites para productos relacionados con el maquillaje de los ojos | ≤ 1 ppm |

Fuente. Datos tomados de: <https://www.fda.gov/Cosmetics/ProductsIngredients/PotentialContaminants/ucm452836.htm>

2.6.3. Fuentes de contaminación

El mercurio existe en varias formas: elemental (o metálico) e inorgánico (al que la gente se puede ver expuesta en ciertos trabajos); u orgánico (como el metilmercurio, que penetra en el cuerpo humano por vía alimentaria). Estas formas de mercurio difieren por su grado de toxicidad y sus efectos sobre los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones riñones y ojos^{44, 45}.

En los cosméticos, el mercurio está presente en dos formas: inorgánico y orgánico. El mercurio inorgánico (por ejemplo, mercurio amoniacal) se usa para fabricar los jabones y cremas que aclaran la piel. Los compuestos de mercurio orgánico, se usan como conservantes en cosméticos como los productos de limpieza del maquillaje de ojos y las máscaras⁴³.

2.6.4. Toxicocinética

(1) Absorción

Las vías de entrada del mercurio al organismo humano son:

- a) Vía respiratoria (absorción por inhalación)
- b) Vía digestiva (absorción por ingestión)
- c) Vía cutánea

“Es muy probable que el Hg⁰ y metilmercurio puedan atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas; sin embargo, esta vía de absorción juega un papel importante en comparación con otras, es probable que penetre más mercurio en el organismo por inhalación a causa de una piel contaminada que a través de esta”⁴⁶ (Figura 7).

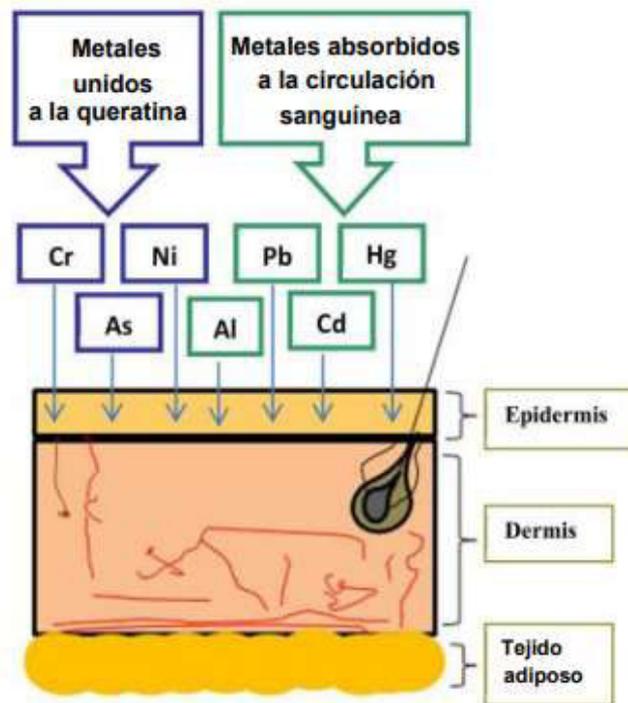


Figura 7. Representación esquemática de la acumulación de metales en la piel aluminio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo

Fuente. Datos obtenidos de Borowska (2015)

(2) Transporte y distribución

Una vez absorbido, el transporte se realiza por los distintos constituyentes de la sangre. En el vapor de mercurio la relación eritrocitos/plasma es entre 1,5 - 2 aproximadamente, para las sales inorgánicas de mercurio, esta relación es mucho menor, de 0,4, el cociente hematíes/plasma para el metilmercurio es aproximadamente ¹⁰.

“La distribución del mercurio en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio determinado por los siguientes factores:

- a) Dosis
- b) Duración de la exposición

- c) Grado de oxidación del mercurio
- d) Concentración de los compuestos de mercurio en los distintos compartimentos sanguíneos
- e) Concentración en relación con los grupos sulfhidrilos libres
- f) Afinidad de los componentes celulares con el mercurio
- g) Velocidad de asociación y disociación del complejo mercurio-proteína” 47.

(3) Biotransformación

La Biotransformación puede resumirse en cuatro clases:

- a) Oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente.
- b) Reducción del mercurio divalente a mercurio metálico.
- c) Metilación del mercurio inorgánico.
- d) Conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico.

(4) Excreción

“La orina y las heces son las rutas preferentes de eliminación para los compuestos inorgánicos”. La mayor parte del metilmercurio, hasta un 90 %, se excreta en heces desde el hígado vía bilis⁴⁷.

2.6.5. Toxicodinamia

El mercurio es tóxico, porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos sulfhídrico de varias enzimas esenciales⁴⁶.

2.6.6. Aspectos toxicológicos

(1) Intoxicación

La presentación clínica de un individuo expuesto al mercurio depende de la dosis, la duración y la forma de exposición⁴⁸.

Métodos de cuantificación de metales pesados

2.6.7. Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruro (HGAAS)

En la técnica de hidruro de un sistema de flujo continuo implica la reacción de muestras acuosas acidificadas con un agente reductor tal como borohidruro de sodio (NaBH_4) para generar hidruro volátil, que luego se transporta a la celda de cuarzo calentado (atomizador) a lo largo del eje óptico del espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) por medio de un gas de argón. En la celda de cuarzo de los hidruros se convierten a átomos de metaloide de analitos gaseosos en el camino de una lámpara de fuente y una señal se genera para medir la cantidad de luz absorbida^{49, 50} (Figura 8).

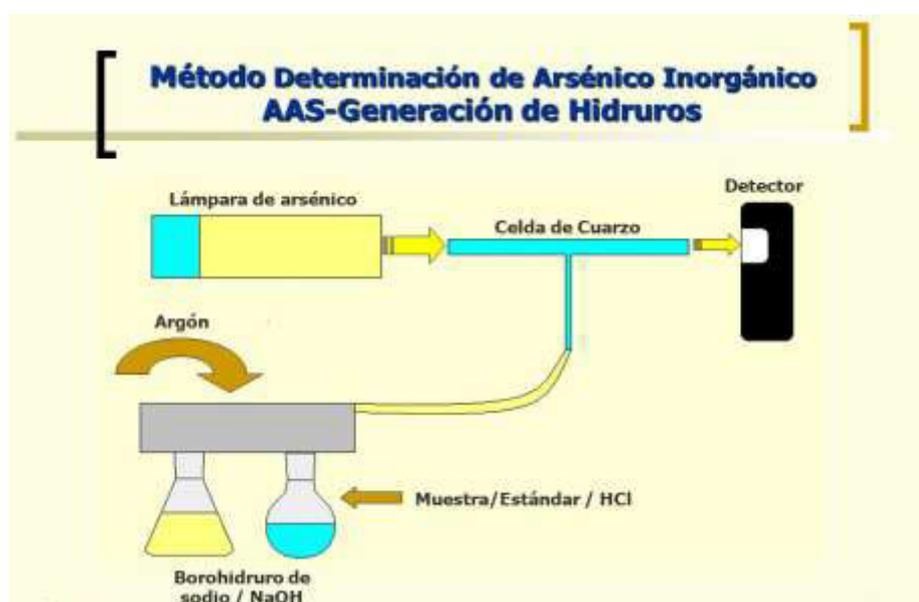


Figura 8. Método para determinación de arsénico inorgánico.

Fuente. Datos tomados de <https://slideplayer.es/slide/3177178/>.

2.6.8. Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)

La característica única de mercurio permite su medición de vapor a temperatura ambiente. Por lo tanto, CVAAS es un procedimiento donde se utiliza un espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) sin llama para el método de detección de mercurio en base a la

absorción de la radiación a 253,7 nm por el vapor de mercurio. El mercurio se reduce primero al estado elemental mediante un agente reductor fuerte tal como borohidruro de sodio (NaBH_4). El vapor de mercurio pasa a la célula de absorción posicionada en el ligero camino del espectrofotómetro por el gas portador argón^{49, 51}. (Figura 8).

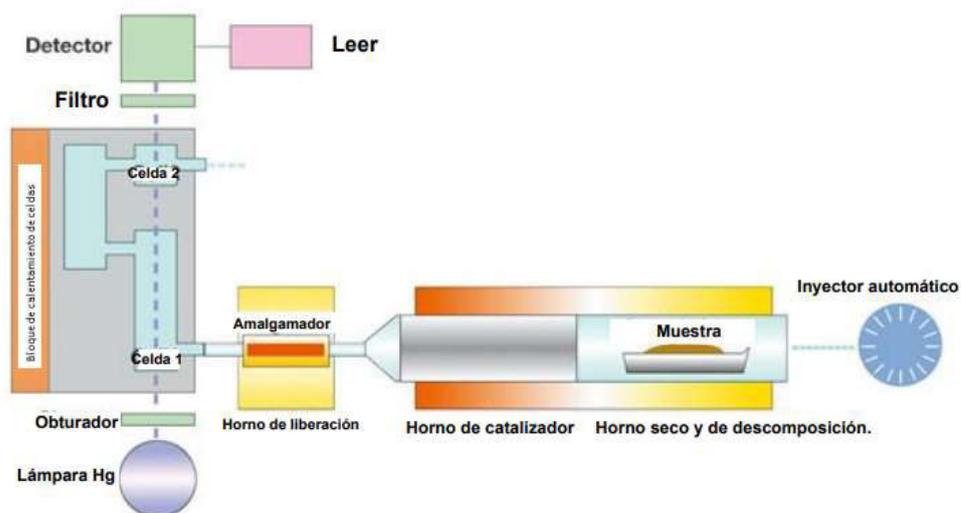


Figura 9. Esquema del método.

Fuente. Datos tomados de <https://www.queensu.ca/asu/instrumentation/cvaas-mercury>.

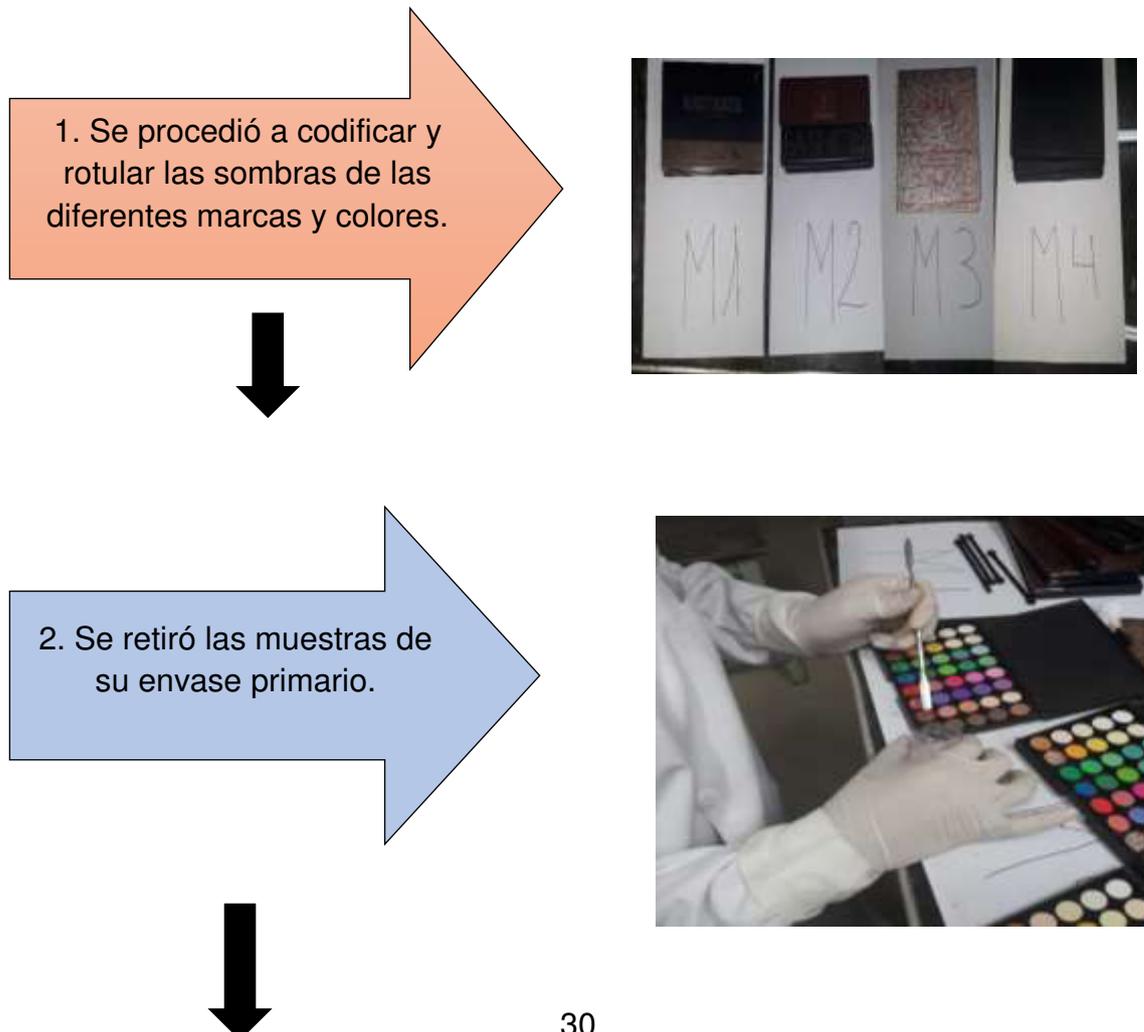
III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Recolección de productos

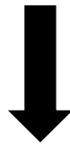
Se recolectaron 20 sombras para ojos correspondientes a cuatro marcas y cinco colores distintos procedentes de China, las cuales son vendidas online a través del e-commerce (comercio electrónico) en el Perú. En la elección se consideró los siguientes criterios: sombras con colores intensos, marcas más vendidas para el Perú (las cuales se pueden verificar a través del aplicativo móvil AliExpress seleccionando el número de ventas)⁵² y aquellas que tengan el menor tiempo de envío (Anexo N°1).

