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

Determinación del contenido de Cadmio y Mercurio en lápices labiales y su riesgo a la salud en los consumidores del Cercado de Lima

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica

AUTORES

Nathaly Cinthia CHUCO VÁSQUEZ

Evelyn Lissette SANTOS TAIPE

ASESORES

Dr. José Antonio LLAHUILLA QUEA

Dr. José Alfonso APESTEGUIA INFANTES (Coasesor)

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

Referencia bibliográfica

Chuco N, Santos E. Determinación del contenido de Cadmio y Mercurio en lápices labiales y su riesgo a la salud en los consumidores del Cercado de Lima [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2024.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Evelyn Lissette Santos Taipe
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47655229
URL de ORCID	No aplica
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Nathaly Cinthia Chuco Vásquez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73543096
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	José Antonio Llahuilla Quea
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09780810
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3926-8069
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	José Alfonso Apesteguia Infantes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09359857
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6546-2298
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Alberto Inostroza Ruiz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	18089817

Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Amadeo Collado Pacheco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07535726
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Sixto Antonio Gonzáles Elera
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08063663
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Latitud: -12.052556918546731 Longitud: -77.02697660562902 Edificio: Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX), Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Latitud: -12.055574177246886 Longitud: -77.02350172780037
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Febrero 2023 - mayo 2023
URL de disciplinas OCDE	Toxicología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07

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 del contenido de Cadmio y Mercurio en lápices labiales y su riesgo a la salud en los consumidores del Cercado de Lima

Que presentan las Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

NATHALY CINTHIA CHUCO VÁSQUEZ Y
EVELYN LISSETTE SANTOS TAIPE

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, ha obtenido la siguiente calificación final:

DIECISEIS (16) APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

de conformidad con el Art. 14.° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Lima, 05 de julio de 2024.

Dr. Luis Alberto Inostroza Ruiz
Presidente

Mg. Amadeo Collado Pacheco
Miembro

Mg. Sixto Antonio González Elera
Miembro

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo José Antonio Llahuilla Quea identificado con DNI N° 09780810 en mi condición de asesor acreditado con la resolución Decanal N°000359 -2024-D-FFB/UNMSM que la Tesis cuyo título es Determinación del contenido de Cadmio y Mercurio en lápices labiales y su riesgo a la salud en los consumidores del Cercado de Lima. presentado por la Bachiller Chuco Vásquez, Nathaly Cinthia y la Bachiller Santos Taipe, Evelyn Lissette, para optar al título profesional de Químico Farmacéutico.

CERTIFICO: que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 17% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Jardín Botánico 19 De junio 2023



.....

Firma del asesor

DNI: 09780810

José Antonio Llahuilla Quea

Nombres y apellidos del asesor:

DEDICATORIA

A Maria y Ulpiano, mis amados padres por su inmenso amor, esfuerzo y sacrificio. Ustedes han sido la fuente de mi inspiración y fortaleza. Este logro no solo es mío, sino también suyo.

A Katya y Luis, mis queridos hermanos por su apoyo incondicional en todo este camino.

A Kyle, mi sobrino hermoso, cuya inocencia y afecto han iluminado mis días y me han recordado la importancia de seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes.

A la Dra. Maria Esther Noriega, cuya guía y amistad han sido fundamentales para alcanzar con éxito esta etapa crucial en mi vida.

Evelyn Lissette

DEDICATORIA

A mi papá, mi mamá y mis hermanos por su amor incondicional, apoyo constante y sostén a lo largo de todos estos años de mi vida.

A mis sobrinos, quienes me inspiran y me enseñan día a día a ser un mejor ser humano.

A mí por haberme brindado la oportunidad de redescubrirme, crecer y amarme tal y como soy.

A Pamela, José Cohelo, José Sánchez, Diana, Anita y Zackarias por confiar, creer en mí y brindarme apoyo durante todo mi proceso.

Nathaly Cinthia

AGRADECIMIENTOS

A nuestros asesores el Dr. José Llahuilla Quea y al Dr. José Apesteguia Infantes, por su guía, consejos y apoyo constante durante todo el desarrollo de nuestra investigación.

Al Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el análisis cuantitativo por espectrofotometría de absorción atómica realizado en sus instalaciones.

A nuestro maestro el Dr. Nelson Bautista, por estar presto y dispuesto a apoyarnos en el análisis estadístico y redacción de nuestra tesis.

Finalmente, agradecemos al jurado examinador y calificador, por los valiosos aportes, sabios consejos y palabras determinantes para la culminación de nuestra tesis.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Planteamiento del problema 1

I.2. Objetivos 2

I.2.1. Objetivo general 2

I.2.2. Objetivos específicos 2

I.3. Importancia y alcance de la investigación 3

I.4. Limitaciones de la investigación 3

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

II.1. Marco teórico 4

II.2. Antecedentes 22

II.3. Bases teóricas 28

II.4. Glosario de términos 36

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis 37

III.2. Variables 37

III.3. Operacionalización de variables 38

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio 40

IV.2. Diseño de investigación 40

IV.3. Período de estudio 40

IV.4. Población y muestra 40

IV.5. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 40

IV.6. Análisis estadístico 52

V. RESULTADOS

V.1. Presentación y análisis de los resultados de cadmio 52

V.2. Presentación y análisis de los resultados de mercurio 56

V.3. Evaluación del índice de riesgo para la salud humana, respecto a las concentraciones de cadmio y mercurio en lápices labiales 60

VI. DISCUSIÓN 64

VII. CONCLUSIONES 66

VIII. RECOMENDACIONES 67

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

X. ANEXOS 75
X.1. Matriz de consistencia 75
X.2. Lista de muestras de lápices labiales analizados, con indicación de sus códigos correspondientes 77
X.3. Protocolo de análisis toxicológico N° 96620 - 96649 sobre cuantificación de cadmio 78
X.4. Protocolo de análisis toxicológico N° 96650 - 96679 sobre cuantificación de mercurio 80
X.5. Dosis de ingesta diaria promedio de cadmio y mercurio en lápices labiales 82
X.6. Imágenes fotográficas del proceso de investigación 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales propiedades del cadmio. 5
Tabla 2. Reglamentos y recomendaciones para el cadmio. 6
Tabla 3. Límites de cadmio en cosméticos. 7
Tabla 4. Principales propiedades del mercurio. 11
Tabla 5. Características diferenciales de la exposición al mercurio. 12
Tabla 6. Reglamentos y recomendaciones para el mercurio. 13
Tabla 7. Límites de exposición de mercurio en cosméticos. 13
Tabla 8. Ventajas y desventajas de la técnica de generación de vapor. 22
Tabla 9. Formulación típica de un lápiz labial sugerida por Henkel. 31
Tabla 10. Valores de exposición utilizados en la determinación de ADD_{ing}. 34
Tabla 11. Operacionalización de variables 38
Tabla 12. Rampa de calentamiento del horno grafito. 44
Tabla 13. Concentración vs. Absorbancia de estándares de cadmio. 44
Tabla 14. Concentración vs. Absorbancia de estándares de mercurio. 49
Tabla 15. Resultados de las concentraciones de cadmio y su comparación con los límites permisibles según lo establecido por FDA y BVL. 53
Tabla 16. Contenido de cadmio en las muestras de lápices labiales 56
Tabla 17. Resultados de las concentraciones de mercurio y su comparación con los límites permisibles según lo establecido por FDA y BVL. 57
Tabla 18. Contenido de mercurio en las muestras de lápices labiales 60
Tabla 19. Cociente de peligro para Cd y Hg e índice de riesgo total 60
Tabla 20. Cociente de peligro para cadmio (HQ Cd) 62
Tabla 21. Cociente de peligro para mercurio (HQ Hg) 62
Tabla 22. Índice de riesgo para la salud (HI) 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista anterior de los labios. 5
Figura 2. Toxicocinética del cadmio. Modelo multicompartimental de Marcus (1982). 8
Figura 3. Equipo espectrofotómetro de absorción atómica, modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con horno de grafito. 19
Figura 4. Etapas del proceso de generación del vapor de Hg^0. 20
Figura 5. Esquema de un sistema automatizado de análisis por inyección en flujo. 21
Figura 6. Etapas de fabricación de lápiz labial. 33
Figura 7. Acondicionamiento de las muestras de lápices labiales. 41
Figura 8. Equipo espectrofotómetro de absorción atómica, modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con bomba peristáltica (VP100). 43
Figura 9. Curva de calibración de estándares de cadmio. 45
Figura 10. Pesado de muestras de lápices labiales. 45
Figura 11. Digestión de muestras de lápices labiales. 46
Figura 12. Muestras de lápices labiales digestadas a temperatura ambiente. . 46
Figura 13. Filtración de muestras de lápices labiales digestadas. 47
Figura 14. Automuestreador del espectrofotómetro de absorción atómica. 47
Figura 15. Curva de calibración de estándares de mercurio. 49
Figura 16. Pesado de muestras de lápices labiales. 50
Figura 17. Muestras de lápices labiales en digestión. 50
Figura 18. Centrifugado de muestras de lápices labiales digestadas. 51
Figura 19. Muestras de lápices labiales centrifugadas. 51
Figura 20. Filtración del sobrenadante. 52
Figura 21. Límites permisibles de cadmio según lo establecido por BVL y FDA. 54
Figura 22. Porcentaje de los valores de cadmio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la FDA. 55
Figura 23. Porcentaje de los valores de cadmio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la BVL. 55
Figura 24. Límites permisibles de mercurio según lo establecido por BVL y FDA. 58

Figura 25. Porcentaje de los valores de mercurio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la FDA. 59
Figura 26. Porcentaje de los valores de mercurio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la BVL. 59

ABREVIATURAS

ADD_{ing}: Dosis de ingesta diaria promedio

ATSDR: Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades

BVL: Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania

Cd: Cadmio

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

DIGEMID: Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas

EPA: Agencia de Protección Ambiental

EAA: Espectrofotometría de absorción atómica

FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos

FIAS: Sistema de análisis por inyección en flujo

GFAAS: Espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito

Hg: Mercurio

HI: Índice de riesgo

HQ: Cociente de peligro

IARC: El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer

ICEX: España Exportación e Inversiones

IRIS: Sistema Integrado de Información de Riesgos

NIOSH: El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos

NSO: Notificación Sanitaria Obligatoria

OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos

RfD: Dosis de referencia

RPM: Revoluciones por minuto

SNC: Sistema nervioso central

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de cadmio y mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima y evaluar su riesgo a la salud del consumidor. Se seleccionaron 10 marcas de lápices labiales (3 unidades por cada marca) en base a su popularidad y disponibilidad durante el periodo de estudio. Las 30 muestras fueron analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica por horno grafito y espectrofotometría de absorción atómica por la técnica vapor frío para la cuantificación de cadmio y mercurio, respectivamente. Los resultados revelaron que solo el 80 % de las concentraciones de cadmio estuvieron dentro del límite permisible por la Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania (BVL) y el 100 % de las concentraciones de mercurio se encontraron dentro del límite permisibles por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). Las concentraciones medias fueron de 0,699 ± 2,577 mg/kg para el cadmio y 0,254 ± 0,150 mg/kg para mercurio. Siendo 6,660 ppm (MLL6) y 0,499 ppm (MLL5) las concentraciones máximas de cadmio y mercurio, respectivamente. Para evaluar el riesgo a la salud se utilizó el modelo recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA). Los valores HQ y HI en las 10 marcas fueron inferiores que su límite permisible de 1, lo que indica que es poco probable que se experimenten efectos adversos no cancerígenos en la salud humana. Se concluyó que las muestras de lápices labiales analizadas no representan un riesgo a la salud del consumidor con respecto a efectos adversos no cancerígenos del cadmio y mercurio.