Las muestras recolectadas se transportaron al laboratorio del Departamento Académico de Farmacología, Bromatología y Toxicología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica-UNMSM (Figura 10).

3.2. Obtención de muestras



3. Se procedió a pesar cada muestra.



4. Se colocó en bolsas con cierre hermético (previamente codificada).



5. Se trasladó las muestras codificadas al área de procesamiento.

Figura 10. Procedimiento para la toma de muestra de sombra para ojos

3.3. Método empleado

Se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica por generación hidruro (HGAAS) y Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) para la determinación de arsénico y mercurio, respectivamente.

3.4. Reactivos, materiales y equipos

3.4.1. Reactivos y estándares

- Todos los reactivos utilizados fueron "para análisis" y el agua purificada
- Ácido nítrico (HNO_3) concentrado al 65 % – 70 %
- Ácido clorhídrico (HCl) 35 % – 37 %
- Solución patrón de arsénico de 1000 mg/L
- Solución patrón de mercurio 1000 mg/L
- Nitrato de magnesio [$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$]
- Ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)
- Borohidruro de sodio (NaBH_4)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Yoduro de potasio (KI)

3.4.2. Materiales

- Material de laboratorio

3.4.3. Equipos

- Equipo de absorción atómica Thermo Scientific marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con generador de hidruros.
- Balanza analítica H. W. Kessel S.A.
- Mufla eléctrica Nabertherm 30 – 3000.
- Plancha de calentamiento VELP Scientifica.
- Micropipetas de 100 y 1000 μL .



Figura 11. Espectrofotómetro de absorción atómica.

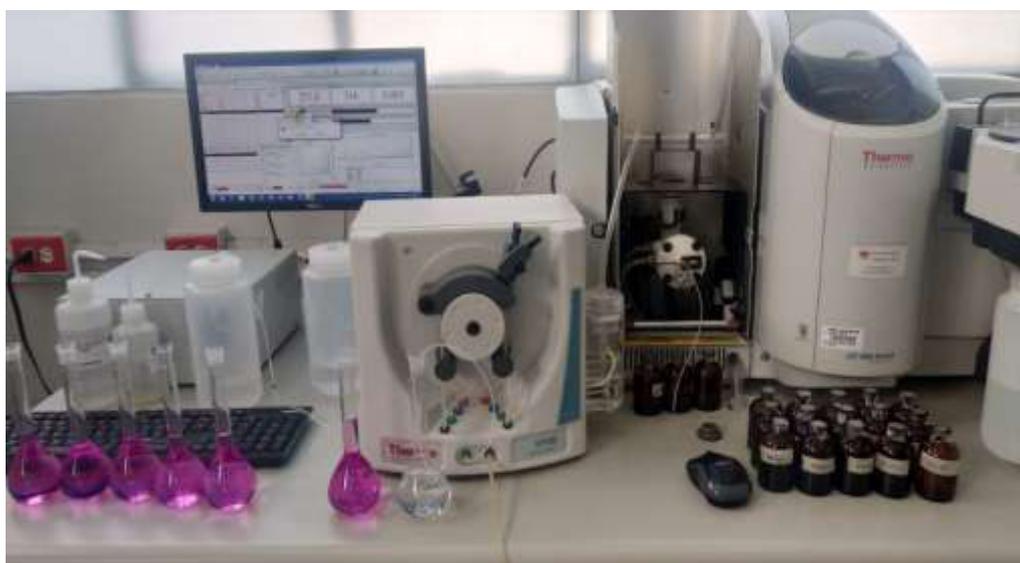


Figura 12. Equipo del centro de información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la UNMSM

3.5. Determinación de arsénico

3.5.1. Preparación de la muestra

- (1) Se mezcló la muestra hasta homogeneidad, de la cual se tomó una alícuota de 2 g y se transfirió a un crisol.
- (2) Se agregó 3 mL de nitrato de magnesio $[(Mg(NO_3)_2)]$ al 50 % (P/V).
- (3) Se colocaron los crisoles en estufa a 105 °C por 3 horas para secarlo.
- (4) Se colocaron los crisoles en plancha de calentamiento a 350 °C hasta completa precalcificación.
- (5) Llevamos las muestras precalcificadas en una mufla y calcinamos a 500 °C por 3 horas.
- (6) Se enfrió y adicionó 25 mL de una solución de ácido clorhídrico (HCl) 6 M; se calentó en plancha termostática por 5 minutos y se trasvasó cuantitativamente a una fiola de 50 mL y diluyó con agua purificada, se agitó y se dejó reposar.
- (7) Se filtró un volumen necesario por un filtro de membrana de 0,45 μm .
- (8) De la solución filtrada del paso anterior, se tomaron 10 mL y se transfirieron a una fiola de 50 mL.
- (9) Se adicionó 5 mL de ácido clorhídrico (HCl) y 5 mL de una solución que contenía 10 % de yoduro de potasio (KI) y 10 % de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$).
- (10) Se dejó reposar 45 minutos a temperatura ambiente y se llevó a volumen con agua purificada.

3.5.2. Preparación del estándar

A partir de una solución stock de 1000 ppm (patrón primario) se preparó una solución de 1000 ppb haciendo una dilución con agua purificada en 0,1 mL del patrón primario en una fiola de 100 mL, posteriormente se tomaron alícuotas de 0,5; 1; 2 y 5 mL en fiolas

100 mL; luego se procedió a adicionar a cada una 10 mL de ácido clorhídrico (HCl) y 10 mL de una solución que contenga 10 % de yoduro de potasio (KI) y 10 % de ácido ascórbico (C₆H₈O₆). Se dejaron en reposo por 45 minutos a temperatura ambiente, finalmente se llevaron a volumen con agua purificada (se obtienen estándares con concentraciones de 5, 10, 20 y 50 ppb, respectivamente).

Para obtener el blanco se procedió de la misma manera exceptuando la adición de la solución de arsénico.

3.5.3. Condiciones espectrofotométricas

- a) Longitud de onda: 193,7 nm
- b) Ranura: 0,5 nm
- c) Corrección de fondo: lámpara de deuterio (D2)
- d) Corriente de lámpara: 8 mA
- e) Tiempo de lectura: 4 segundos
- f) Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco de arsénico
- g) Medida de señal: absorbancia
- h) Calentamiento eléctrico temperatura 900 °C
- i) Flujo de gas argón: 200 mL/min

3.5.4. Curva de Calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon en fioles de 100 mL a partir de una solución patrón, como sigue:

Arsénico: 2; 5; 10 y 20 µg/L (Figura 13)

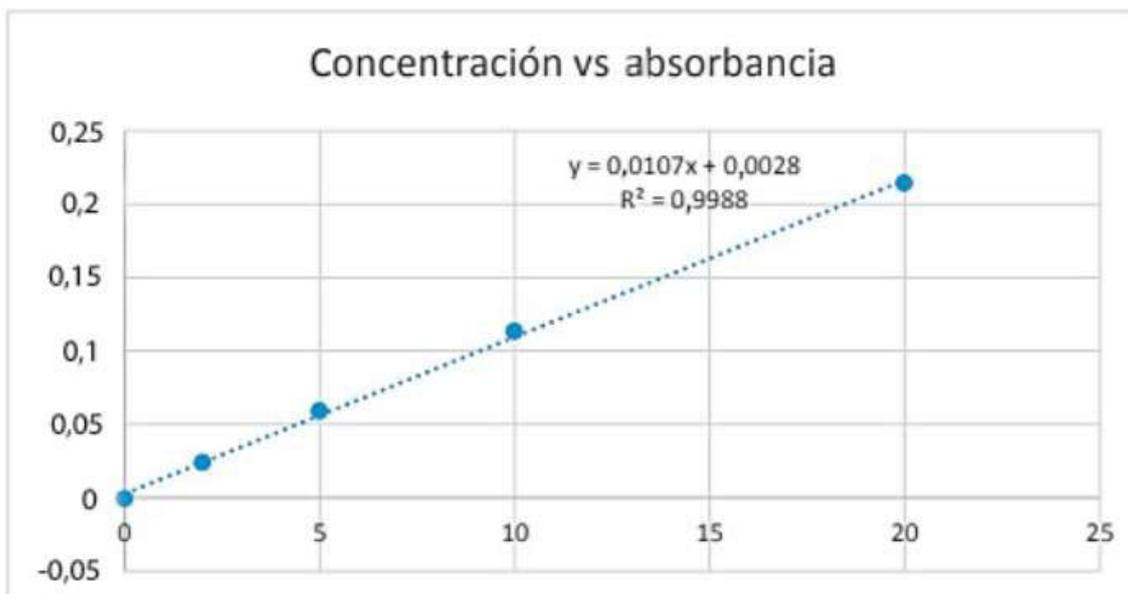


Figura 13. Curva de calibración para estándares de arsénico

(1) Cálculos de resultados

Se procedió a calcular la concentración de arsénico con la siguiente fórmula:

$$C = [(a-b) \times V]/m$$

Donde:

C = Concentración total de arsénico (mg/kg)

a = Concentración de la muestra (mg/L)

b = Concentración de la solución blanco (mg/L)

V = Volumen de la muestra (mL)

m = Peso de la muestra (g)

3.6. Determinación de mercurio

3.6.1. Preparación de la muestra

(1) Se mezcló la muestra hasta homogeneidad, de la cual se tomó una alícuota de 1 g y se transfirió a un matraz con cierre hermético.

- (2) Se agregaron 15 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado, 5 mL de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30 % (P/V) y 5 mL de ácido clorhídrico (HCl) concentrado.
- (3) Se tapó el matraz y dejar reposar por 15 minutos para dar inicio a la digestión.
- (4) Posteriormente se abrió el matraz y se llevó a una plancha de calentamiento a 90 °C hasta no evidenciar humo marrón, que indica el final de la digestión y se concentró a 4 mL, aproximadamente.
- (5) Después de enfriar la mezcla se agregaron 20 mL de agua purificada, se filtró por filtro de membrana de 0,45 μm en una fiola de 50 mL y se llevó a volumen con agua purificada.

3.6.2. Preparación del estándar

A partir de una solución stock de 1000 ppm (patrón primario) se preparó una solución de 1000 ppb haciendo una dilución en agua purificada en 0,1 mL del patrón primario en una fiola de 100 mL; se tomaron alícuotas de 0,2; 0,6; 0,8 y 1 mL, y se llevaron a fiolas de 100 mL; se adicionó a cada una de las fiolas, 8 mL de ácido nítrico (HNO_3) y se llevó a volumen con agua purificada (se obtienen estándares con concentraciones de 2, 6, 8 y 10 ppb, respectivamente).

Para obtener el blanco se procedió de la misma manera exceptuando la adición de la solución de mercurio.

3.6.3. Condiciones espectrofotométricas

- a) Longitud de onda: 253,7 nm
- b) Ranura: 0,5 nm
- c) Corrección de fondo: lámpara de deuterio (D2)
- d) Corriente de lámpara: 6 mA
- e) Tiempo de lectura: 4 segundos.

- f) Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco de mercurio
- g) Medida de señal: absorbancia
- h) Flujo de gas argón: 25 mL/min

3.6.4. Curva de Calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon en fioles de 100 mL a partir de una solución patrón como sigue:

Mercurio: 2; 6; 8 y 10 ug/L (Figura 14) [Adicionar 8 mL de ácido nítrico (HNO₃)]

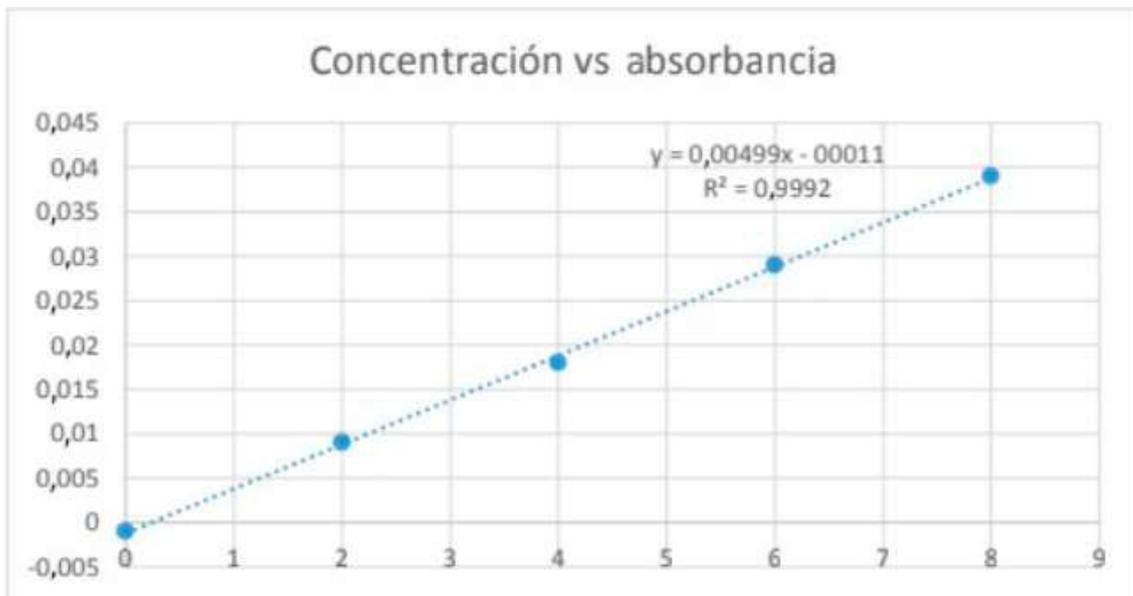


Figura 14. Curva de calibración para estándares de mercurio

(1) Cálculos de resultados

Se procedió a calcular la concentración de mercurio con la siguiente fórmula:

$$C = [(a-b) \times V]/m$$

Donde:

C = Concentración total de mercurio (mg/kg)

a = Concentración de la muestra (mg/L)

b = Concentración de la solución blanco (mg/L)

V = Volumen de la muestra (mL)

m = Peso de la muestra (g)

IV. RESULTADOS

4.1. Concentración de arsénico

Tabla 9. Resultados de la concentración de arsénico en 20 muestras de sombras para ojos (2018)

| Nº | Código de muestra | Concentración de arsénico (ppm) |
|------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | M1A1 | 0,58 |
| 2 | M1A2 | 0,01 |
| 3 | M1A3 | 0,06 |
| 4 | M1A4 | 0,65 |
| 5 | M1A5 | 0,10 |
| 6 | M2A1 | 1,23 |
| 7 | M2A2 | 0,03 |
| 8 | M2A3 | 0,02 |
| 9 | M2A4 | 0,24 |
| 10 | M2A5 | 1,31 |
| 11 | M3A1 | 0,70 |
| 12 | M3A2 | 0,07 |
| 13 | M3A3 | 0,25 |
| 14 | M3A4 | 0,26 |
| 15 | M3A5 | 0,11 |
| 16 | M4A1 | 0,11 |
| 17 | M4A2 | 0,03 |
| 18 | M4A3 | 0,44 |
| 19 | M4A4 | 1,10 |
| 20 | M4A5 | 0,17 |
| PROMEDIO | | 0,37 |
| Límites según FDA : ≤ 3 ppm | | |

En la tabla 9 se pueden observar los valores de arsénico de 20 muestras analizadas y rotuladas como M1, M2, M3 y M4, estas representan las cuatro marcas analizadas y la codificación A1, A2, A3, A4 y A5 corresponden a los colores marrones, dorados, claros o pasteles, rojizos y negros u oscuros, respectivamente (Anexo N°1).

Tabla 10. Medidas de tendencia central de concentración de arsénico

| Media (ppm) | Máximo (ppm) | Mínimo (ppm) |
|-------------|--------------|--------------|
| 0,37 | 1,31 | 0,01 |

En la tabla 10 se observa las medidas de tendencia central de concentración de arsénico con una media de 0,37 ppm.

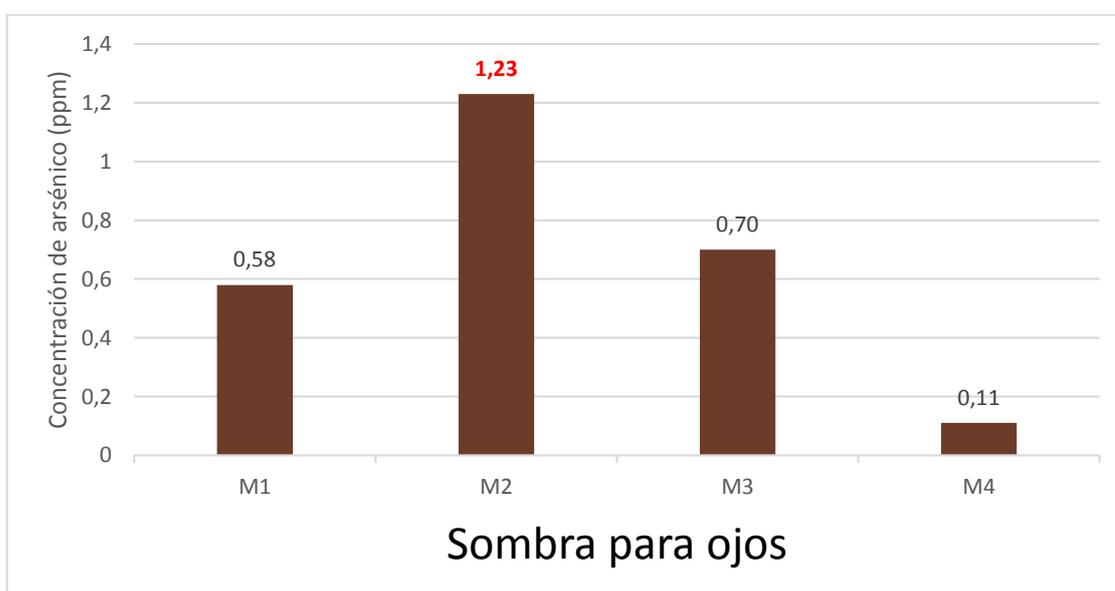


Figura 15. Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (color marrón)

En la figura 15 se muestra que las mayores concentraciones de arsénico se tienen en las marcas M1, M2 y M3 con valores de 0,58; 1,23 y 0,7 ppm, respectivamente. La menor concentración se da en M4, con 0,11 ppm.

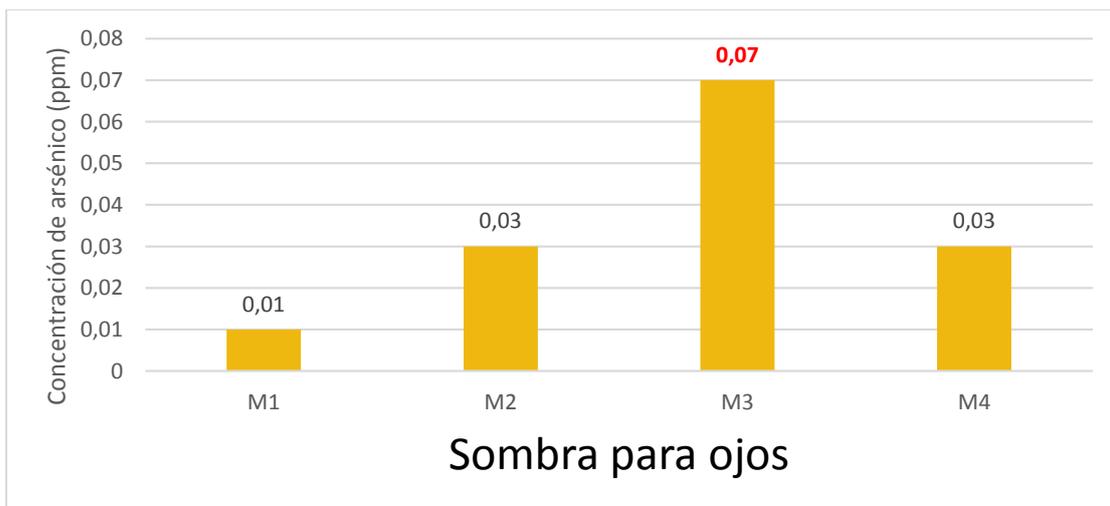


Figura 16. Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (color dorado)

En la figura 16 se muestra que la mayor concentración de arsénico se tiene en la marca M3 con 0,07 ppm. Las menores concentraciones se dan en M1, M2 y M4 con 0,01; 0,03 y 0,03 ppm, respectivamente.

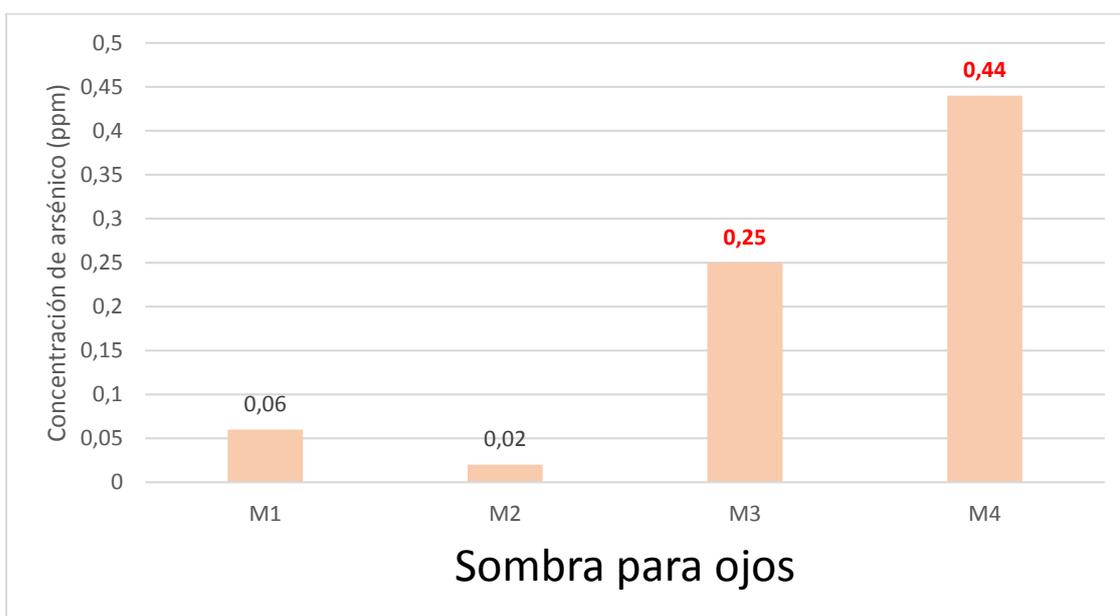


Figura 17. Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (colores claros o pasteles)

En la figura 17 se muestra que la mayor concentración de arsénico se tiene en la marca M4 con 0,44 ppm. Las menores concentraciones se dan en M1, M2 y M3 con 0,06; 0,02 y 0,25 ppm, respectivamente.

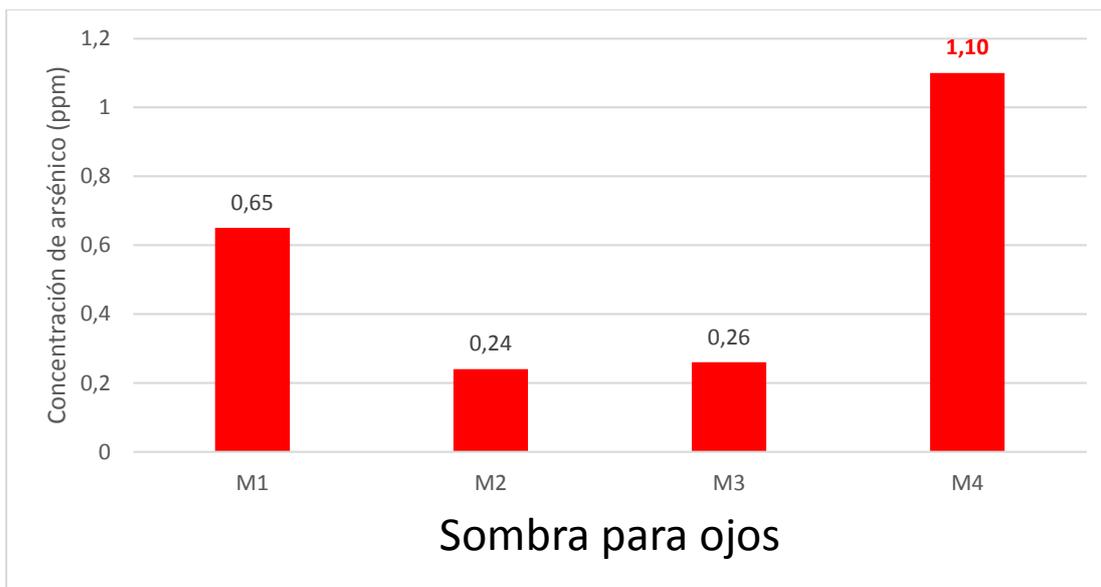


Figura 18. Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (color rojo)

En la figura 18 se muestra que las mayores concentraciones de arsénico se tienen en las marcas M1 y M4 con valores de 0,65 y 1,1 ppm, respectivamente. Las menores concentraciones se dan en M2 y M3, con 0,24 y 0,26 ppm, respectivamente.