Palabras clave: cadmio; mercurio; lápiz labial; evaluación de riesgos.

ABSTRACT

This research aimed to determine the cadmium and mercury content in lipsticks sold in shopping centers in Cercado de Lima and evaluate their risk to consumer health. 10 lipstick brands (3 units for each brand) were selected based on their popularity and availability during the study period. The 30 samples were analyzed by atomic absorption spectrophotometry using a graphite furnace and atomic absorption spectrophotometry using the cold vapor technique for the quantification of cadmium and mercury, respectively. The results revealed that only 80% of cadmium concentrations were within the limit permissible by the German Federal Office for Consumer Protection and Food Safety (BVL) and 100% of mercury concentrations were within the limit permissible by the Food and Drug Administration (FDA). The mean concentrations were 0.699 ± 2.577 mg/kg for cadmium and 0.254 ± 0.150 mg/kg for mercury. Being 6,660 ppm (MLL6) and 0.499 ppm (MLL5) the maximum concentrations of cadmium and mercury, respectively. To evaluate the health risk, the model recommended by the United States Environmental Protection Agency (USEPA) was used. The HQ and HI values in all 10 brands were lower than their permissible limit of 1, indicating that non-carcinogenic adverse effects on human health are unlikely to be experienced. It was concluded that the lipstick samples analyzed do not represent a risk to the consumer's health with respect to non-carcinogenic adverse effects of cadmium and mercury.

Keywords: cadmium; mercury; lipstick; risk assessment.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Planteamiento del problema

Garcia[1], en su estudio sobre el mercado de la cosmética e higiene personal en Perú, señala que el 76 % de la demanda de estos productos está cubierto por importaciones, y describe al perfil del consumidor como mujeres de entre 20 a 60 años. Dentro de estos cosméticos los que más destacan son los lápices labiales.

El lápiz labial es uno de los cosméticos más frecuentemente usados y su variedad de presentaciones lo hace más atractivo al consumidor, a ello sumado la gran informalidad del mercado cosmético y la ignorancia al adquirir cosméticos que no garantizan la calidad del mismo. En la actualidad el factor calidad ya no es lo que influye en el consumidor al momento de realizar una compra; tras la pandemia esto se ha visto reemplazado por otro factor. Según Garcia[1], la consumidora peruana presta mayor atención a las promociones.

Los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima tienen una mayor probabilidad de contener metales pesados, debido a que es considerado el mayor centro de distribución de productos importados (en su mayoría procedentes de China). Entre ellos están el cadmio y el mercurio, considerados riesgosos para la salud humana. Estos metales son altamente tóxicos para el ser humano y su uso es estrictamente limitado o nulo en la fabricación de productos cosméticos.

La Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania (BVL) recomienda que la presencia de cadmio y mercurio debe ser menor a 0,1 µg/g para productos cosméticos en general. Y la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) establece que, para pigmentos cosméticos, la presencia del mercurio debe ser menor o igual a 1 µg/g y el límite permisible para cadmio es de 0,005 ppm. La presencia de estos metales pesados puede originarse de varias fuentes, puede agregarse como excipiente a la formulación o puede estar como contaminante en los componentes del lápiz labial[2, 3].

El grado de toxicidad de los metales pesados para los seres humanos depende de la edad, vía y duración de la exposición. Una exposición al cadmio y mercurio por un periodo de tiempo a largo plazo podría causar

toxicidad renal, es por ello que estos metales son considerados altamente tóxicos y carcinógenos humanos. Por esta razón la presente investigación se centra en determinar los contenidos de cadmio y mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima y, compararlos con los límites permisibles establecidos por la FDA y BVL; además de evaluar el índice de riesgo para la salud del consumidor.

Por consiguiente, se formula el siguiente problema:

¿Las concentraciones de cadmio y mercurio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima constituyen un riesgo para la salud de los consumidores?

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo general

Determinar el contenido de cadmio y mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima y evaluar su riesgo a la salud en los consumidores.

I.2.2. Objetivos específicos

1. Cuantificar las concentraciones de cadmio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima mediante el análisis por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.
2. Cuantificar las concentraciones de mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima mediante el análisis por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros.
3. Comparar las concentraciones de cadmio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima con los límites permisibles según lo establecido por la FDA y BVL.
4. Comparar las concentraciones de mercurio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima con los límites permisibles según lo establecido por la FDA y BVL.

5. Calcular el índice de riesgo no cancerígeno para la salud del consumidor, según el modelo de evaluación de riesgos recomendado por la USEPA. En relación con las concentraciones de cadmio y mercurio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del distrito de Cercado de Lima en febrero del 2023.

I.3. Importancia y alcance de la investigación

De los 8 574 974 habitantes que residen en la Lima metropolitana, un 51,4 % son mujeres[4]. Es interesante destacar que una gran parte de este público femenino, aproximadamente más de la mitad de la población, consume lápices labiales[1].

En el distrito del Cercado de Lima se encuentra el principal emporio de productos cosméticos que abastece a las bodegas y mercados de Lima Metropolitana, siendo estas el retail tradicional de los productos cosméticos, es por esta razón que se escogió como área de estudio.

La normativa vigente para la comercialización de productos cosméticos se encuentra regulada por *Decisión 516 - Armonización de Legislaciones en materia de Productos Cosméticos de la Comunidad Andina*, señala como uno de los requisitos para el otorgamiento de la Notificación Sanitaria Obligatoria (NSO): "(…) *la descripción del producto con indicación de su fórmula cualitativa. Adicionalmente se requerirá la declaración cuantitativa para aquellas sustancias de uso restringido y los activos que se encuentren en normas con parámetros establecidos para que ejerzan su acción cosmética, así no tengan restricciones"* [5]; mas no especifica el análisis de metales pesados ni el límite permitido de concentración de estos, siendo este importante para garantizar la seguridad del producto cosmético y ser eximido como causal de un posible riesgo a la salud del consumidor; por lo tanto esta investigación es pertinente para la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID).

Esta investigación fue abordada desde un tema fisicoquímico porque se determinó la concentración de metales pesados en los lápices labiales a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica; y se

comparó dichos resultados con los límites permisibles según lo establecido por la FDA y BVL. De igual manera fue abordada desde una perspectiva matemática, aplicando fórmulas según la metodología propuesta por la USEPA para la evaluación del riesgo a la salud.

I.4. Limitaciones de la investigación

Ninguna.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

II.1. Marco teórico

II.1.1. Labios

II.1.1.1. Anatomía y fisiología

Los labios están cubiertos externamente por la piel e internamente por una mucosa que se prolonga en la cavidad bucal para revestir la boca. Su anatomía se describe en la Figura 1, entre ellas están la comisura labial, orificio y ángulo de la boca, labios inferiores y superiores. En el centro del labio superior y debajo de la nariz hay surco vertical llamado filtrum, que finaliza en la unión entre la piel y la mucosa en una ligera prominencia llamada tubérculo labial[6].

Azcona[7] señala que los labios se distinguen por tener una estructura que se sitúa entre la piel y la mucosa, y que su epitelio está compuesto por células muertas con una alta concentración de eleidina, una sustancia transparente. Esto explica el por qué toma una coloración más o menos rojiza según cada individuo. El epitelio labial presenta ausencia de folículos pilosos y de glándulas sudoríparas. Y no está queratinizado, por lo que no puede aumentar de grosor, ni disponer de contenido graso.

Los labios tienden a deshidratarse fácilmente y agrietarse en condiciones medioambientales agresivas. Por ejemplo, se queman fácilmente frente a la radiación solar debido a la poca cantidad de melanina que presentan.

La demanda de cosméticos específicos para los labios se debe a estas características particulares.

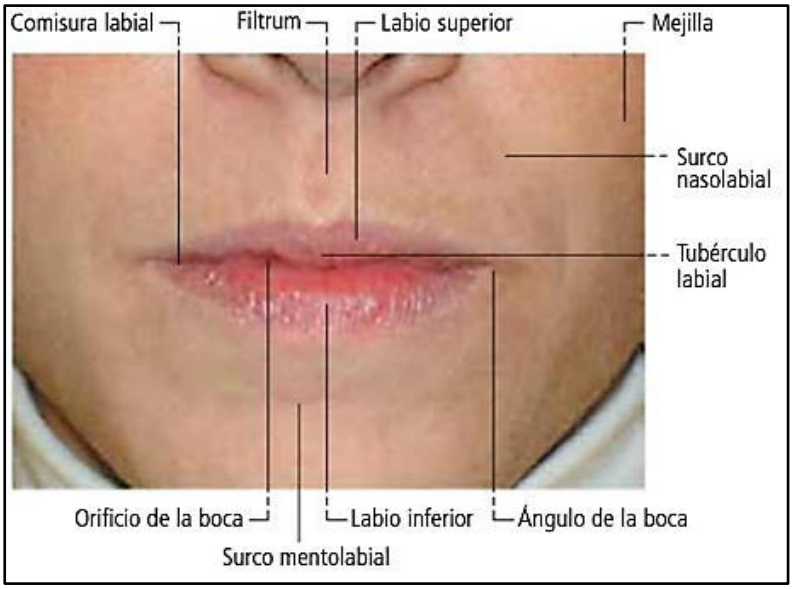

Figura 1. Vista anterior de los labios.

Fuente: Latarjet; 2019[6].

II.1.2. Cadmio

II.1.2.1. Propiedades fisicoquímicas

Fue descubierto por Friedrich Stromeyer en Göttingen, Alemania (1817) cuando examinó un carbonato de zinc impuro. El cadmio puro es un metal suave y de color blanco plateado, se encuentra en forma natural en la corteza terrestre, asociado con minerales de zinc, plomo y cobre[8].

Tabla 1. Principales propiedades del cadmio.

Símbolo	Cd
Numero atómico	48
Peso atómico	112,4
Estado de oxidación	+2
Densidad	8,69 g/cm^3
Punto de fusión	321,07 °C
Punto de ebullición	767 °C

Fuente: PubChem; 2023[9].

II.1.2.2. Fuentes de exposición

Las principales fuentes de exposición para el ser humano son la comida y los cigarrillos.

La extracción y refinación de metales no ferrosos, las fábricas de electrónica, de manufactura de pigmentos, de baterías, de plaguicidas, entre otras; la combustión de combustibles fósiles, y la disposición e incineración de basura, son otras fuentes de exposición debido a que liberan cadmio al suelo, agua y aire. Y el cadmio en estos medios puede acumularse en los organismos acuáticos y en cosechas agrícolas[10,11].

Según Ramírez[12] la inhalación es la ruta principal de ingreso en las exposiciones laborales y su absorción depende de varios factores como el tipo de compuesto inhalado, el tamaño de partículas, tiempo de exposición y retención en el pulmón. Las concentraciones de cadmio en el ambiente se ven aumentadas debido a los fumadores de hoja de tabaco, puesto que estas acumulan grandes concentraciones de cadmio[10].

II.1.2.3. Límites de exposición

La ATSDR clasifica los riesgos de los desechos tóxicos de acuerdo a su prevalencia y gravedad de intoxicación. Considera al plomo, mercurio, arsénico y cadmio como los más peligrosos. El cadmio está en el sexto lugar de la lista presentada por esta agencia, por lo tanto, es de gran interés toxicológico[10].

Diversos organismos han establecido límites de exposición permisibles, algunos de ellos se presentan a continuación.

Tabla 2. Reglamentos y recomendaciones para el cadmio.

Fuente de exposición	**Regulación internacional**
Agua potable	0,04 mg/L de cadmio en el agua potable por hasta 10 días no causará efectos adversos en un niño.
Productos de consumo	Según la FDA, no deben exceder de 0,005 mg/L de cadmio en agua en botella.
El aire del trabajo	La OSHA menciona que el límite de exposición legal es de 5 µg/m^3 de cadmio como promedio durante una jornada diaria de 8 horas.