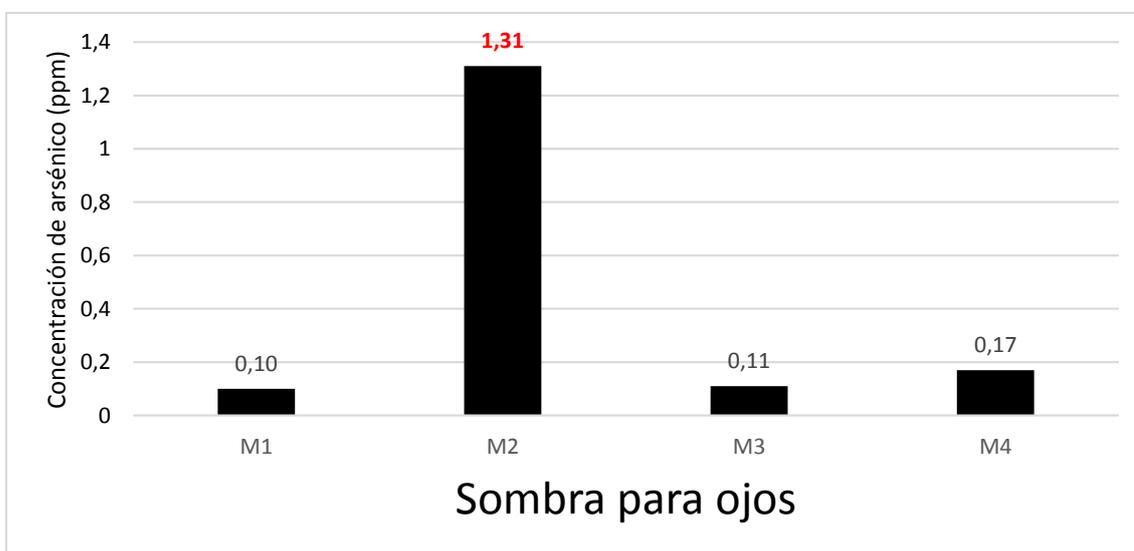


Figura 19. Concentración de arsénico (ppm) en sombras para ojos (colores negros u oscuros)

En la figura 19 se muestra que la mayor concentración de arsénico se tiene en la marca M2 con 1,31 ppm. Las menores concentraciones se dan en M1, M3 y M4 con 0,1; 0,11 y 0,17 ppm, respectivamente.

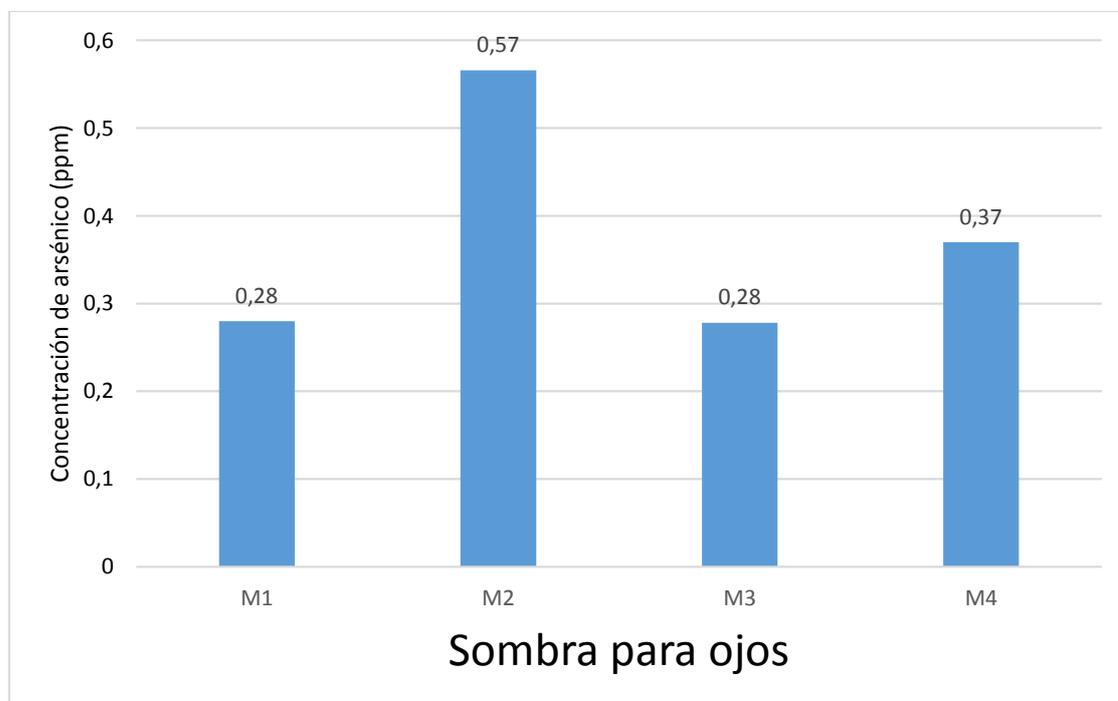


Figura 20. Concentración promedio de arsénico por marca

En la figura 20 se muestra que la mayor concentración de arsénico se tiene en la marca M2 con 0,566 ppm. Las menores concentraciones se dan con M1, M3 y M4 con 0,28; 0,278 y 0,37 ppm, respectivamente.

4.1.1. Análisis de las diferencias en las concentraciones de arsénico según la marca analizada mediante el estadístico de análisis de varianza (ANOVA)

a) Hipótesis

H₀: No existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según las marcas.

H₁: Existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según las marcas.

b) Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0,05$

c) Análisis de varianza (ANOVA). En la tabla 11 se muestran los resultados del análisis estadístico que corresponden a $F= 0,476$; $p = 0,703$; observándose el valor de significancia estadística mayor al nivel α por lo que se acepta H_0 es decir: No existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según las marcas (Tabla 11).

Tabla 11. Resultado de los niveles de arsénico según la marca analizada mediante el análisis de varianza (ANOVA)

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Significancia |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 0,275 | 3 | 0,092 | 0,476 | 0,703 |
| Dentro de grupos | 3,078 | 16 | 0,192 | | |
| Total | 3,353 | 19 | | | |

d) Decisión

El valor de $p= 0,703$ es mayor que 0,05

e) Conclusión

Con una significancia de 5%, se acepta H_0 es decir: No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según las marcas.

En la tabla 12 se muestra los resultados descriptivos observándose que el mayor valor de concentración corresponde a la muestra M2 (*Promedio* = 0,57, *Var* = 0,42), y los menores valores de concentración corresponden a la muestra M1 (*Promedio* = 0,28, *Var* = 0,095), M3 (*Promedio* = 0,28, *Var* = 0,063) y M4 (*Promedio* = 0,37, *Var* = 0,190)

Tabla 12. Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de arsénico según la marca analizada

| Grupos | Muestras | Suma | Promedio | Varianza |
|--------|----------|------|----------|----------|
| M1 | 5 | 1,40 | 0,28 | 0,095 |
| M2 | 5 | 2,83 | 0,57 | 0,422 |
| M3 | 5 | 1,39 | 0,28 | 0,063 |
| M4 | 5 | 1,85 | 0,37 | 0,190 |

4.1.2. Análisis de las diferencias en las concentraciones de arsénico según los colores analizados mediante el estadístico de análisis de varianza (ANOVA)

a) Hipótesis

H₀: No existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según los colores.

H₁: Existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según los colores.

b) Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0,05$

c) Análisis de varianza (ANOVA). En la tabla 13 se muestran los resultados del análisis estadístico que corresponden a $F= 1,731$; $p = 0,196$, observándose el valor de significancia estadística mayor al nivel α por lo que se acepta H_0 es decir: No existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según los colores (Tabla 13).

Tabla 13. Resultado de los niveles de arsénico según el color analizado mediante el análisis de varianza (ANOVA)

| Origen de las variaciones | Σ de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Significancia |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 1,059 | 4 | 0,265 | 1,731 | 0,196 |
| Dentro de grupos | 2,294 | 15 | 0,153 | | |
| Total | 3,353 | 19 | | | |

d) Decisión

El valor de $p = 0,196$ es mayor que $0,05$

e) Conclusión

Con una significancia de 5%, se acepta H_0 es decir: No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según los colores.

En la tabla 14 se muestra los resultados descriptivos observándose que los mayores valores de concentración corresponden a las muestras A1 (*Promedio* = 0,66; *Var* = 0,21), A4 (*Promedio* = 0,56; *Var* = 0,16), A5 (*Promedio* = 0,42; *Var* = 0,35) y los menores valores de concentración corresponden a las muestras A2 (*Promedio* = 0,04; *Var* = 0,001) y A3 (*Promedio* = 0,19; *Var* = 0,04) (Tabla 14).

Tabla 14. Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de arsénico según el color analizado

| Grupos | Muestras | Suma | Promedio | Varianza |
|--------|----------|------|----------|----------|
| A1 | 4 | 2,62 | 0,66 | 0,21 |
| A2 | 4 | 0,14 | 0,04 | 0,001 |
| A3 | 4 | 0,77 | 0,19 | 0,04 |
| A4 | 4 | 2,25 | 0,56 | 0,16 |
| A5 | 4 | 1,69 | 0,42 | 0,35 |

4.1.3. Análisis de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA mediante el estadístico *t* de Student para una muestra

a) Hipótesis

H_0 : No existen diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA.

H_1 : Existen diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA.

b) Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0,05$

c) Análisis de *t* de Student para una muestra. En la tabla 15 se muestra los resultados que corresponden a $t(19) = -27,961$; $p = 0,000$ del cual se obtuvo el valor de significancia estadística menor al nivel α por lo que se rechaza la H_0 concluyéndose H_1 , es decir: Existen diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA.

Tabla 15. Análisis estadístico de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA mediante la prueba de t de Student de muestra única

| | Concentración de arsénico en sombras para ojos | Límite FDA |
|----------------------------|--|--------------|
| Media | 0,37 | 3 ppm |
| Grados de libertad | 19 | |
| Estadístico t | -27,96 | |
| P(T<=t) una cola | 0 | |

d) Conclusión

$p=0,000 \rightarrow$ Se acepta H_1 , por lo tanto, existen diferencias significativas de las concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA.