Fuente: ATSDR; 2012[10].

Tabla 3. Límites de cadmio en cosméticos.

Regulación internacional	Límite de exposición en cosméticos	
FDA	0,005 mg/L (0,005 ppm)	*"La exposición de por vida a concentraciones de cadmio de hasta 0,005 mg/L no causará efectos adversos"* [10].
BVL	0,1 mg/kg (0,1 ppm)	La Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria lo estableció como valor límite para metales pesados técnicamente evitables en productos cosméticos[13].

Fuente: ATSDR; 2012[10]. OPSS UK; 2023[13].

II.1.2.4. Toxicocinética del cadmio

1. **Absorción:** por vía inhalatoria, aproximadamente el 25 - 50 % de lo inhalado se absorbe. Por vía oral es relativamente baja, alrededor del 5 %; llegando a incrementarse hasta un 20 % en poblaciones con deficiencia de hierro, calcio, proteínas, ácido fítico y zinc. Y por vía dérmica, su absorción es casi nula[14].
2. **Distribución:** el cadmio es transportado por la sangre unido a la hemoglobina, o unido a proteínas plasmáticas. Luego se redistribuye al hígado y al riñón[15].
3. **Acumulación:** es almacenado en las células tubulares renales y también se deposita en el hígado. Su vida media larga varía entre 15 a 40 años[14].
4. **Metabolismo:** el cadmio se metaboliza en el hígado, ahí se une a proteínas de bajo peso molecular llamadas metalotioneínas (MT). Esta proteína contiene una gran cantidad de aminoácido cisteína[16].
5. **Excreción:** se elimina por vía renal, intestinal y por las faneras[16].

II.1.2.5. Toxicodinámia del cadmio

El cadmio se une a grupos sulfhidrilo, desnaturalizando proteínas y/o inactivando enzimas. Forma complejos Cd-MT debido a que la metalotioneína es una proteína intracelular que contiene cisteínas, las metalotioneínas se encuentran en el hígado y riñón. Por esta razón es considerado inductor enzimático en la síntesis de metalotioneína. También interfiere con los mecanismos de transporte de calcio, lo que provoca hipercalcemia intracelular y apoptosis de las células[18, 19].

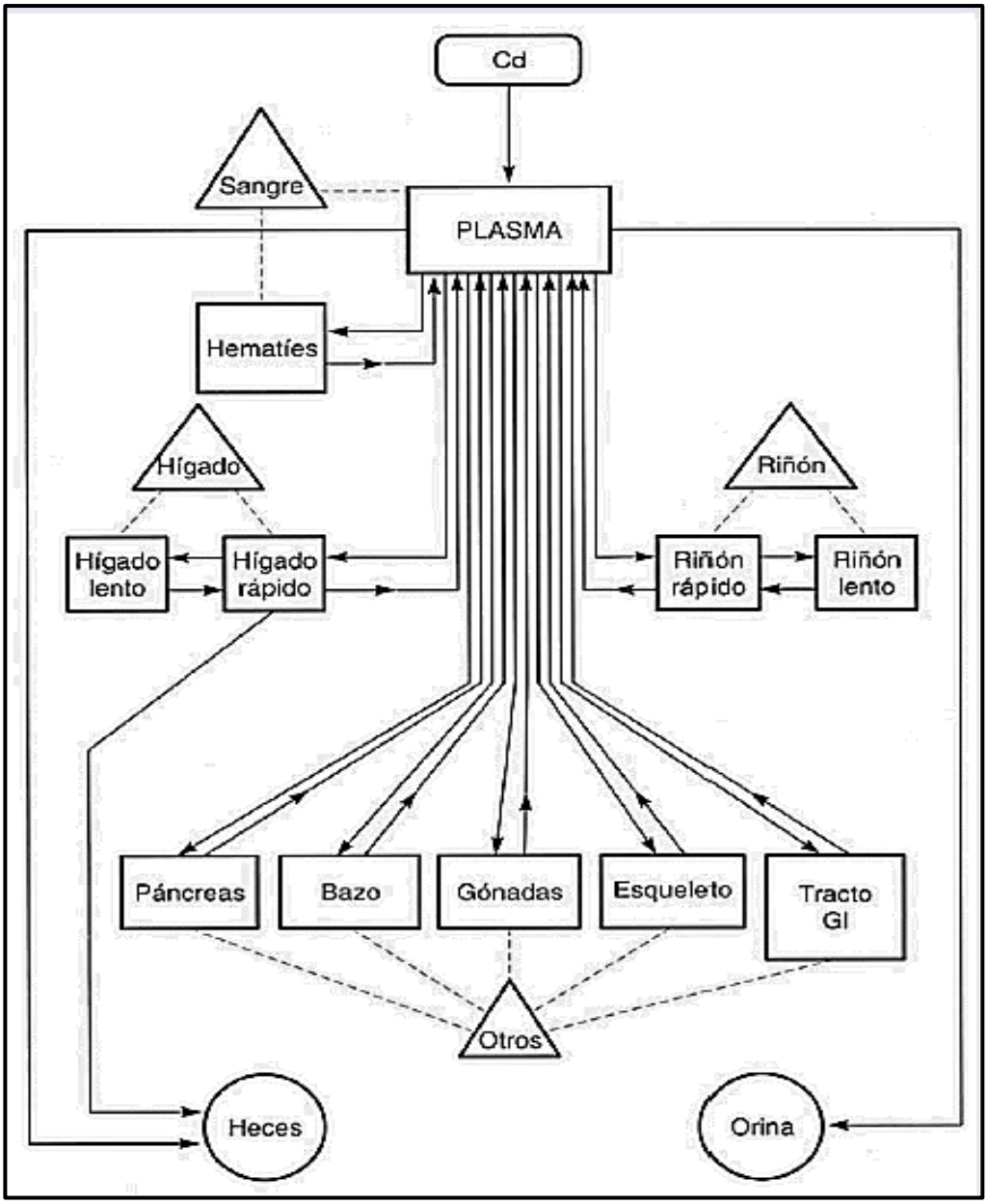

Figura 2. Toxicocinética del cadmio. Modelo multicompartimental de Marcus (1982).

Fuente: Repetto; 2009[17].

II.1.2.6. Aspectos toxicológicos

1. Intoxicación aguda

La inhalación puede causar irritación de las mucosas, disnea, cianosis, fiebre, taquicardia, náuseas, edema agudo de pulmón hasta neumonitis química.

La ingestión de sales de cadmio provoca gastroenteritis hemorrágica seguida de hipotensión e insuficiencia orgánica multisistémica.

El contacto dérmico causa irritación en la zona afectada y el contacto ocular puede provocar enrojecimiento, irritación de las mucosas y dolor localizado debido a su volatilidad y poder corrosivo.[19]

2. Intoxicación crónica

Las anomalías renales pueden manifestarse como una tubulopatía proximal con una proteinuria anómala. La proteinuria se relaciona con la disfunción tubular proximal, caracterizada por la pérdida urinaria de proteínas de bajo peso molecular como la β2-microglobulina y la proteína fijadora de retinol; luego pasa a una pérdida de proteínas de alto peso molecular como la albúmina. El daño en la reabsorción tubular genera hipercalciuria y formación de cálculos.

Las complicaciones pulmonares pueden incluir síndromes obstructivos y restrictivos, así como el desarrollo progresivo de enfisema pulmonar y eventual fibrosis pulmonar. La neumonitis química aguda puede surgir tras la inhalación de vapores de cadmio.

Dentro de las condiciones óseas, se nombra a la osteomalacia, enfermedad conocida en Japón como “Itai itai”.

Como complicaciones neurológicas, se menciona a la pérdida del sentido del olfato, deterioro de la función cortical superior y síndrome de Parkinson.

Por último, se sugiere que la carcinogénesis del cadmio implica su consideración como un agente cancerígeno para los seres humanos, asociado con el desarrollo de cáncer de pulmón, riñón y testículos, según la clasificación de la IARC[19].

3. Tratamiento

En caso de contacto ocular, se recomienda enjuagar abundantemente con agua, sobre todo debajo de los párpados. Ante el contacto dérmico, se debe retirar toda la ropa contaminada y realizar un lavado en la zona afectada con abundante agua y jabón. En situaciones de inhalación de vapores, se retira a la persona de la zona contaminada hacia un ambiente ventilado, manteniéndolo en reposo y abrigado, brindando medidas de soporte ventilatorio. Trasladarlo a un centro médico para mantenerlo en observación hasta que los síntomas respiratorios hayan desaparecido. En el caso de ingestión es prioritario prevenir la deshidratación severa y corregir el cuadro gastroentérico administrando fluidos intravenosos[14].

La Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio recomienda el siguiente esquema en casos de intoxicación aguda: *"como terapia inicial se administra ácido etiléndiaminotetraacético cálcico disódico (EDTA-$CaNa_2$) en vía intramuscular o intravenosa a la dosis de 75 mg/kg de peso por día en tres a seis dosis divididas por cinco días (dosis total por cinco días que no excedan de 500 mg/kg de peso). Seguida de una terapia alternativa con ácido dimercaptosuccínico (DMSA) vía oral a dosis de 10 mg/kg de peso cada ocho horas por cinco días, y luego continuar la misma dosis cada doce horas por los siguientes catorce días. Prescribir antioxidantes como acido ascórbico o calcio asociado a vitamina D"[14].*

En casos de intoxicación grave el tratamiento es solo sintomatológico. **El uso de dimercaprol (BAL) no está recomendado debido a que su complejo BAL-cadmio es tóxico.**

II.1.3. Mercurio

II.1.3.1. Propiedades fisicoquímicas

El mercurio era conocido desde la antigüedad, dado que el cinabrio (sulfuro de mercurio) se utilizaba como pigmento rojo en las civilizaciones antiguas[8]. El mercurio a temperatura ambiente se presenta como un líquido plateado. En la Tabla 4 se muestra algunas de sus propiedades fisicoquímicas.

Tabla 4. Principales propiedades del mercurio.

Símbolo	Hg
Numero atómico	80
Peso atómico	200,59 g/mol
Densidad	13,5 g/cm^3
Punto de fusión	-39 °C
Punto de ebullición	357 °C
Solubilidad en agua a 25 °C	0,28 µmol/L

Fuente: PubChem; 2004[20].

II.1.3.2. Fuentes de exposición

El mercurio se puede presentar en tres formas: elemental, inorgánico y orgánico.

1. **Mercurio elemental (HgO):** es liquido a temperatura ambiente. Desde los 13 ºC el mercurio elemental emite vapores, pasando de su estado líquido a vapor de mercurio, lo que facilita la intoxicación ocupacional. Está presente en amalgamas dentales, termómetros, lámparas fluorescentes y algunas pinturas[18, 21].
2. **Mercurio orgánico (metilmercurio y etilmercurio):** el metilmercurio (MeHg) es un compuesto potencialmente tóxico debido a que es hidrofóbico y liposoluble, lo cual le

permite acumularse en los tejidos orgánicos. Tiende a acumularse en alimentos como pescados, mariscos y semillas de granos.

3. **Mercurio inorgánico (sales de mercurio):** son compuestos derivados del ion mercurio (Hg^{+}) y del catión mercúrico (Hg^{2+}) unidos a átomos de Cl, N, O y S. Como el calomelano o cloruro mercurioso (HgCl) y cloruro mercúrico ($HgCl_2$). Usado en medicamentos, cremas blanqueadoras de la piel, cosméticos, antiséptico tópico, hierbas medicinales asiáticas, taxidermia, fabricación de explosivos, elaboración de pigmentos, entre otros[18, 21].

Tabla 5. Características diferenciales de la exposición al mercurio.

	Mercurio elemental	**Mercurio Inorgánico (sal)**	**Mercurio orgánico (alquilo)**
Ruta primaria de exposición	Inhalación	Oral	Oral
Distribución del tejido primario	SNC, riñón	Riñón	SNC, riñón, hígado
Aclaramiento (clearance)	Renal, gastrointestinal	Renal, gastrointestinal	Metilo: gastrointestinal Arilo: renal, gastrointestinal
Efectos clínicos			
SNC	Temblor	Temblor, eretismo	Parestesias, ataxia, temblor, visión de túnel, disartria
Pulmonar	+++		
Gastrointestinal	+	+++ (cáustico)	+
Renal	+	+++ (ATN)	+
Acrodinia	+	++	
Terapia	BAL, succímero	BAL, succímero	Succímero (temprano)

Fuente: Hoffman; 2007[19]. Donde: (+) hallazgos presentes; (+++) hallazgos muy importantes presentes.

II.1.3.3. Límites de exposición

Los reglamentos y recomendaciones pueden ser expresados como “niveles que no deben excederse”.

Tabla 6. Reglamentos y recomendaciones para el mercurio.

Fuente de exposición	Límite de exposición	Regulación internacional
Productos de consumo	< 1 ppm de metilmercurio	FDA puede confiscar cargamentos de pescados, mariscos y semillas de granos tratados que sobrepasen dicho valor.
Agua potable	< 2 ppb de mercurio inorgánico	EPA indica que la ingesta diaria de esa cantidad no puede causar efectos adversos de importancia para la salud.
Aire en el trabajo	< 0,1 mg/m^3 de mercurio orgánico	OSHA estableció ese límite para una jornada de 8 horas diarias (40 horas a la semana).
	< 0,05 mg/m^3 para vapor de mercurio metálico	NIOSH recomienda ese límite para una jornada de 10 horas.

Fuente: ATSDR; 2022[22].

Tabla 7. Límites de exposición de mercurio en cosméticos.

Regulación internacional	Límite de exposición en cosméticos	
FDA*	< 1 ppm	No está permitido en ningún otro producto cosmético, excepto en trazas de menos de 1 ppm y solo si su presencia es inevitable según las Buenas Prácticas de Fabricación (GMP)3.
BVL	< 0,1 ppm	Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria estableció el valor límite para metales pesados técnicamente evitables en productos cosméticos[13].

Fuente: FDA; 2022[3]. OPSS UK; 2023[13].

(*) Se pueden utilizar en una cantidad muy pequeña, sólo si no hay disponible ningún otro conservante eficaz y seguro. Por otro lado, los compuestos de mercurio están permitidos en cosméticos sólo como conservantes en productos para el área de los ojos, y en este caso no debe superar los 65 ppm en el producto terminado[3].

II.1.3.4. Toxicocinética del mercurio

Los seres humanos están expuestos a una variedad de formas de mercurio y dependiendo de la ruta de las especies químicas presentan toxicocinéticas diferentes.

1. Absorción

La inhalación de vapor de mercurio puede resultar en que hasta un 80 % del mercurio inhalado se distribuya en el torrente sanguíneo. Esta vía de exposición es la más prevalente y relevante en entornos laborales y en situaciones de emergencia relacionadas con derrames.

La absorción oral ocurre cuando los compuestos orgánicos de mercurio presentes en los alimentos ingresan al cuerpo. En esta vía, se absorbe entre el 90 % y el 95 % de estos compuestos en el tracto gastrointestinal. En el caso de los compuestos inorgánicos de mercurio, la absorción varía entre el 2 % y el 15 % de la dosis ingerida. Cabe resaltar que el mercurio elemental no tiene buena absorción por esta vía, siendo en menos del 0,1 %[23].

Las sales de mercurio inorgánico pueden ser absorbidas a través de la piel y las membranas mucosas cuando se produce la exposición dérmica[19, 23].

2. Distribución y Biotransformación

El mercurio elemental se distribuye por el organismo con mayor afinidad en el encéfalo, hígado y riñón. El vapor de mercurio es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica y la placenta. Una vez dentro del SNC el mercurio elemental se convierte en catión mercúrico[23].

El mercurio inorgánico o sales de mercurio son transportados por la sangre unido a la albúmina hacia diferentes órganos donde tienden a concentrarse como los riñones, hígado, intestino, corazón, cerebro y pulmón. La penetración de la barrera hematoencefálica es deficiente debido a la baja solubilidad en lípidos.

El mercurio orgánico, incluyendo los compuestos arilo y alquilmercurio de cadena larga poseen un enlace lábil carbono-mercurio, que posteriormente se escinde liberando el ion mercurio inorgánico. Es por esta razón que su distribución y manifestaciones toxicológicas producidas son comparables a los de las sales inorgánicas de mercurio. Por el contrario, los compuestos de alquilmercurio de cadena corta poseen enlaces carbono-mercurio relativamente estables que sobreviven a la fase de absorción. El metilmercurio al ser lipofílico atraviesa fácilmente los tejidos, la barrera hematoencefálica y la placenta.

3. Acumulación

El mercurio elemental se acumula en los riñones y generalmente no produce daño renal. La conversión de mercurio elemental al catión mercúrico favorece la retención y acumulación dentro del SNC.

Mercurio inorgánico o sales de mercurio, aproximadamente el 90 % se distribuye y se almacena en el túbulo renal proximal, y se acumula en el SNC debido a la eliminación lenta y la exposición prolongada[23].

El mercurio orgánico tiende a concentrarse en el sistema nervioso central.

4. Eliminación

Los iones mercúricos del mercurio elemental y sales de mercurio se excretan a través del riñón mediante filtración glomerular y secreción tubular, y en el tracto gastrointestinal mediante transferencia a través de los vasos mesentéricos

hacia las heces. Su vida media corporal total se estima en aproximadamente 30 a 60 días.

La eliminación de compuestos de alquilmercurio de cadena corta (mercurio orgánico) es predominantemente fecal. Menos del 10 % del metilmercurio se excreta en la orina y las heces como catión mercurio. La recirculación enterohepática contribuye a que su vida media sea algo más larga, de unos 70 días[23].

II.1.3.5. Toxicodinámia del mercurio

El mercurio se une a los grupos sulfhidrilos (SH) mediante unión covalente al azufre, remplazando el ion hidrógeno. Presenta alta afinidad a los grupos carboxilos, amidas, aminas y fosforilos. Esto da como resultado una disfunción generalizada de enzimas, mecanismos de transporte, membranas y proteínas estructurales.

La necrosis de la mucosa gastrointestinal y de los túbulos renales proximales en una intoxicación por sales de mercurio se debe al efecto oxidativo directo de los iones mercúricos.

Los compuestos orgánicos de mercurio son considerados inhibidores de la síntesis de proteínas, en algunos casos provocan alteraciones del ARN de transferencia. Asimismo, afecta la homeostasis del ion calcio produciendo citotoxicidad (muerte neuronal) [18, 23].

II.1.3.6. Aspectos toxicológicos

Como menciona Goldman[18]: *"cada tipo de mercurio causa diferentes efectos dependiendo de su vía de exposición, solubilidad y lipofilicidad".*

1. **Intoxicación por mercurio elemental:** se manifiesta por neumonitis intersticial, atelectasia parcheada y enfisema. Las molestias gastrointestinales como náuseas, vómitos y diarrea, van acompañadas de sabor metálico, disfagia, salivación, debilidad, dolores de cabeza y alteraciones

visuales. Los síntomas pueden resolverse o progresar a lesión pulmonar aguda, insuficiencia respiratoria y muerte.

2. **Intoxicación por mercurio inorgánico:** se presenta el síndrome acrodinia, reacción de hipersensibilidad por la presencia de mercurio divalente (ion Hg^{2+}), el cual consiste en descamación, color rosa de las mejillas y plantas de los pies y manos, prurito, fotofobia, sudoración, irritabilidad e insomnio[24]. Síntomas gastrointestinales, anomalías neurológicas y disfunción renal son característicos en este tipo de intoxicación. La gastroenteritis se caracteriza por dolor orofaríngeo, náuseas, vómitos y diarrea, seguidos de dolor abdominal, hematemesis y hematoquezia. Las manifestaciones neurológicas incluyen temblor, así como los síndromes de neurastenia y eretismo. La disfunción renal varía desde proteinuria reversible asintomática hasta síndrome nefrótico con edema e hipoproteinemia.

3. **Intoxicación por mercurio orgánico:** el metilmercurio produce una neurotoxicidad retardada junto con síntomas gastrointestinales, temblores, dificultad respiratoria y dermatitis. Dentro de las alteraciones del SNC está la encefalopatía grave, ataxia en las extremidades y reducción del campo visual, las cuales se intensificaron hasta provocar parálisis y ceguera[19,23].

4. **Tratamiento**

En casos de contacto ocular se recomienda enjuagar la zona afectada con abundante agua. Ante el contacto dérmico se retira la ropa contaminada, se lava la zona afectada con abundante agua y jabón, y se trata las heridas con una sustancia antiséptica. En situaciones de inhalación de vapores de mercurio metálico se retira a la persona del área contaminada, se brinda medidas de soporte, se realiza el lavado de la piel y se mantiene en observación

por 6 a 12 horas, por el riesgo de aparición de una neumonitis aguda según evolución clínica.

Dada la acción corrosiva de ciertos compuestos de mercurio, es crucial prevenir cuadros de gastroenteritis y deshidratación severa en casos de ingestión. Esto se puede lograr mediante la administración de fluidos intravenosos para corregir el desequilibrio hidroelectrolítico.

En casos de ingesta accidental de mercurio elemental, al no tener buena absorción a nivel del tracto gastrointestinal no es necesario acelerar su tránsito, se elimina generalmente sin problemas. Sin embargo, en caso de un consumo masivo si se recomienda usar polietilenglicol vía oral.

El mercurio inorgánico es cáustico, con riesgo potencial de perforación, por esa razón no está recomendado el lavado gástrico[23].

La Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por mercurio recomienda el siguiente esquema en casos de intoxicación aguda[14]: "como terapia inicial se administra succimer o DMSA (ácido dimercaptosuccínico), empleado en todas las formas de toxicidad por mercurio. La dosis vía oral es 10 mg/kg tres veces al día por 5 días seguido de 10 mg/kg dos veces al día por 14 días (19 días de tratamiento completo). O dimercaprol o BAL (British anti-Lewisite) utilizado en casos de toxicidad por mercurio inorgánico y elemental; vía intramuscular en dosis de 3 - 5 mg/kg seis veces al día por 2 días, luego 2,5 - 3 mg/kg cuatro veces al día por 2 días, finalmente de 2,5 - 3 mg/kg dos veces al día de 1 a 3 días. Como terapia alternativa se administra penicilamina, solo recomendado para casos de toxicidad por mercurio inorgánico y elemental. En casos de adultos se recomienda

vía oral de 1000 a 1500 mg por dosis de una a dos veces al día antes de las comidas por 7 - 14 días"[23].

II.1.4. Espectrofotometría de absorción atómica (EAA)

Según Harris[25], la espectrofotometría de absorción atómica se fundamenta en la separación de una muestra en átomos utilizando una llama o un plasma. La concentración de cada elemento se calcula mediante la medición de la radiación visible o ultravioleta absorbida o emitida por los átomos en su estado gaseoso.



Figura 3. Equipo espectrofotómetro de absorción atómica, modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con horno de grafito.
Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

II.1.4.1. Espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito (GFAAS)

Esta técnica implica el seguimiento de la absorción de luz por los átomos, las cuales fueron producidos en un horno de grafito calentado resistivamente (o un atomizador electrotérmico).