4.1.4. Concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA

En la figura 21 se muestra la comparación de las concentraciones de arsénico con el límite permitido por la FDA

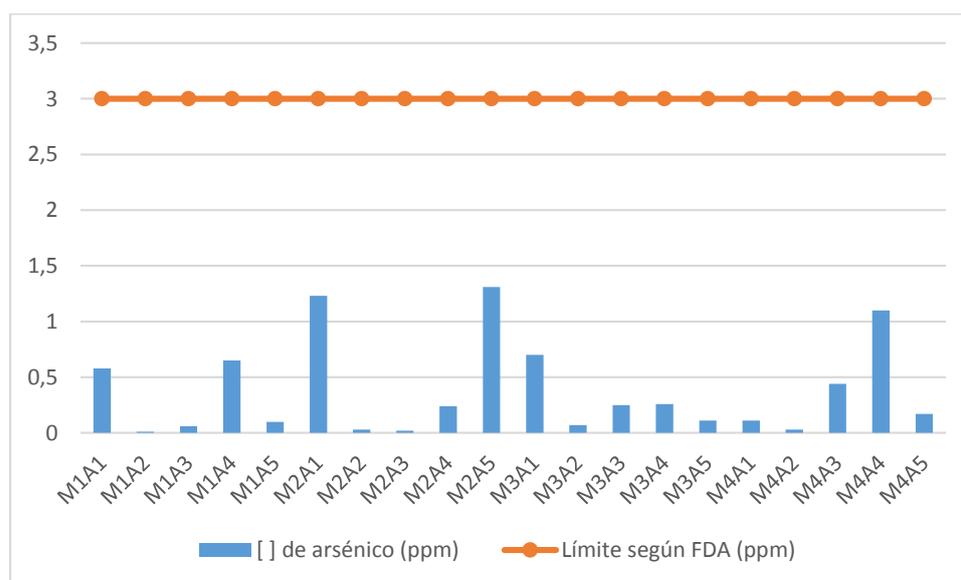


Figura 21. Concentraciones de arsénico en comparación con el límite permitido por la FDA

4.2. Concentración de mercurio

Tabla 16. Resultados de la concentración de mercurio en 20 muestras de sombras para ojos (2018).

| N° | Código de muestra | Concentración de mercurio (ppm) |
|---|-------------------|---------------------------------|
| 1 | M1A1 | 0,05 |
| 2 | M1A2 | 0,03 |
| 3 | M1A3 | 0,04 |
| 4 | M1A4 | 0,05 |
| 5 | M1A5 | 0,02 |
| 6 | M2A1 | 0,02 |
| 7 | M2A2 | 0,07 |
| 8 | M2A3 | 0,08 |
| 9 | M2A4 | 0,12 |
| 10 | M2A5 | 0,12 |
| 11 | M3A1 | 0,11 |
| 12 | M3A2 | 0,08 |
| 13 | M3A3 | 0,08 |
| 14 | M3A4 | 0,07 |
| 15 | M3A5 | 0,05 |
| 16 | M4A1 | 0,09 |
| 17 | M4A2 | 0,10 |
| 18 | M4A3 | 0,09 |
| 19 | M4A4 | 0,10 |
| 20 | M4A5 | 0,03 |
| PROMEDIO | | 0,07 |
| Límite según FDA : ≤ 1 ppm | | |

En la tabla 16 se muestra los valores de mercurio de 20 muestras analizadas y rotuladas como M1, M2, M3 y M4, estas representan las cinco marcas analizadas y la codificación A1, A2, A3, A4 y A5 que corresponden a los colores marrones, dorados, claros y/o pasteles, rojizos y negros u oscuros, respectivamente (Anexo N°1).

Tabla 17. Medidas de tendencia central de concentración de mercurio.

| Media (ppm) | Máximo (ppm) | Mínimo (ppm) |
|-------------|--------------|--------------|
| 0,07 | 0,12 | 0,02 |

En la tabla 17 se observa las medidas de tendencia central de concentración de arsénico con una media de 0,12 ppm.

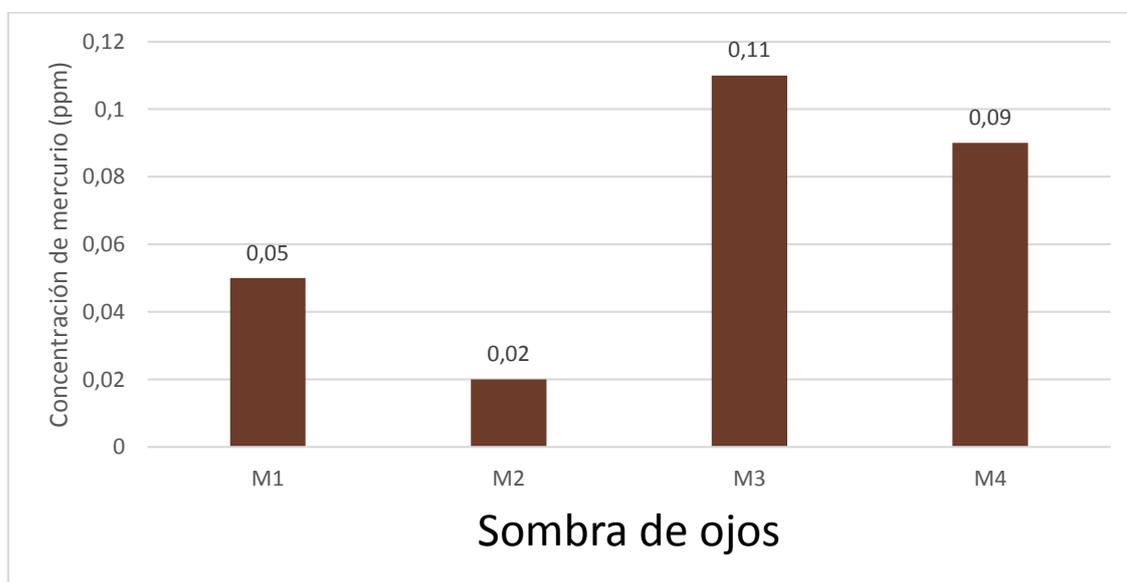


Figura 22. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (color marrón)

En la figura 22 se muestra que las mayores concentraciones de mercurio se tienen en las marcas M3 y M4 con valores de 0,11 y 0,09 ppm, respectivamente. Las menores concentraciones se dan con M1 y M2, con 0,05 y 0,02 ppm, respectivamente.

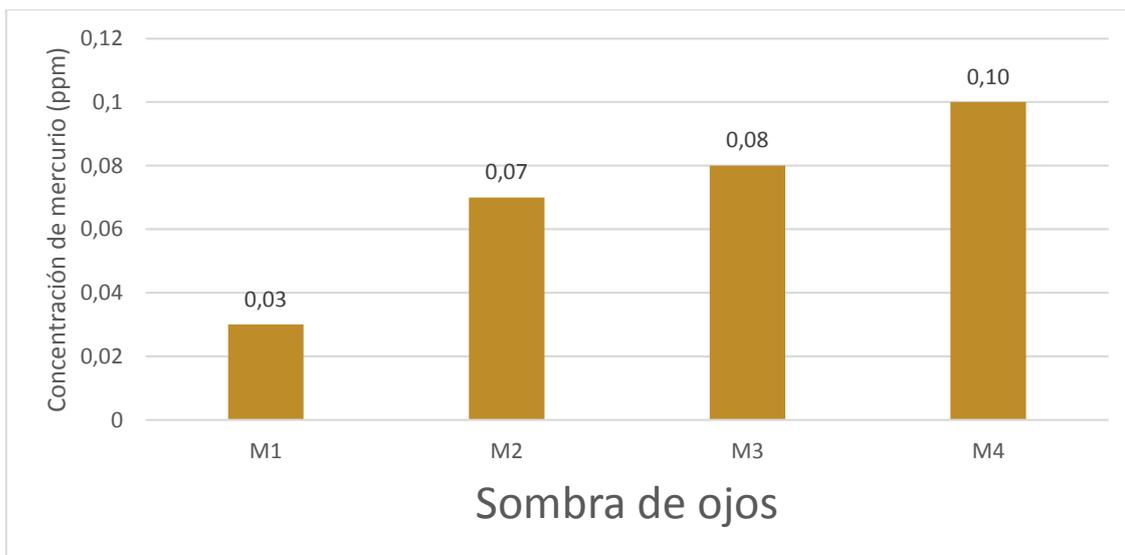


Figura 23. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (color dorado)

En la figura 23 se muestra que las mayores concentraciones de mercurio se tienen con las marcas M2, M3 y M4 con valores de 0,07; 0,08 y 0,10 ppm, respectivamente. La menor concentración se da con M1 en 0,03 ppm.

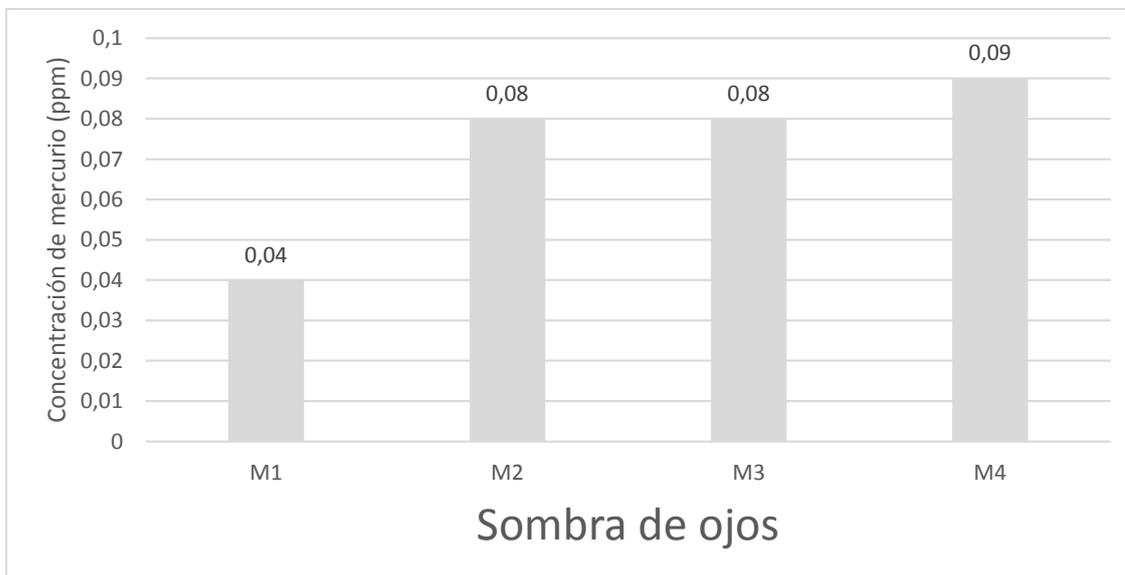


Figura 24. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (colores claros y/o pasteles).

En la figura 24 se muestra que las mayores concentraciones de mercurio se tienen en las marcas M2, M3 y M4 con valores de 0,08; 0,08 y 0,09 ppm, respectivamente. La menor concentración se da en M1 con 0,04 ppm.

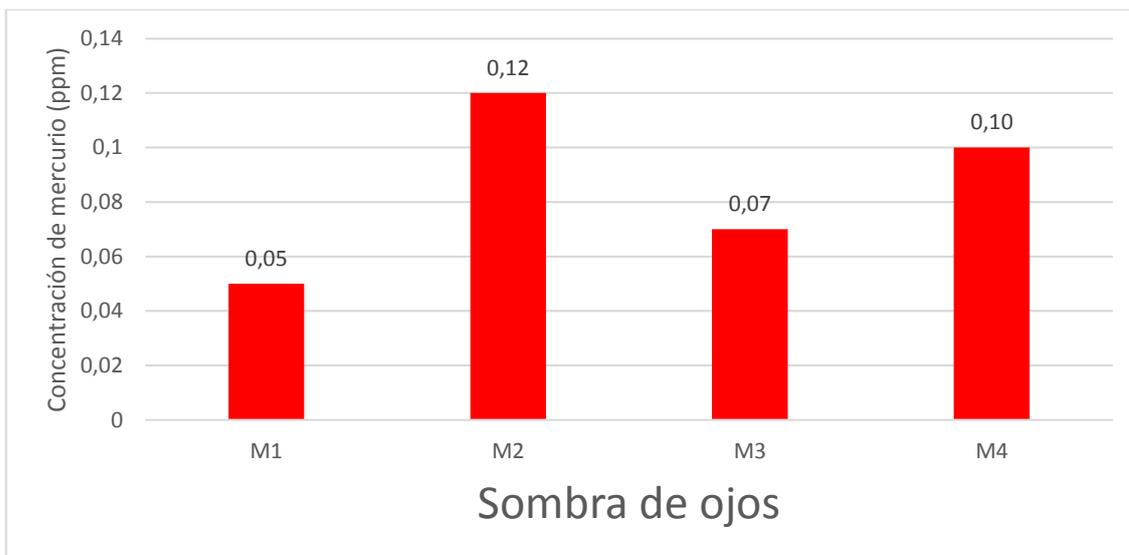


Figura 25. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (color rojo)

En la figura 25 se muestra que las mayores concentraciones de mercurio se tienen con las marcas M2 y M4 con valores de 0,12 y 0,10 ppm, respectivamente. Las menores concentraciones se dan con M1 y M3, con 0,05 y 0,07 ppm, respectivamente.