Las muestras llegan al horno mediante un muestreador automático. El programa de calentamiento es una parte importante del desarrollo del método GFAAS. Primero, el líquido que contiene el estándar/muestra se elimina en el paso seco. En

segundo lugar, los componentes de la matriz de la muestra se vaporizan desde el horno durante el procedimiento de pirólisis mientras el analito permanece en el horno. El analito se vaporiza durante la etapa de atomización durante la cual se obtiene la señal analítica. Por último, los restos de la muestra se retiran del horno durante el paso de limpieza[26].

II.1.4.2. Espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío

En la determinación de mercurio la técnica que más se utiliza es la generación de vapor frío acoplada a EAA por su simplicidad, alta sensibilidad y por estar libre de interferencias. Está basado en la volatilización del elemento de interés.

Esta técnica implica la separación del analito por volatilización a temperatura ambiente. Las especies volátiles generadas se transportan mediante una corriente de gas inerte, principalmente Argón, hasta un equipo de espectrofotometría de absorción atómica que realiza la determinación cuantitativa del elemento estudiado. Se aplica en la determinación de Hg porque solo el mercurio puede existir en fase de vapor como Hg^0 a temperatura ambiente[27]. Esta técnica consta de tres etapas: generación del vapor de mercurio (Hg^0), transferencia del vapor y detección con espectrofotometría de absorción atómica.

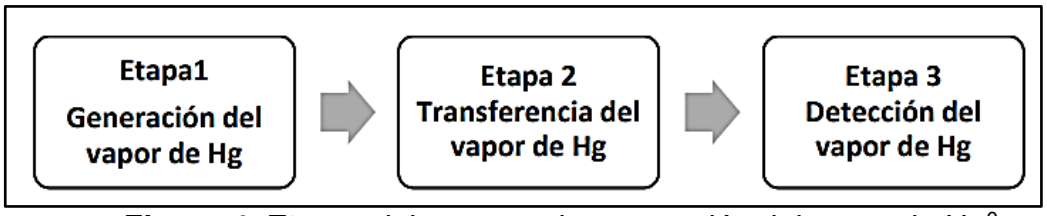

Figura 4. Etapas del proceso de generación del vapor de Hg^0.
Fuente: Martínez; 2020[27].

En este tipo de técnica no se requiere el calentamiento de la celda de cuarzo para la determinación de mercurio; debido a que es el único elemento que puede existir en fase de vapor (Hg^0) a temperatura ambiente. Para la formación del vapor (Hg^0), la muestra acidificada que contiene el mercurio iónico (Hg^{+2}) se

mezcla con el agente reductor ($SnCl_2$ o $NaBH_4$) según la siguiente ecuación:

$$BH_4^- + 3H_2O + H^+ + Hg^{+2} \rightarrow H_3BO_3 + Hg^0 \uparrow + 8H^*$$

Martínez[27] refiere que la corriente de gas inerte (Ar) transporta el vapor de mercurio a la celda de cuarzo. En la celda de cuarzo los átomos de mercurio pasan al estado excitado debido a que absorben energía de una radiación a una longitud de onda específica. “La cantidad de energía absorbida por la muestra en forma de fotones de radiación, es proporcional a la concentración de mercurio en la muestra”.

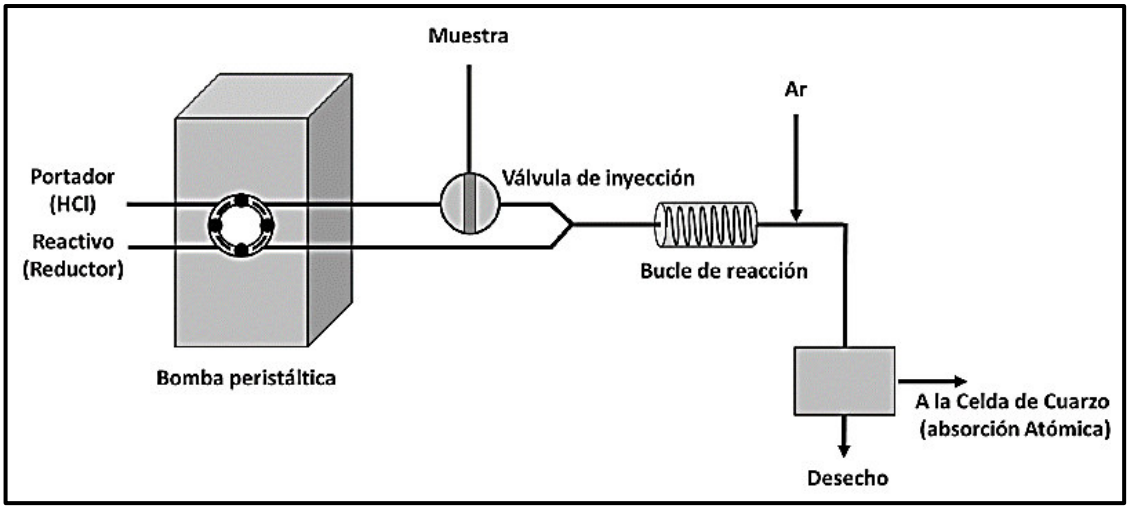

Figura 5. Esquema de un sistema automatizado de análisis por inyección en flujo.
Fuente: Martínez; 2020[27].

Las etapas de un análisis de absorción atómica por generación de vapor frío se pueden llevar a cabo de forma automática gracias al Sistema de Análisis por Inyección en Flujo (FIAS).
Martínez[27] explica que los sistemas FIAS posibilitan la inserción de la muestra a través de una válvula de inyección en un conducto donde circula una corriente de fluido portador (carrier), y se mezclan los diferentes reactivos requeridos para el análisis. Una bomba peristáltica se encarga de mover los líquidos, y la longitud

y la velocidad de los tubos por donde pasan la muestra, los reactivos y su mezcla determinan el tiempo de reacción.

Tabla 8. Ventajas y desventajas de la técnica de generación de vapor.

Ventajas	Desventajas
- Alta producción de especies volátiles y eficiencia en su transporte. - Separación de analito de matrices complejas. - Reducción de interferencias. - Automatización en sistemas de producción del vapor de hidruros (por inyección de flujo y continuo). - Alta frecuencia de análisis. - Bajos límites de detección	- Necesidad de pretratamiento de la muestra - Sistema complejo, involucra reacciones en línea - Formación de espumas y aerosoles - Aplicación a un número limitado de analitos - Capacidad limitada para el análisis multielemental.

Fuente: Moscoso; 2003[28].

II.2. Antecedentes

II.2.1. Antecedentes nacionales

García y Pezo[29] en su estudio "Determinación de plomo y cadmio en lápices labiales expendidos en el Mercado Central de Lima Metropolitana en diciembre del 2021" tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo y cadmio en lápices labiales expendidos en el mercado central de Lima Metropolitana durante el periodo diciembre del 2021, la muestra estuvo conformada por 20 lápices labiales. El análisis se realizó mediante la técnica de la espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados demostraron la presencia de plomo y cadmio en lápices labiales, con un valor promedio para cadmio de 0,0029 ppm y de plomo 0,1729 ppm.

En el 2019, Tacunan y Rosales[30] en su tesis "Determinación de arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde China" tuvieron como objetivo 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; ≤ 3 ppm para arsénico y ≤ 1 ppm para mercurio. Cuantificaron las concentraciones de arsénico y mercurio en 20 muestras de sombras para ojos correspondientes a cuatro marcas procedentes de China. La cuantificación se realizó mediante los métodos de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros y espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío. Sus resultados fueron una concentración media de 0,37 ppm para el arsénico; y una concentración media de 0,07 ppm para el mercurio. Las muestras analizadas no superaron los límites permitidos por la FDA.

Llahuilla et al.[31] en su investigación del 2020 titulada "Determinación de arsénico y plomo en labiales por espectroscopía de absorción atómica que se expende en Lima Metropolitana" determinaron las concentraciones de arsénico y plomo en ocho marcas de labiales comercializadas en Lima Metropolitana. El método analítico utilizado fue espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Las muestras fueron recolectadas al azar en los centros comerciales y analizadas en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ). Como resultados se obtuvieron valores de plomo entre 0 ppm y 71,96 ppm, siendo la concentración promedio de 6,60 ppm, el 12,5 % de las muestras superan los límites máximos permisibles (LMP) de 10 ppm recomendados por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), los valores para el rango de arsénico de 0 ppm a 16,59 ppm, la concentración promedio es de 3,34 ppm, y el 40,6 % del total de muestras superan los límites máximos permisibles (LMP) de 3 ppm establecidos por la FDA. La concentración promedio de plomo en los labiales no supera los LMP valores recomendados por la FDA, mientras que el valor medio de arsénico sí lo supera.

Javier y Rodrigo[32] en su estudio del 2019, "Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima" determinó las concentraciones de mercurio y cadmio en polvos compactos de

cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima y se comparó con los limites establecido por la FDA y el Gobierno de Alemania. Se recolectaron 20 muestras, 4 colores por cada marca de las galerías Mesa Redonda, Tradición, Santa Catalina y Tarpuy, ubicadas en el Cercado de Lima. Para la cuantificación de mercurio y cadmio se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica por vapor frio y por horno de grafito, respetivamente. En la cuantificación de mercurio, la concentración promedio fue de 0,0054 µg/g, siendo 0,142 µg/g el valor máximo y 0,011 µg/g, el valor mínimo. Y la concentración promedio de cadmio fue de 0,814 µg/g, siendo 1,439 µg/g, el valor máximo y 0,179 µg/g, el valor mínimo. El 100 % de las muestras sobrepasaron significativamente el límite del Gobierno de Alemania de 0,1 µg/g. Se concluye que la concentración promedio de mercurio fue de 0,054 µg/g, mientras que la de cadmio fue de 0,814 µg/g, la cual sobrepasan significativamente el límite de 0,1 µg/g, del Gobierno de Alemania.

Hurtado y Méndez[33] en su tesis del 2019, “Determinación de cadmio en sombras para ojos en ocho marcas comercializadas en Cercado de Lima” determinaron la concentración de cadmio en 32 muestras de sombras para ojos, conformado por ocho marcas y cuatro colores cada una; comercializadas en el distrito del Cercado de Lima y se comparó con los límites permisibles establecidos por el Gobierno de Canadá. Se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación y se obtuvo como resultado un promedio de 0,058 ppm, con una concentración mínima de 0,002 ppm y una concentración máxima de 0,322 ppm. Se concluye que el 100 % del total de muestras se encontraron dentro del límite establecido por el gobierno de Canadá (≤ 3,000 ppm).

II.2.2. Antecedentes internacionales

En el 2023 Mohammed et al.[34] realizaron un estudio titulado “Evaluación de riesgos para la salud de algunos metales pesados en lápices labiales vendidos en mercados locales en Irak”. En este estudio se evaluó los niveles de metales pesados como cadmio,

cromo, cobre, plomo, zinc y arsénico en los lápices labiales. El nivel de metales pesados en el lápiz labial se analizó mediante la técnica analítica de alta selectividad y sensibilidad, espectrofotometría de absorción atómica. Se seleccionaron veinte barras de labios de las mismas marcas, pero con precios diferentes. Se eligieron diez lápices labiales originales (caros) y diez imitaciones (baratos) de tiendas en Diyala, Irak. Los resultados revelaron que los niveles de metales están en el orden de Pb > Cd > Zn > Cu > As > Cr. Sin embargo, los niveles de metales pesados que se estimaron en este estudio estaban por debajo del límite permisible establecido por las autoridades ejecutivas, por lo que no parece haber preocupación asociada con estos metales pesados. Sin embargo, el uso diario y frecuente de lápiz labial por parte de las mujeres las expone a bajos niveles de metales tóxicos, y estos metales se acumulan con el tiempo y pueden presentar efectos adversos en la salud de las usuarias. Los resultados del cociente de peligrosidad (HQ) y el índice de riesgo para la salud (HI) señalan que no hubo efectos nocivos para la salud humana relacionados con los metales pesados presentes en el lápiz labial. Considerando que los resultados de la actividad biológica de las muestras indicaron que no hubo crecimiento bacteriano en las muestras caras, las muestras baratas estaban contaminadas con algunos tipos de organismos; esto prueba mala calidad.

En el 2021, Aryal et al.[35] publicaron “Evaluación de los niveles de plomo y cadmio en lápices labiales vendidos en Katmandú, Nepal, y su evaluación de riesgos potenciales para la salud”, en donde tuvieron como objetivo evaluar los niveles de plomo y cadmio en los lápices labiales y los peligros para la salud asociados a ellos para los consumidores. Se seleccionaron al azar 13 barras de labios y 7 brillos de labios de varios centros comerciales en Katmandú, Nepal. La muestra de lápiz labial se digirió químicamente y se analizó mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama. El rango de concentración de Pb y Cd en labiales fue de 0,02 ± 0,009 a 30,97 ± 0,014 mg/kg y de 0,01 ± 0,014 a 0,92 ± 0,009 mg/kg respectivamente.

Se encontró que el cociente de riesgo para Pb era mayor a 1 en 15 muestras que mostraban un riesgo cancerígeno perjudicial para la salud a través del consumo de lápiz labial. Por lo tanto, estas marcas de lápiz labial son propensas a dañar la salud humana. En consecuencia, se recomienda realizar un seguimiento periódico de los lápices labiales antes de importarlos.

En el mismo año, Rahman et al.[36] publicaron “Evaluación de la contaminación por metales pesados en los lápices labiales disponibles en el mercado de Bangladesh y el riesgo para la salud humana asociado”, cuyo propósito fue evaluar la concentración de metales pesados (plomo, cadmio y cromo) en los lápices labiales vendidos en los mercados de Bangladesh, así como evaluar los posibles riesgos para la salud asociados con la exposición diaria a los metales pesados en los lápices labiales. Se compraron un total de 48 muestras de lápiz labial en mercados locales de 12 marcas diferentes. Las muestras se digirieron con microondas antes de examinarlas con el espectrofotómetro de absorción atómica de llama (FAAS). El rango de concentración de Pb, Cr y Cd en las marcas analizadas osciló entre 0,054 - 6,557; 0,667 - 2,344 y 0,001 - 0,196 mg/kg, respectivamente. Las concentraciones medias de plomo, cromo y cadmio en todas las muestras de lápiz labial fueron 2,120 (± 1,336); 1,417 (± 0,785) y 0,028 (± 0,041) mg/kg, respectivamente. Las cantidades de plomo y cromo fueron significativamente diferentes entre las marcas. Las concentraciones de plomo y cadmio estaban por debajo del límite aceptable establecido por Health Canada y la Unión Europea. Sin embargo, el cromo supera las concentraciones máximas permitidas establecidas por la Unión Europea. Los resultados de los índices de Hazard Quotient (HQ) no representan riesgo para la salud no cancerígeno (HQ < 1) para los consumidores. Pero los valores del índice de ingesta relativa (RII) indican algunos riesgos para la salud en términos de concentraciones de Cd y Cr de algunas marcas de barras de labios que se encuentran en los mercados de Bangladesh. Sobre todo, el uso paralelo de lápiz labial con otros cosméticos podría ser perjudicial para la población

de Bangladesh y, por lo tanto, se necesita con urgencia un control continuo para frenar estos productos diarios adulterados.

Kulwa y Mihale[37] en su estudio del 2020 “Niveles y riesgos de exposición al plomo, el arsénico y el mercurio de una selección de lápices labiales y esmaltes de uñas comercializados en Dar es Salaam (Tanzania)”, hallaron la presencia de Pb, As y Hg en lápices labiales y esmaltes de uñas se determinó mediante espectrofotometría de emisión atómica de plasma de microondas debido a sus efectos en la salud pública. Se detectó Pb en el 100 % (n = 25) de los lápices labiales y en el 53,3 % (n = 15) de los esmaltes de uñas. Se detectó arsénico en el 36 % de los lápices labiales y el 86,7 % de los esmaltes de uñas, y se detectó Hg en el 44 % de los lápices labiales y el 80 % de los esmaltes de uñas. Todos los niveles de metales en ambos cosméticos estaban por debajo de los límites máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Oficina de Normas de Tanzania (TBS). Los riesgos para la salud se evaluaron utilizando la ingesta diaria crónica (CDI), el cociente de peligro no cancerígeno (HQ), el índice de peligro (HI), así como el riesgo carcinogénico total. Los valores de CDI en todos los cosméticos fueron inferiores a la ingesta diaria máxima tolerable (MTDI). Los HQ de todos los metales en la mayoría de los lápices labiales y todos los esmaltes de uñas fueron < 1, lo que señala poco riesgo para la salud. Tanto el HI como el riesgo carcinogénico fueron menores, lo que indica que son relativamente seguros y tienen poco riesgo carcinogénico potencial. Los riesgos cancerígenos potenciales determinados fueron menores, concluyendo en poco riesgo cancerígeno.

Saadatzadeh et al.[38] en su estudio “Determinación de metales pesados (plomo, cadmio, arsénico y mercurio) en cosméticos autorizados y no autorizados”, evaluaron la contaminación por plomo, cadmio, arsénico y mercurio en lápices labiales, rímel, sombras de ojos y lápices de cejas, y compararon las cantidades de estos elementos tóxicos en productos legales y de contrabando. Se utilizaron las técnicas de Espectrofotometría de Absorción Atómica

en Horno de Grafito (GFAAS) y Analizador Directo de Mercurio (DMA). Los datos demostraron que el contenido de plomo en los productos no superó el límite aceptable de la Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania (BVL), y que los valores de cadmio en todos los productos fueron significativamente inferiores al límite establecido por la BVL. El contenido de arsénico de los lápices labiales, sombras de ojos y lápices de cejas fue significativamente más alto que el estándar de la BVL, mientras que el contenido de mercurio estuvo muy por debajo de los estándares de la BVL, por lo que no parece haber preocupación asociada con este elemento tóxico. Los cosméticos legales mostraron mejores resultados, excepto el rímel, que tenía mayores cantidades de arsénico que el de contrabando. El mayor contenido de arsénico en sombras de ojos y lápices de cejas de contrabando es un tema que debe ser tomado en consideración por las autoridades correspondientes.

II.3. Bases teóricas

II.3.1. Lápices labiales

Los lápices labiales son productos cosméticos de forma sólida constituida por una base grasa en la que se incorporan colorantes o sustancias protectoras (antioxidantes y antimicrobianos).

Se elaboran utilizando, fundamentalmente, una base grasa compuesta por ceras que aportan la consistencia adecuada para evitar que se descomponga fácilmente o se funda exageradamente después de la aplicación sobre los labios, grasas que aportan suavidad y la adherencia adecuada a los labios y aceites que permiten una aplicación cómoda, comunican un aspecto brillante a la película depositada, facilita la dispersión de los pigmentos y suavizan los labios[39].

Según Diez[39] un producto de maquillaje para labios debe ser: dermatológicamente inocuo, no tóxico ni irritante, de fácil aplicación, buena adherencia, alta duración sobre los labios, y presentar una

estructura estable y no permitir la producción de exudados, particularmente en el caso de las barras de labios.

II.3.1.1. Componentes de un lápiz labial

Los lápices labiales son pastas anhidras de composición compleja que contienen entre 10 a 15 componentes[40]. Los principales son la base grasa, sustancias colorantes y los antioxidantes. Además, presentan ingredientes activos para obtener resultados cosméticos; los más usados son: filtros solares con un factor de protección superior a 15 para proteger el epitelio labial; agentes hidratantes como glicerina o extracto de aloe; reepitelizantes como betacaroteno o alantoína; antioxidantes como la vitamina E u otros; y aromas como aceites esenciales de rosa o geranio[40,41].

1. Base grasa

La base grasa está compuesta por ceras, aceites y alcoholes grasos.

Las ceras se utilizan para proporcionar la consistencia adecuada al poseer un elevado punto de fusión, se suelen utilizar ceras vegetales de candelilla o carnauba (le proporcionan el aspecto mate o con brillo, respectivamente), de abeja (acabado mate) o ceras minerales o de síntesis, (vaselina, ceresina, cera micro cristalina, que le dan una buena lubricación para que se deslice más fácilmente.

Los aceites proporcionan untuosidad. Actualmente se utilizan aceites vegetales (de macadamia), minerales e incluso de síntesis, las cuales carecen de olor y otorgan una calidad uniforme.

Y los alcoholes grasos presentan propiedades similares a la de los aceites, pero con la diferencia de que no se ponen rancios. Por ejemplo, el alcohol cetílico, aumenta la

untuosidad y el brillo, facilita su deslizamiento, y dispersa uniformemente las lacas y colorantes.

Otras sustancias grasas son los derivados de lanolina, jojoba y manteca de karité.

2. Sustancias colorantes

Según Sánchez[40] pueden incorporarse mezclas entre 5 o 6 componentes para conseguir los colores deseados. Las sustancias colorantes pueden ser solubles o insolubles.

Entre los hidrosolubles tenemos a la eosina y sus derivados. Presentan un color naranja, se puede obtener una amplia gama de tonos según el medio en el que se solubiliza. Tiene como desventaja que en algunos casos provoca reacciones alérgicas o de fotosensibilización. Otro colorante que es soluble en agua es el FD&C Red 40 utilizado en algunos casos en lápices labiales para obtener tonos rosados y rojos.

Los liposolubles tienen como característica la fijación del color, aportando un color de larga duración. Otorgan un aspecto semi mate y mantienen un contorno labial perfecto. Generalmente se utiliza en concentraciones del 8 al 10 %[40]. Como el D&C Red 7, D&C Red 6 y D&C Red 27.

Los colorantes insolubles o pigmentos son componentes sólidos en forma de partículas muy finas.

Entre los pigmentos minerales, el dióxido de titanio destaca por ser el más utilizado, gracias a su notable capacidad cubriente y su función como protector solar. Al ser un compuesto blanco, su adición con tintes rojos produce tonos rosas. Por otro lado, el óxido de hierro se emplea específicamente para obtener tonalidades marrones.

El pigmento de origen animal más conocido es el ácido carmínico, extraído de las cochinillas hembras[40].

3. Antioxidantes y conservantes

El butilhidroxianisol (BHA) y el butilhidroxitolueno (BHT) es utilizado como antioxidantes; y los parahidroxibenzoatos como conservantes para evitar el enranciamiento y la contaminación de microorganismos.

4. Siliconas

Las siliconas facilitan su deslizamiento, reducen la pegajosidad y actúan como barrera contra la humedad ambiental. Las más usadas son la dimeticona, dimeticonol y feniltrimeticona.

II.3.1.2. Formulación de un lápiz labial

La proporción típica para un lápiz labial sería aceite (50 - 70 %): cera (20 - 30 %): pigmento (5 - 15 %)[42].

Tabla 9. Formulación típica de un lápiz labial sugerida por Henkel.

Componentes	***% peso***
Alcohol estearílico	*7,0*
Cera de abejas (decolorada)	*7,0*
Acido esteárico	*1,75*
Cera parafina	*12,25*
Lanolina anhídrida	*2,8*
Cera carnauba	*2,8*
Aceite mineral blanco	*1,4*
Comperlan HS	*20,0*
Eutanol G	*45,0*
Bromoácido	*1,5*
Pigmento coloreado	*6,0*

Fuente: Wilkinson; 1990[43].