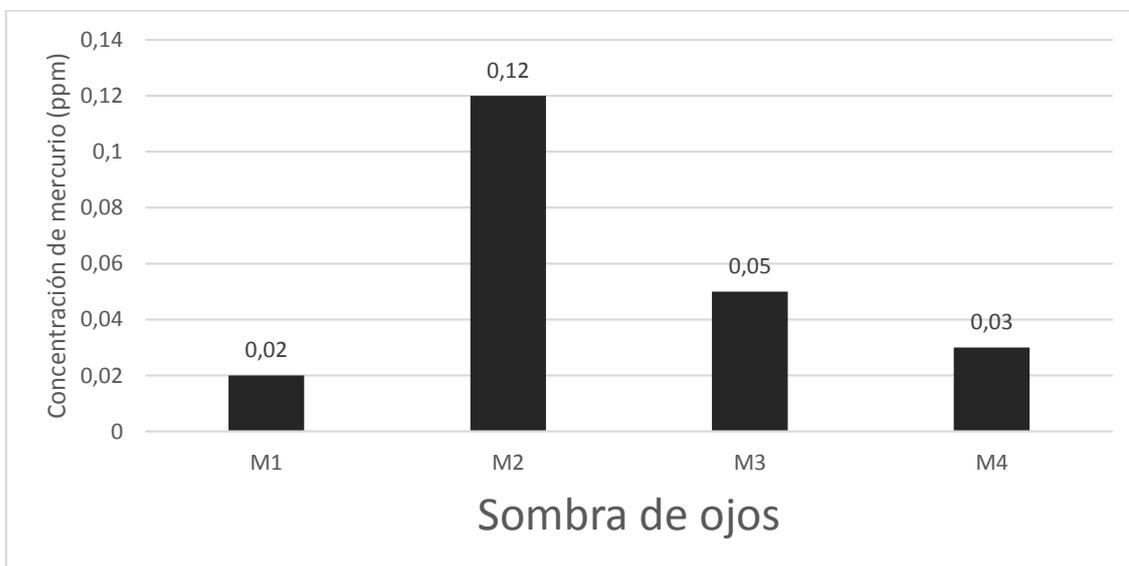


Figura 26. Concentración de mercurio (ppm) en sombras para ojos (colores negros u oscuros)

En la figura 26 se muestra que la mayor concentración de mercurio se tiene en la marca M2 con valor de 0,12 ppm. Las menores concentraciones se dan con M1, M3 y M4, con 0,02; 0,05 y 0,03 ppm, respectivamente.

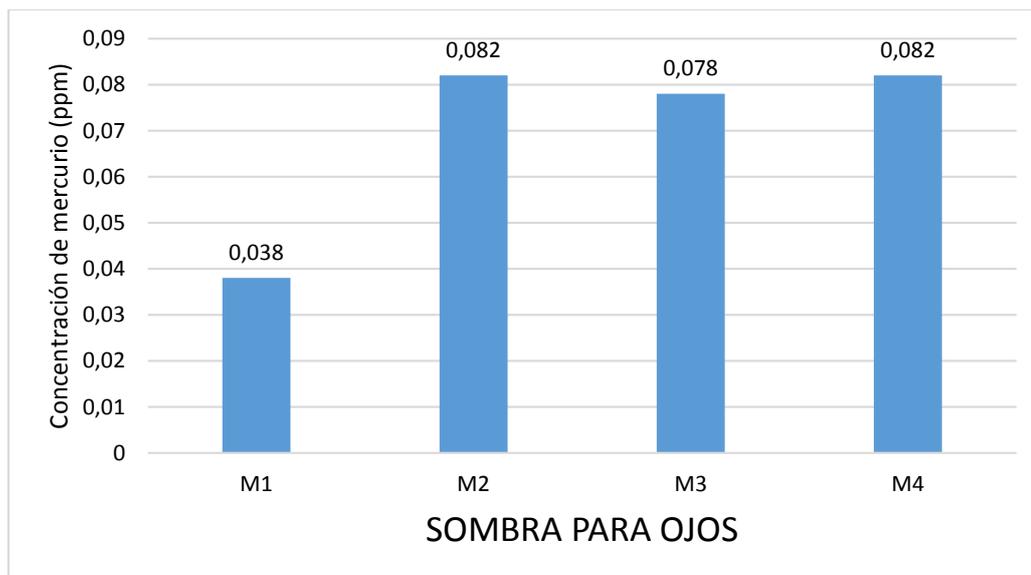


Figura 27. Concentración promedio de mercurio por marca

En la figura 27 se muestra que las mayores concentraciones de mercurio se tienen en las marcas M2 y M4 con 0,082 ppm. Las menores concentraciones se dan con M1 y M3 con 0,038 y 0,078 ppm, respectivamente.

4.2.1. Análisis de las diferencias en las concentraciones de mercurio según la marca analizada mediante el estadístico de análisis de varianza (ANOVA)

a) Hipótesis:

H_0 : No existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según las marcas.

H_1 : Existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según las marcas.

b) Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0,05$

c) Análisis de varianza (ANOVA). En la tabla 18 se muestra los resultados del análisis estadístico que corresponden a $F= 2,840$; $p = 0,071$, observándose el valor de significancia estadística mayor al nivel α por lo que se acepta H_0 es decir: No existe

diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según las marcas.

Tabla 18. Resultado de los niveles de mercurio según la marca analizada mediante el análisis de varianza (ANOVA).

| Origen de las variaciones | Σ de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Significancia |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 0,007 | 3 | 0,002 | 2,840 | 0,071 |
| Dentro de grupos | 0,013 | 16 | 0,001 | | |
| Total | 0,020 | 19 | | | |

d) Decisión

El valor de $p=0,071$ es mayor que 0,05

e) Conclusión

Con una significancia de 5%, se acepta H_0 es decir: No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico según las marcas.

En la Tabla 19 se muestran los resultados descriptivos observándose que los mayores valores de concentraciones corresponden a las muestras M2 ($M = 0,0820$, $Var = 0,002$), M3 ($M = 0,0780$, $Var = 0,000$) y M4 ($M = 0,0820$, $Var = 0,001$), y la menor a la muestra M1 ($M = 0,0380$, $Var = 0,000$).

Tabla 19. Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de mercurio según la marca analizada.

| Grupos | Muestras | Suma | Promedio | Varianza |
|--------|----------|------|----------|----------|
| M1 | 5 | 0,19 | 0,038 | 0,000 |
| M2 | 5 | 0,41 | 0,082 | 0,002 |
| M3 | 5 | 0,39 | 0,078 | 0,000 |
| M4 | 5 | 0,41 | 0,082 | 0,001 |

4.2.2. Análisis de las diferencias en las concentraciones de mercurio según los colores analizados mediante el estadístico de análisis de varianza (ANOVA)

a) Hipótesis

H₀: No existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según los colores.

H₁: Existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según los colores.

b) Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0,05$

c) Análisis de varianza (ANOVA). En la tabla 20 se muestra los resultados del análisis estadístico que corresponden a $F= 0,386$; $p = 0,815$, observándose el valor de significancia estadística mayor al nivel α por lo que se acepta H_0 es decir: No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según los colores.

Tabla 20. Resultado de los niveles de mercurio según el color analizado mediante el análisis de varianza (ANOVA)

| Origen de las variaciones | Σ de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Significancia |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 0,002 | 4 | 0,000 | 0,386 | 0,815 |
| Dentro de grupos | 0,018 | 15 | 0,001 | | |
| Total | 0,020 | 19 | | | |

d) Decisión

El valor de $p = 0,815$ es mayor que $0,05$

e) Conclusión

Con una significancia de 5%, se acepta H_0 es decir: No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de mercurio según los colores.

En la tabla 21 se muestra los resultados descriptivos observándose que las concentraciones en orden descendente son muestra A4 (*Promedio* = 0,0850; *Var* = 0,001), A3 (*Promedio* = 0,0725; *Var* = 0,000), A2 (*Promedio* = 0,0700; *Var* = 0,001), A1 (*Promedio* = 0,0675; *Var* = 0,002) y A5 (*Promedio* = 0,0550; *Var* = 0,002).

Tabla 21. Resultados estadísticos descriptivos de las concentraciones de mercurio según el color analizado

| Grupos | Muestras | Suma | Promedio | Varianza |
|--------|----------|------|----------|----------|
| A1 | 4 | 0,27 | 0,068 | 0,002 |
| A2 | 4 | 0,28 | 0,070 | 0,001 |
| A3 | 4 | 0,29 | 0,073 | 0,000 |
| A4 | 4 | 0,34 | 0,085 | 0,001 |
| A5 | 4 | 0,22 | 0,055 | 0,002 |

4.2.3. Análisis de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA mediante el estadístico t de Student para una muestra

a) Hipótesis

H_0 : No existen diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA.

H_1 : Existen diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA.

b) Nivel de significancia estadística: $\alpha = 0,05$

c) Análisis de t de Student para una muestra. En la tabla 22 se muestra los resultados que corresponden a $t(19) = -128,837$; $p = .000$, del cual se obtuvo el valor de significancia estadística menor al nivel α por lo que se rechaza la H_0 concluyéndose H_1 , es decir: Existen diferencias estadísticamente significativas de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA.

Tabla 22. Análisis estadístico de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA mediante la prueba de t de Student de muestra única

| | Concentración de mercurio en sombras para ojos | Límite FDA |
|--------------------|--|------------|
| Media | 0,07 | 1 ppm |
| Grados de libertad | 19 | |
| Estadístico t | -128,84 | |
| P(T<=t) una cola | 0 | |

d) Conclusión

$p=0,000 \rightarrow$ Se acepta H_1 , por lo tanto, existen diferencias significativas de las concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA.

4.2.4. Concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA

En la figura 27 se muestra la comparación de las concentraciones de mercurio con el límite permitido por la FDA

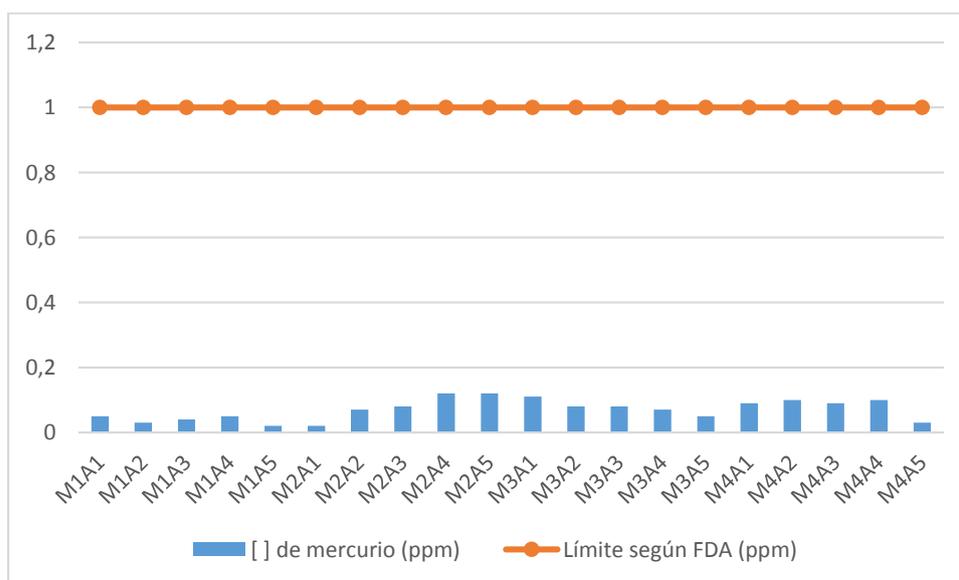


Figura 28. Concentraciones de mercurio en comparación con el límite permitido por la FDA

V. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se cuantificó las concentraciones de arsénico y mercurio detectadas en sombras para ojos procedentes de China, las cuales son vendidas online a través del e-commerce (comercio electrónico) en el Perú. Se encontró para ambos casos que las cantidades detectadas no superaron los límites permitidos por la FDA.

La elección de realizar la compra vía online de los productos fue debido a la tendencia que tiene el Perú al acceso a internet, principalmente a través de dispositivos móviles. Actualmente, el Perú tiene una cuota pequeña de participación en cuanto a las ventas por e-commerce de productos de belleza, representa solo 1% en el canal a comparación de 26% a nivel mundial. Según un estudio realizado por el Gremio Peruano de Cosmética e Higiene (Copecoh), revela que hay un crecimiento en el sector cosmético de entre 4 y 7%. Se espera que aunque la incidencia del canal online en el sector sea todavía baja, el número de ventas a través de internet crezca durante los próximos años como ha ocurrido en otros países de Latinoamérica con mayor poder adquisitivo que Perú¹.

En el Perú, en 2018, el número de clientes que compró o reservó un producto o servicio a través de internet superó los tres millones. Asimismo, el gobierno, a través de la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática (ONGEI), está impulsando el uso de la informática e internet entre la ciudadanía con el objetivo de modernizar el país. Por ello, se estima que para el 2020, las ventas en línea hayan crecido en torno a 55% a través de dispositivos móviles y 30% a través de ordenadores⁵³.

Se han realizado diversos estudios sobre la determinación de arsénico en productos cosméticos; así por ejemplo, según la revisión bibliográfica realizada por Bocca y col. (2014) los valores de arsénico en sombras para ojos oscilan en un rango de 0,3 a 2,3 ppm, es decir no sobrepasan los límites permitidos por la FDA (≤ 3 ppm); datos similares fueron obtenidos en nuestro estudio ya que ninguno de nuestros valores sobrepasaron los límites. Por otro lado un estudio más reciente realizado por Naimani y col.