II.3.1.3. Fabricación de un lápiz labial

La técnica más frecuente para producir barras de labios y bálsamos labiales es el proceso conocido como moldeo. Los pasos de esta técnica son los siguientes:

1. **Preparación de los componentes colorantes**

   Cada colorante, pigmento o laca deben ser preparados por separado, teniendo en cuenta sus disolventes y su tamaño de partículas; para ello en algunos casos se emplea molinos de bolas, de rodillos o de cuchillas[43].

2. **Fusión y mezcla**

   Los componentes grasos como ceras, alcoholes y éteres se funden en otro recipiente aparte. Luego los pigmentos disueltos y la base grasa fundida se mezclan; en este punto es esencial tener un control de la temperatura para mantener la mezcla líquida. Para facilitar esta mezcla, se pueden utilizar varios tipos de mezcladores o dispersores. La mezcla se enfría ligeramente, luego se pueden agregar pigmentos específicos, conservantes, fragancias y otros ingredientes. Finalmente mezclar hasta que quede homogéneo.

3. **Moldeado y envasado**

   El moldeado es el paso real en el que la mezcla de lápiz labial derretido se vierte en moldes de plástico o metal. La mezcla se debe verter mientras aún esté caliente y líquida; sin embargo, es beneficioso dejar que la mezcla se enfríe un poco (sin comenzar a solidificarse, la temperatura de la mezcla debe estar unos 10 °C por encima de su punto de fusión)[44].

   Cuando los palitos se hayan endurecido, se pueden desmoldar ejerciendo una ligera presión y se colocan en el soporte del lápiz labial. Si es necesario, se puede cortar la punta del lápiz labial para facilitar la aplicación[44].

4. **Flameado**

   El flameado es el último paso de la formulación del lápiz labial, en el que las barras se pasan a través de la llama, por ejemplo, utilizando un quemador de gas, para producir un acabado brillante en los lápices labiales. Las llamas se ajustan a un nivel lo suficientemente caliente como para derretir la superficie del palo. Por lo general, los lápices labiales se mantienen y se retuercen en la llama durante hasta un segundo y luego se

retiran para evitar que se derritan y pierdan su forma. Finalmente, se colocan los tapones en el soporte del pintalabios y se etiquetan[44].

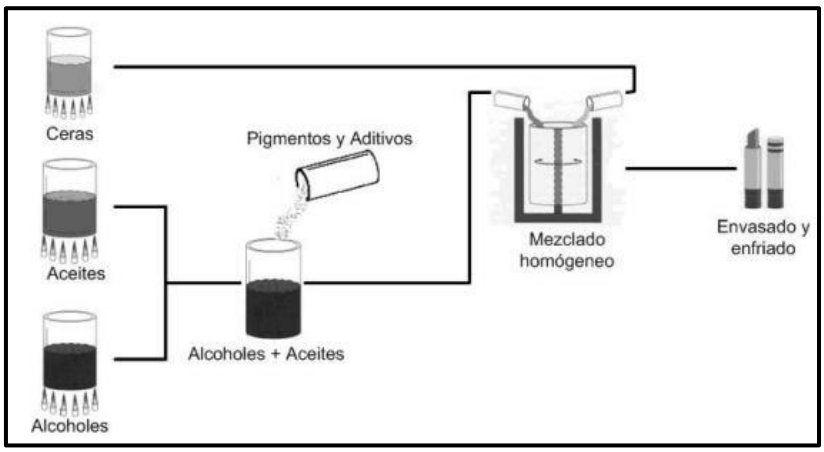

Figura 6. Etapas de fabricación de lápiz labial.
Fuente: Rivas; 2007[45].

II.3.2. Evaluación del riesgo para la salud humana

Según la evaluación toxicológica de la ATSDR existen tres vías de exposición: inhalación, ingestión y contacto cutáneo.

Teniendo en cuenta el uso diario y frecuente del lápiz labial en la población y la particularidad de este cosmético expuesto al cuerpo humano a través de la dieta por una posible ingestión, seleccionamos la exposición por ingestión.

En esta investigación se utilizó el modelo de evaluación de riesgos para la salud recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA). Se aplicaron la dosis de ingesta diaria promedio (ADD_{ing}), el cociente de peligro (HQ) y el índice de riesgo (HI) para evaluar su riesgo no cancerígeno asociado a la presencia de cadmio y mercurio en los lápices labiales.

II.3.2.1. Estimación de la ingesta diaria de metales pesados a través de la aplicación de lápices labiales.

Según la USEPA[46, 47], la Dosis Diaria Promedio (ADD) cuantifica la dosis de exposición a sustancias nocivas. El ADD, se utiliza para

muchos efectos no cancerígenos, promedia las exposiciones o dosis durante el período de tiempo en que ocurrió la exposición.

Para esta investigación se tomó a la ingesta directa como vía de exposición principal, dando lugar a la Dosis de Ingesta Diaria Promedio (ADD_{ing}).

La ADD_{ing} se puede calcular mediante la Fórmula 1.

Fórmula 1. Dosis de ingesta diaria promedio

$$ADD_{ING} = \frac{Cx\ IR\ x\ EF\ xED}{BW\ x\ AT} x\ CF$$

Las abreviaturas y valores utilizados en la estimación de dosis de ingesta diaria promedio se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de exposición utilizados en la determinación de ADD_{ing}.

Abreviatura	Descripción	Valor
ADD_{ing}	Dosis de ingesta diaria promedio (mg/kg/día).	-
C	Concentración del elemento (metal pesado) en el lápiz labial (mg/kg).	-
IR*	Tasa de ingesta (g/día)[48].	0,057
EF	Frecuencia de exposición (días/año)[49].	260
ED	Duración de la exposición (años).	35
BW	Peso corporal (kg)[50].	64,5
AT	Tiempo promedio. Período de exposición específico por vía para efectos no cancerígenos (ED x 365 días/año).	12775
CF	Factor de conversión (en kg/g).	10^{-3}

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

(*) Para hallar la tasa de ingesta se utilizó la Fórmula 2.

Fórmula 2. Tasa de ingesta

$$IR = qx \times FI$$

Donde *qx* es la cantidad de lápiz labial aplicada por día (0,057 g/día)[48] y FI es fracción ingerida (1, sin unidades).

II.3.2.2. Riesgo No Cancerígeno

La evaluación del riesgo humano no cancerígeno se calcula utilizando la dosis de referencia (RfD) previamente establecida por la USEPA y el nivel de exposición hallado en esta investigación.

II.3.2.3. Cociente de peligro (HQ)

El HQ utilizado para calcular el nivel de riesgo no cancerígeno en la evaluación de riesgo para el nivel de exposición de un contaminante es la relación entre la concentración que se espera que no cause ningún efecto adverso cuando el sujeto está expuesto a una sustancia química y el nivel de exposición. Dada por la siguiente fórmula:

Fórmula 3. Cociente de peligro

$$\text{Riesgo no cancerígeno, } HQ = \frac{ADD_{ing}}{RfD}$$

Donde:

- ADD_{ing}: Dosis de ingesta diaria promedio (mg/kg/día)
- RfD: Dosis de referencia para exposición oral (mg/kg/día)

Según IRIS[51, 52], la dosis de referencia para exposición oral para cadmio es 0,001 mg/kg/día y para mercurio es 0,0003 mg/kg/día. Si HQ ≤ 1, es poco probable que se experimenten efectos adversos para la salud, mientras que se producirían posibles efectos no cancerígenos cuando HQ > 1.

HQ ≤ 1	Poca probabilidad de daño de exposición.
HQ > 1	Existe un riesgo potencial para la salud.

II.3.2.4. Índice de riesgo para la salud (HI)

El índice de riego se calcula para estimar los efectos no cancerígenos potenciales totales sobre la salud causados por la exposición a una mezcla de metales en productos cosméticos. El HI supone que la exposición a múltiples metales produce

efectos aditivos. La fórmula utilizada para calcular este índice es la siguiente:

Fórmula 4. Índice de riesgo

$$HI = \sum HQ = HQ_{Cd} + HQ_{Hg}$$

Si:

- HI <1 Poco riesgo de efectos adversos en la salud humana.
- HI > 1 Existe posibilidad de efectos no cancerígenos en la salud humana, se considera no seguro para la salud humana.

II.4. Glosario de términos

II.4.1. Notificación Sanitaria Obligatoria: "e*s la comunicación mediante la cual el interesado informa a las autoridades nacionales competentes, bajo declaración jurada, que un producto cosmético será comercializado, y dicha comercialización deberá ser posterior a la fecha de asignación del código de la NSO por parte de la autoridad nacional competente del país miembro donde se realiza la notificación"*[5].

II.4.2. Sistema Integrado de Información de Riesgos (IRIS): es una base de datos de la EPA que contiene RfD verificados y factores de pendiente e información actualizada sobre riesgos para la salud y reglamentaciones de la EPA para numerosos productos químicos. IRIS es la fuente preferida de la EPA para obtener información sobre toxicidad para Superfund[46, 47].

II.4.3. Exposición: es el contacto de un organismo con un agente químico o físico. La exposición se cuantifica como la cantidad del agente disponible en los límites de intercambio del organismo (por ejemplo, piel, pulmones, intestino) y disponible para absorción[46, 47].

II.4.4. Vía de exposición: es el recorrido que sigue un agente químico o físico desde una fuente hasta un organismo expuesto. Una vía de exposición describe un mecanismo único por el cual un individuo o

población está expuesto a sustancias químicas o agentes físicos en un sitio o que se originan en él. Cada vía de exposición incluye una fuente o liberación de una fuente, un punto de exposición y una ruta de exposición[46, 47].

II.4.5. Dosis de referencia (RfD): es el valor de toxicidad preferido de la agencia para evaluar los efectos no cancerígenos resultados de exposiciones en sitios Superfund[46, 47].

II.4.6. Cociente de peligro (HQ): es la relación entre el nivel de exposición de una sola sustancia durante un período de tiempo específico y una dosis de referencia para esa sustancia derivada de un período de exposición similar[46, 47].

II.4.7. Índice de riesgo (HI): es la suma de más de un cociente de peligro para múltiples sustancias y/o múltiples vías de exposición. El HI se calcula por separado para exposiciones crónicas, subcrónicas y de menor duración[46, 47].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis

Las concentraciones de cadmio y mercurio presentes en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima constituyen un riesgo para la salud de los consumidores.

III.2. Variables

III.2.1. Variable dependiente

Concentración de cadmio y mercurio

Riesgo para la salud del consumidor

III.2.2. Variable independiente

Lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima.

III.3. Operacionalización de variables

Tabla 11. Operacionalización de variables.

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINIR	INDICADOR	CATEGORÍAS	CRITERIOS DE MEDICIÓN DE LAS CATEGORÍAS	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Determinar el contenido de cadmio y mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima y evaluar su riesgo a la salud en los consumidores.	**Variable independiente:** Lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima.	**Lápices labiales:** son productos cosméticos de forma sólida constituida por una base grasa en la que se incorporan colorantes.	Marca	MLL1 MLL2 MLL3 MLL4 MLL5 MLL6 MLL7 MLL8 MLL9 MLL10	No aplica	Cualitativa	Razón	Boletas de compra.
			Color	CM CN CR				
	Variable dependiente: Concentración de cadmio y mercurio y riesgo para la salud del consumidor.	**Concentración de cadmio:** cantidad de cadmio presente en una unidad de lápiz labial.	[Cd]= (X x L) / W	ppm	< 0,005 ppm (FDA) < 0,1 ppm (BVL)	Cuantitativa continua	Razón	Análisis por espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito. (GFAAS).
		Concentración de mercurio: cantidad de mercurio presente	[Hg]= (Y x L) / W	ppm	< 1 ppm (FDA)	Cuantitativa continua	Razón	Análisis por espectrofotometría de absorción

	en una unidad de lápiz labial.		< 0,1 ppm (BVL)			atómica con generador de hidruros por vapor frio.
	El Índice de Riesgo (HI): calcula el riesgo total de los elementos estudiados.	$HI=HQ_{Cd} + HQ_{Hg}$ HI	> 1 Existe posibilidad de efectos adversos. < 1 Poco riesgo de efectos adversos en la salud humana.	Cuantitativa continua	Razón	Programa estadístico Statgraphics Centurion y la metodología propuesta por la USEPA para la evaluación del riesgo a la salud.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2023.