(2018) reportó valores en un rango de 2,080 a 8,028 ppm, a diferencia del anterior estos datos si sobrepasan los límites; esto puede deberse a que una de las diferencias con nuestro estudio fue la procedencia de los cosméticos (Tanzania), al tener productos que superan el límite, no serían recomendables para el uso, ya que pueden tener mayor cantidad de impurezas^{10, 12}.

Con respecto a mercurio, los resultados generales de un estudio realizado por Moniem (2017) reporta un contenido extremadamente alto en sombras para ojos, valores que oscilan desde 0,24 a 10,00 ppm, teniendo en cuenta que el límite permisible por la FDA para mercurio es de ≤ 1 ppm, se puede observar que dichos datos se encuentran fuera de lo permitido. Todo lo contrario se demuestra en los estudios realizados por Orisakwe (2013) y Borowska (2015) en los que al igual que el presente, las concentraciones de mercurio detectadas no superaron el límite permitido. Aunque la presencia de mercurio en todas las muestras se encuentran en cantidades mínimas, la liberación lenta de este metal en el sistema humano puede ser perjudicial para el sistema biológico si se permite que se acumule con el tiempo^{9, 11}.

Si bien no existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de ambos metales en las diferentes marcas y colores, cabe resaltar, que la marca "M2" (Novo) obtuvo las concentraciones más altas para arsénico y mercurio, siendo estos 1,31 y 0,12 ppm, respectivamente. De la misma manera la marca "M1" (Beaty glazed) tuvo las mínimas concentraciones para ambos casos. Dentro de los colores, el color rojo fue el que obtuvo los mayores valores tanto para arsénico como para mercurio, los valores más bajos se detectaron del color dorado y negro u oscuro, respectivamente (Anexo 1). Según estos datos se pueden tener en consideración la marca y color con mayor probabilidad de presencia de metales pesados; sin embargo, para contrastar estos resultados, sería ideal poder tener una mayor cantidad de muestras que permita demostrar una

diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de dichos metales presente en sombras para ojos.

Si bien en nuestro estudio demostramos que las concentraciones de arsénico y mercurio se encuentran por debajo de los valores permisibles por la FDA, es importante mencionar el peligro que puede causar una acumulación en nuestro organismo. Hoy, nuestro país no cuenta con una norma técnica específica sobre los niveles de arsénico y mercurio en cosméticos.

VI. CONCLUSIONES

- Se cuantificó y comparó el contenido de arsénico y mercurio en 20 muestras de sombras para ojos, de los cuales los valores promedios fueron para arsénico 0,37 con un valor máximo de 1,31 y mínimo de 0,01 ppm y para mercurio, un promedio de 0,07, un máximo de 0,12 y un mínimo de 0,02 ppm.
- No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico y mercurio entre las diferentes marcas analizadas de sombras para ojos importadas desde China.
- No existe diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de arsénico y mercurio entre los diferentes colores analizados de sombras para ojos importadas desde China.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de investigación de concentraciones de arsénico y mercurio en otro tipo de cosméticos, como: lápiz labial, delineador de ojos, tintes para cabello, etc.
- Realizar un estudio que tenga una mayor cantidad de muestras, en el cual se pueda evidenciar una diferencia significativa entre los colores de sombras para ojos, con la finalidad de tener un color referente para la cuantificación de metales pesados.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Simal IE. El mercado de cosmética e higiene personal en Perú. [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2019]. Disponible en: http://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Per%C3%BA/Perucosmetica-higiene-personal-alicex2017.pdf
2. Díaz CA, Li HM, Mechán EJ, Palacios ME. Planeamiento estratégico para la industria peruana de productos cosméticos. Tesis de maestría. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú; 2018.
3. Rajagopal M, Alagunambi R, Nanjan V. ICP – OES investigations of heavy metal contents in cosmetic products. Journal of Pharmacy Research. [Internet]. 2015 [citado 3 setiembre 2018]; 9(1):27-30. Disponible en: <http://jprsolutions.info/files/final-file-568354f5ac2735.33422867.pdf>
4. Marinovich M, Boraso M, Testai E, Gallia C. Metals in cosmetics: an a posteriori safety evaluation. Regulatory Toxicology and Pharmacology. [Internet]. 2014 [citado 15 setiembre 2018]; 69(3):416-424. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273230014000877?via%3Dihub>
5. Sainio EL, Jolanki R, Hakala E, Kanerva L. Metals and arsenic in eye shadows. Contact Dermatitis. [Internet]. 2001 [citado 20 setiembre 2018]; 42(1):5-10. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1034/j.1600-0536.2000.042001005.x>
6. FDA. Testing of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury, and nickel content. [Internet]. [citado 2 julio 2018]. Disponible en: <https://www.fda.gov/Cosmetics/ProductsIngredients/PotentialContaminants/ucm452836.htm>
7. Health Canada. guidance on heavy metal impurities in cosmetics. [Internet]. [citado 5 julio 2018]. Disponible en: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product->

[safety/reports-publications/industry-professionals/guidance-heavy-metal-impurities-cosmetics.html](https://www.researchgate.net/profile/Hanan_Emara/publication/316913358_Determination_of_Some_Heavy_Metals_in_Eye_Shadows_Cosmetics/links/59ba3a87aca27241618f1d87/Determination-of-Some-Heavy-Metals-in-Eye-Shadows-Cosmetics.pdf)

8. Moniem Ah, Ahmed Ak, Emara H, Naeem Jm, Alhafez N, Bijad AM. Determination of some heavy metals in eye shadows cosmetics. Asian Journal of Chemistry. [Internet]. 2017 [citado 15 octubre 2018]; 29(7):1441-6. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Hanan_Emara/publication/316913358_Determination_of_Some_Heavy_Metals_in_Eye_Shadows_Cosmetics/links/59ba3a87aca27241618f1d87/Determination-of-Some-Heavy-Metals-in-Eye-Shadows-Cosmetics.pdf
9. Borowska S, Brzóška M. Metals in cosmetics: implications for human health. Journal of Applied Toxicology. [Internet]. 2015 [citado 10 agosto 2018]; 35(6):551-693. Disponible en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jat.3129>
10. Bocca B, Pino A, Alimonti A, Forte G. Toxic metals contained in cosmetics: a status report. Regulatory Toxicology and Pharmacology. [Internet]. 2014 [citado 12 agosto 2018]; 68(3) :447-67. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24530804>
11. Ebere OO, Oye OJ. Metal concentrations in cosmetics commonly used in Nigeria. The Scientific World Journal. [Internet]. 2013 [citado 20 octubre 2018];2013(1) :1-7. Disponible en:
<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/959637/>
12. Naimani P, John S, Chande O. Levels of heavy metals in selected facial cosmetics marketed in Dar es Salaam, Tanzania. Tanzania Journal of Science. [Internet]. 2018 [citado 12 diciembre 2018]; 44(2) :81-8. Disponible en:
<https://www.ajol.info/index.php/tjs/article/viewFile/174062/163482>
13. Hepp NM, Mindak WR, Gasper JW, Thompson CB, Barrows JN. Survey of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury, and nickel content. Journal of the Society of Cosmetic Chemists. [Internet]. 2014 [citado 12 noviembre 2018]; 65(3) :125-45. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25043485>

14. Zaragoza N. Dermatitis alérgica de contacto a cosméticos, estudio prospectivo durante los años 2005-2013 y estudio comparativo con el periodo previo de 1996-2004. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia, Departamento de Medicina; 2015.
15. Delgado FC. Determinación de la concentración de plomo por espectrofotometría de absorción atómica en sombras de ojos que se comercializan en los mercadillos de Tacna, 2014. Tesis pregrado. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, Facultad de Ciencias de la Salud; 2015.
16. Matsuo T, Takeda Y, Ohtsuka A. Stereoscopic three-dimensional images of an anatomical dissection of the eyeball and orbit for educational purposes. Acta Medica Okayama. [Internet]. 2013 [citado 11 setiembre 2018]; 67(2): 87-91. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23603924>
17. Baki G, Alexander K, Introduction to cosmetic formulation and technology [libro electrónico]. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2015 [citado 12 noviembre 2018]. Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=tM_0BqAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
18. Kleiner FS. Gardner's art through the ages: a global history boston [libro electrónico]. Boston: Cengage Learning; 2010 [citado 16 noviembre 2018]. Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=S1CRuET2CP8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
19. Malmin E. Basic 101 makeup with contouring & highlighting effects. [Internet].2015 [citado 15 diciembre 2018]. Disponible en:
<https://lashbrowmakeup-academy.com/wp-content/uploads/2015/02/Elle-Malmin-Makeup-101-E-Book.pdf>.
20. Robert Jones. Basic eyeshadow. [Internet].2015 [citado 17 diciembre 2018]. Disponible en: <https://robertjonesbeautyacademy.com/wp-content/uploads/2015/01/BasicEyeshadow.pdf>
21. FDA. Eye cosmetic safety. [Internet].2018 [citado 2 enero 2019]. Disponible en:

- <https://www.fda.gov/Cosmetics/ProductsIngredients/Products/ucm137241.htm>
22. Nykaa. Eyeshadow basics: types, textures, and tints for your skin tone. [Internet]. 2018 [citado 20 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.nykaa.com/beauty-blog/eyeshadow-basics-types-textures-and-tints-for-your-skin-tone/>
 23. Starr W. The types of eyeshadows. [Internet]. 2018 [citado 21 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.leaf.tv/articles/the-types-of-eyeshadows/>
 24. Lang K. Types of eyeshadow + how to apply them. [Internet]. 2019 [citado 2 febrero 2019]. Disponible en: <https://makeuptutorials.com/eyeshadow-makeup-tutorials/>
 25. Barel A, Paye M, Maibach H. Handbook of cosmetic science and technology. 3era ed. New York: Informa Healthcare USA; 2009.
 26. Wilkinson J, Moore R. Cosmetología de Harry. 1era ed. Madrid: Díaz de Santos S.A.; 1990.
 27. Laguna GL, Ricaldi CE. Determinación de plomo y arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana. Tesis pregrado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2017.
 28. Rebaza PR, Rodríguez RB. Biodepuración parcial de arsénico de aguas contaminadas usando biorreactor de lecho móvil (mbbr) con carga bacteriana extremófila - Punta de Bombón, Arequipa 2013. Tesis pregrado. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas; 2014.
 29. Baig SA, Sheng T, Hu Y, Xu J, Xu X. Arsenic removal from natural water using low cost granulated adsorbents: a review. Clean – Soil, Air, Water. [Internet]. 2013 [citado 12 noviembre 2018]; 42(9999):1-14. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/clen.201200466>
 30. ATSDR. Arsenic toxicity what are the standards and regulation for arsenic exposure?. [Internet]. [citado 29 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=1&po=8>
 31. WHO. Arsenic. [Internet]. [citado 18 enero 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

32. Medina P, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. Rev Peru Med Exp Salud Publica. [Internet]. 2018 [citado 15 diciembre 2018]; 35(1):93-102. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342018000100015&script=sci_abstract
33. Chung JY, Yu SD, Hong YS. Environmental source of arsenic exposure. Journal of Preventive Medicine & Public Health. [Internet]. 2014 [citado 10 diciembre 2018]; 47(1):253-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4186553/pdf/jpmph-47-5-253.pdf>
34. ATSDR. La toxicidad del arsénico. [Internet]. [citado 3 enero 2019]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/>
35. Albert L. Introducción a la toxicología ambiental Mexico: Metepec; 1997.
36. Ramírez AV. Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica. Anales de la Facultad de Medicina. [Internet]. 2013 [citado 13 diciembre 2018]; 74(3):237-247. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000300014
37. ATSDR. ToxFAQs™ sobre el arsénico. [Internet]. [citado 3 enero 2019]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.pdf
38. Sun HJ, Rathinasabapathi B, Wu B, Luo J, Pu LP, Ma LQ. Arsenic and selenium toxicity and their interactive effects in humans. Environment International. [Internet]. 2014 [citado 19 diciembre 2018]; 69(1): 148-58. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412014001391?via%3Dihub>
39. Zarco FS. Nuevos materiales para la especiación de mercurio: biotransformación de metales en organismos modelo. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Química Analítica ; 2017.
40. Londoño FL, Londoño MP, Muñoz GF. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector

- Agropecuaria y Agroindustrial. [Internet]. 2016 [citado 29 noviembre 2018]; 14(2):145-153. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
41. ATSDR. ToxFAQs™ for Mercury. [Internet]. [citado 20 enero 2019]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=113&tid=24>
 42. CDC. Mercury compounds. [Internet]. [citado 20 enero 2019]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0383.html>
 43. WHO. El mercurio en los productos para aclarar la piel. [Internet]. [citado 20 enero 2019]. Disponible en:
https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_flyer_sp.pdf?fbclid=IwAR2GUufWEUGQByFiwSuBatEE8QeojOcxwnHIQ-6Q2eUuNpcqbqGJ5SXoN38
 44. WHO. El mercurio y la salud. [Internet]. [citado 21 enero 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
 45. MINSA. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por mercurio. [Internet]. [citado 22 enero 2019]. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3245.pdf>
 46. Cajaleon CC, Concepcion MD. Determinacion de la concentracion de arsenico y mercurio por espectrofotometria de absorcion atomica en peces procedentes del mar de Huacho y Chorrillos. Tesis pregrado. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica; 2018.
 47. Español CS. Toxicología del mercurio. actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. [Internet]. [citado 22 enero 2019]. Disponible en: http://www.gama-peru.org/jornada-hq/espanol.pdf?fbclid=IwAR1XneyaHiS5ZI_kN0LRctvxABObUi3SJFqSib7axV9HrZNPUjygSv82JN0
 48. Broussard LA, Hammett Stabler CA, Winecker RE, Roper MJ. The toxicology of mercury. Laboratory Medicine. [Internet]. 2002 [citado 2 noviembre 2018]; 33(8):614–25. Disponible en: <https://academic.oup.com/labmed/article/33/8/614/2657245>

49. Helaluddin A, Saadi K, Alaama M, Atif AS. Main analytical techniques used for elemental analysis in various matrices. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. [Internet]. 2016 [citado 5 diciembre 2018]; 15(2): 427-34. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?pr16057>
50. CONYCIT. Determinación de niveles de arsénico no dietario urinario en una población de trabajadores expuestos II región. [Internet]. [citado 28 enero 2019]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/3177178/>
51. Queen's University. Direct mercury analyzer (DMA). [Internet]. [citado 2 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.queensu.ca/asu/instrumentation/cvaas-mercury>.
52. Aliexpress. Wholesale sombras de ojos [Internet]. [citado 2 julio 2018]. Disponible en: https://es.aliexpress.com/w/wholesale-sombras-de-ojos.html?spm=a219c.search0104.0.0.1d1e4f9eLWslsx&initiative_id=SB_20180806085159&site=esp&groupsort=1&SortType=total_tranpro_desc&g=y&SearchText=sombras+de+ojos.
53. Peru Retail, ¿Cuánto crece el mercado de belleza en el canal ecommerce en Perú? [Internet]. [citado 2 marzo 2019]. Disponible en: https://www.peru-retail.com/cuanto-crece-mercado-belleza-canal-ecommerce-peru/?fbclid=IwAR0IF26pkyCK3kjLJwmuVF1OE78D9gaaGkDBwU1sklcFJgNwK7ehTO_G9AA

IX. ANEXOS

ANEXO 1

Leyenda de las muestras

| Nº | Marcas más vendidas | Color | Uso | Código |
|----|---------------------|-------------------------|------------------|--------|
| 1 | M1: Beaty glazed | A1: Marrones | Sombra para ojos | M1A1 |
| 2 | M1: Beaty glazed | A2: Dorados | Sombra para ojos | M1A2 |
| 3 | M1: Beaty glazed | A3: Claros y/o pasteles | Sombra para ojos | M1A3 |
| 4 | M1: Beaty glazed | A4: Rojizos | Sombra para ojos | M1A4 |
| 5 | M1: Beaty glazed | A5: Negros u oscuros | Sombra para ojos | M1A5 |
| 6 | M2: Novo | A1: Marrones | Sombra para ojos | M2A1 |
| 7 | M2: Novo | A2: Dorados | Sombra para ojos | M2A2 |
| 8 | M2: Novo | A3: Claros y/o pasteles | Sombra para ojos | M2A3 |
| 9 | M2: Novo | A4: Rojizos | Sombra para ojos | M2A4 |
| 10 | M2: Novo | A5: Negros u oscuros | Sombra para ojos | M2A5 |
| 11 | M3: Neqier | A1: Marrones | Sombra para ojos | M3A1 |
| 12 | M3: Neqier | A2: Dorados | Sombra para ojos | M3A2 |
| 13 | M3: Neqier | A3: Claros y/o pasteles | Sombra para ojos | M3A3 |
| 14 | M3: Neqier | A4: Rojizos | Sombra para ojos | M3A4 |
| 15 | M3: Neqier | A5: Negros u oscuros | Sombra para ojos | M3A5 |
| 16 | M4: Imagic | A1: Marrones | Sombra para ojos | M4A1 |
| 17 | M4: Imagic | A2: Dorados | Sombra para ojos | M4A2 |
| 18 | M4: Imagic | A3: Claros y/o pasteles | Sombra para ojos | M4A3 |
| 19 | M4: Imagic | A4: Rojizos | Sombra para ojos | M4A4 |
| 20 | M4: Imagic | A5: Negros u oscuros | Sombra para ojos | M4A5 |

ANEXO 2

Análisis cuantitativo de arsénico

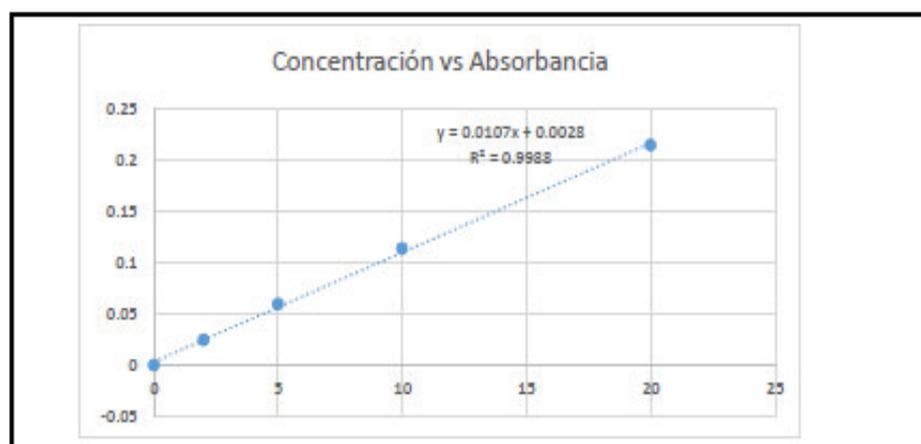
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX

INFORME INTERNO DE LABORATORIO ANÁLISIS CUANTITATIVO

AAS - As

| CÓDIGO | FECHA | HORA INICIO | HORA FINAL | MUESTRA | ANÁLISIS |
|---------------------------|----------------|-------------------------|------------|------------------------|----------------------|
| 87855 - 87894 | 10/11/2018 | 08:40 a.m. | 10:30 p.m. | Sombras para ojos | Arsénico |
| VOLUMEN DE MUESTRA | Flujo continuo | LONGITUD DE ONDA | 193.7 nm | PRE TRATAMIENTO | Digestión vía húmeda |

| NOMBRE | CONCENTRACIÓN $\mu\text{g/L}$ (ppb) | ABSORBANCIA |
|------------|-------------------------------------|-------------|
| Blanco | 0 | -0.001 |
| Estándar 1 | 2 | 0.024 |
| Estándar 2 | 5 | 0.059 |
| Estándar 3 | 10 | 0.113 |
| Estándar 4 | 20 | 0.214 |



| | |
|-----------------------|-----------------------|
| ANALIZADO POR: | REVISADO POR: |
| Q.F. Americo Figueroa | Dr. Alfonso Apesteuña |

ANEXO 3

Análisis cuantitativo de mercurio

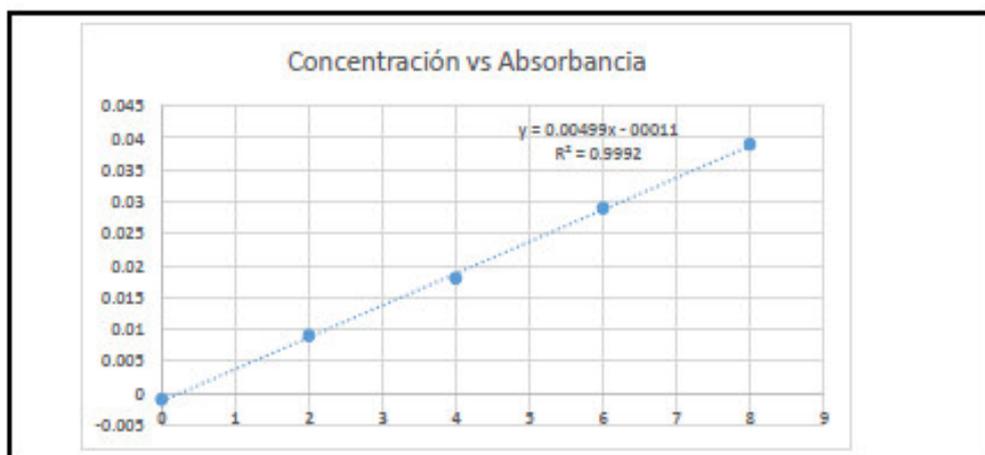
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX

INFORME INTERNO DE LABORATORIO ANÁLISIS CUANTITATIVO

AAS - Hg

| CÓDIGO | FECHA | HORA INICIO | HORA FINAL | MUESTRA | ANÁLISIS |
|--------------------|----------------|------------------|------------|-------------------|----------------------|
| 87855 - 87894 | 10/11/2018 | 08:40 a.m. | 10:30 p.m. | Sombras para ojos | Mercurio |
| VOLUMEN DE MUESTRA | Flujo continuo | LONGITUD DE ONDA | 253.7 nm | PRE TRATAMIENTO | Digestión vía húmeda |

| NOMBRE | CONCENTRACIÓN $\mu\text{g/L}$ (ppb) | ABSORBANCIA |
|------------|-------------------------------------|-------------|
| Blanco | 0 | -0.001 |
| Estándar 1 | 2 | 0.009 |
| Estándar 2 | 4 | 0.018 |
| Estándar 3 | 6 | 0.029 |
| Estándar 4 | 8 | 0.039 |



| | |
|-----------------------|------------------------|
| ANALIZADO POR: | REVISADO POR: |
| Q.F. Americo Figueroa | Dr. Alfonso Apesteguía |

ANEXO 4

Protocolo 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° 87875 - 87894

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Edla Lucía Yaguan Escobar, Marlon José Rojas Arroyo
TESIS: Determinación de arsénico y mercurio en análisis de agua de diferentes marcas que se importan desde China
FECHA DE RECEPCIÓN: 25 de Octubre de 2018 HORA: 08:50 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 05 de Noviembre del 2018 HORA: 01:43 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 01 de Diciembre de 2018 HORA: 11:25 p.m.

MÉTODOS:
 Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por: Gasolina de Muestras
 Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por: Vapor Frío

| N° ANÁLISIS | MUESTRA | ANÁLISIS CUANTITATIVO | RESULTADO |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|-----------|
| 87875 | Bombas de agua (Codigo: M3A1) | Cuantificación de Arsénico | 0.70 ppm |
| 87876 | | Cuantificación de Mercurio | 0.11 ppm |
| 87877 | Bombas de agua (Codigo: M3A2) | Cuantificación de Arsénico | 0.07 ppm |
| 87878 | | Cuantificación de Mercurio | 0.08 ppm |
| 87879 | Bombas de agua (Codigo: M3A3) | Cuantificación de Arsénico | 0.25 ppm |
| 87880 | | Cuantificación de Mercurio | 0.06 ppm |
| 87881 | Bombas de agua (Codigo: M3A4) | Cuantificación de Arsénico | 0.20 ppm |
| 87882 | | Cuantificación de Mercurio | 0.02 ppm |
| 87883 | Bombas de agua (Codigo: M3A5) | Cuantificación de Arsénico | 0.11 ppm |
| 87884 | | Cuantificación de Mercurio | 0.03 ppm |
| 87885 | Bombas de agua (Codigo: M4A1) | Cuantificación de Arsénico | 0.13 ppm |
| 87886 | | Cuantificación de Mercurio | 0.06 ppm |
| 87887 | Bombas de agua (Codigo: M4A2) | Cuantificación de Arsénico | 0.01 ppm |
| 87888 | | Cuantificación de Mercurio | 0.10 ppm |
| 87889 | Bombas de agua (Codigo: M4A3) | Cuantificación de Arsénico | 0.44 ppm |
| 87890 | | Cuantificación de Mercurio | 0.09 ppm |
| 87891 | Bombas de agua (Codigo: M4A4) | Cuantificación de Arsénico | 1.10 ppm |
| 87892 | | Cuantificación de Mercurio | 0.10 ppm |
| 87893 | Bombas de agua (Codigo: M4A5) | Cuantificación de Arsénico | 0.17 ppm |
| 87894 | | Cuantificación de Mercurio | 0.03 ppm |

Lima, 01 de diciembre de 2018


 Dirección de CICOTOX
Dr. José A. Apóstegui Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.E.P. N° 06538
 RNE: 240
 D.N.I. N° 09359857




AMÉRICA A. FIGUEIRA VARGAS
 20FP-13578