Donde:

[Cd]: Concentración de cadmio (ppm)

[Hg]: Concentración de mercurio (ppm)

X: Valor de la concentración de cadmio en fiola de análisis (mg/L)

Y: Valor de la concentración de mercurio en fiola de análisis (mg/L)

L: Volumen de la fiola (L)

W: Peso de la muestra de análisis (kg)

HI: Índice de riesgo

HQ: Cociente de peligro

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio

País: Perú

Departamento: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Cercado de Lima

Coordenadas: 12° 03′ 00″ S, 77° 01′ 34″ O

IV.2. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, de diseño observacional, de alcance descriptivo correlacional, de corte transversal y de enfoque cuantitativo.

IV.3. Período de estudio

La recolección de muestras de lápices labiales se realizó en el mes de febrero de 2023; mientras que la cuantificación de cadmio y mercurio se realizaron durante los meses de marzo a mayo de 2023.

IV.4. Población y muestra

Las muestras fueron lápices labiales comercializados en los siguientes centros comerciales: Galería Mercado Central, Galería Tradición, Galería Mesa Redonda y Galería Santa Catalina; ubicadas en el distrito de Cercado de Lima, en la provincia y departamento de Lima.

La población y datos considerados para el análisis de riesgo a la salud fueron obtenidos de fuentes de información.

IV.5. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

IV.5.1. Recolección de muestras

Se recolectaron treinta muestras de lápices labiales comprendidas por 10 marcas y 3 colores por cada marca. Posteriormente estas fueron trasladadas para su análisis al laboratorio del Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la Gestión Ambiental

(CICOTOX) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Los lápices labiales fueron codificados con las letras "MLL" seguidas de números del uno al diez (MLL1, MLL2, MLL3, MLL4, MLL5, MLL6, MLL7, MLL8, MLL9 y MLL10), donde "MLL" corresponde a "Muestra de Lápiz Labial" y los números del 1 al 10 representan las marcas recolectadas. Los colores se codificaron con las letras CM, CN y CR, representando los colores marrones, nude y rojos, respectivamente, de cada marca (ver Anexo X.2).

IV.5.2. Acondicionamiento de muestras

Para el acondicionamiento de las muestras de lápices labiales, realizamos el siguiente procedimiento:

1. Nos colocamos los implementos adecuados para ingresar al laboratorio: mandil, toca y guantes.
2. Preparamos el área de trabajo, luego procedimos a la codificación de muestras y rotulación de las bolsas Ziploc.
3. Las muestras correctamente acondicionadas fueron entregadas al analista de turno del laboratorio de CICOTOX para su respectivo análisis.



Figura 7. Acondicionamiento de las muestras de lápices labiales.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2023.

IV.5.3. Equipos, materiales y reactivos

IV.5.3.1. Equipos

1) Equipo espectrofotómetro de absorción atómica, marca y modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con horno de grafito

2) Equipo espectrofotómetro de absorción atómica, marca y modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con bomba peristáltica (VP100)
3) Balanza analítica, marca RAGDAW
4) Equipo centrifugador, marca ROTOFIX 32A
5) Plancha de calentamiento
6) Mufla
7) Baño María

IV.5.3.2. Materiales

1) Micropipetas 10 - 100 µL, 100 - 1000 µL
2) Cubas plásticas de 1,5 mL
3) Fiolas de 10, 25, 50 y 100 mL
4) Micropipetas 10 - 100 µL, 100 - 1000 µL
5) Tubos de ensayo
6) Gradillas
7) Papel filtro N° 54

IV.5.3.3. Reactivos y estándares

1) Ácido nítrico 68 - 70 % purificado
2) Solución ácido nítrico concentrado
3) Solución ácido nítrico al 10 %
4) Solución ácido clorhídrico al 10 %
5) Solución patrón de cadmio de 1000 mg/L
6) Peróxido de hidrógeno al 30 %
7) Tritón X-100 al 5 %
8) Solución patrón de mercurio de 1000 mg/L
9) Gas argón UHP (Ultra High Purity)

Todos los reactivos utilizados especificaron "Para análisis" y el agua fue ultrapura.



Figura 8. Equipo espectrofotómetro de absorción atómica, modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con bomba peristáltica (VP100).
Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

IV.5.4. Determinación de cadmio

IV.5.4.1. Método espectrofotométrico

Para la determinación del cadmio se realizó el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito (GFAAS)[35].

IV.5.4.2. Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación:

1. A partir de una solución stock de 1000 ppm de cadmio se preparó una solución patrón de 100 ppm.
2. A partir de esa solución patrón, se preparó una solución de 10 ppm de cadmio (se toma 10 mL de 100 ppm en fiola de 100 mL, con enrase de ácido nítrico al 10 % (v/v).
3. Finalmente, de esa última solución (10 ppm), se tomó 1 mL que fue transferida a una fiola de 100 mL, con enrase de ácido clorhídrico al 10 % (v/v). La concentración fue de 100 ppb.
4. A partir de la solución de 100 ppb, se preparó las siguientes concentraciones: 4, 6 y 8 ppb de estándar de cadmio, y se empleó agua ultrapura para enrase.

IV.5.4.3. Condiciones espectrofotométricas

1) Longitud de onda: 228,8 nm
2) Flujo de gas argón: 2 L/min
3) Ranura (slit): 1 nm
4) Corrección de fondo: lámpara de deuterio (D2)
5) Corriente de lámpara: 8 mA
6) Tubo de grafito: normal
7) Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco de cadmio
8) Medida de señal: área del pico
9) Volumen de muestra: 20 µL

Tabla 12. Rampa de calentamiento del horno grafito.

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Rampa (°C/s)	Flujo del gas
1	100	30,0	10	0,2 L/min
2	800	20,0	150	0,2 L/min
3	1000	3,0	0	Apagado
7	2500	3,0	0	0,2 L/min

Fuente: Elaboración propia, mayo 2023. Donde: 1 min = 60 s.

IV.5.4.4. Resultados de la curva de calibración

Los resultados de la curva de calibración se pueden observar en la Tabla 13.

Tabla 13. Concentración vs. Absorbancia de estándares de cadmio.

Identificación	Concentración de cadmio	Absorbancia
Blanco	0,00 µg/L	0,006
Estándar de cadmio 1	4,00 µg/L	0,262
Estándar de cadmio 2	6,00 µg/L	0,365
Estándar de cadmio 3	8,00 µg/L	0,508

Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

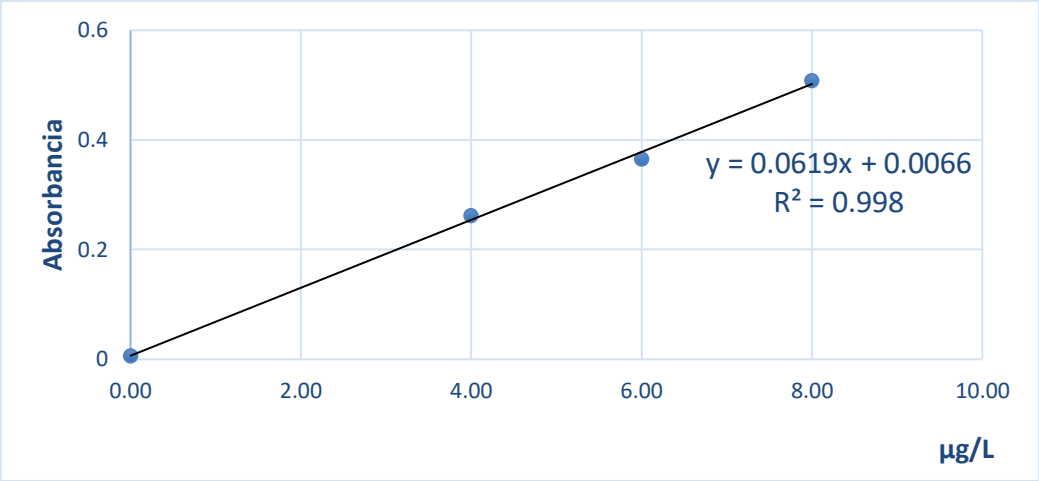

Figura 9. Curva de calibración de estándares de cadmio.

Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

IV.5.4.5. Preparación de muestras

1. Se pesó 500 miligramos de la muestra y luego se transfirió a un crisol de porcelana (Figura 10).
2. Estos crisoles fueron colocados en la mufla para la incineración de las muestras, la temperatura se elevó gradualmente hasta llegar a 550 °C, con el objetivo de conseguir un residuo libre de materia orgánica (Figura 11).
3. Una vez obtenido el residuo, se le añadieron 15 mL de ácido nítrico concentrado y se sometió a calentamiento a 150 °C para eliminar restos de óxidos durante aproximadamente 2 horas.



Figura 10. Pesado de muestras de lápices labiales.

Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.



Figura 11. Digestión de muestras de lápices labiales.
Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

4. Luego se retiró de la plancha de calentamiento y se dejó enfriar a temperatura ambiente.



Figura 12. Muestras de lápices labiales digestadas a temperatura ambiente.
Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

5. Después de haber enfriado, se filtró con agua ultrapura. Luego se transfirió a una fiola de 100 mL y se enrasó con agua ultrapura.



Figura 13. Filtración de muestras de lápices labiales digestadas.

Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

6. Finalmente se procedió a realizar las lecturas.

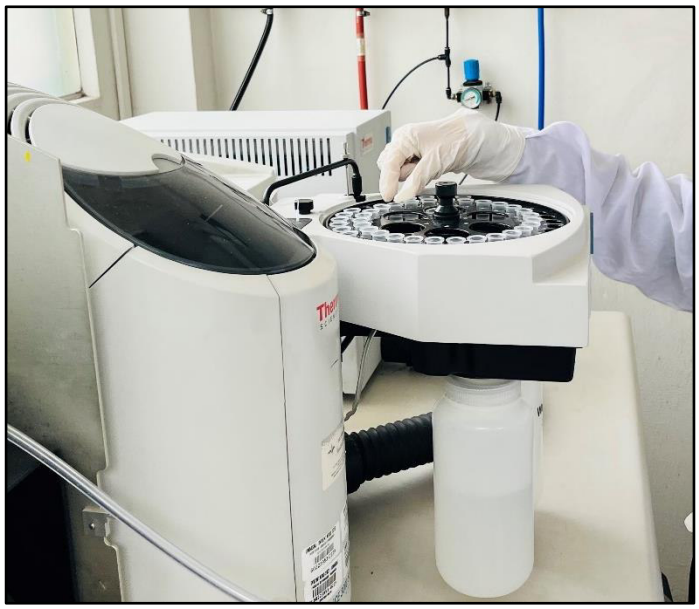

Figura 14. Automuestreador del espectrofotómetro de absorción atómica.

Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

IV.5.4.6. Lectura

Las muestras fueron colocadas en pocillos de 1,5 mL en el carrusel del automuestreador. La secuencia incluyó un blanco, los tres estándares de cadmio y muestras por medio del automuestreador. Se empleó gas argón como agente de

arrastre y agua ultrapura como solución de lavado. Luego se procedió a leer bajo las condiciones espectrofotométricas según el punto IV.5.4.3.

IV.5.5. Determinación de mercurio

IV.5.5.1. Método espectrofotométrico

Para la determinación del mercurio se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros por vapor frío[36].

IV.5.5.2. Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon de la siguiente manera:

A partir de una solución stock de 1000 ppm de mercurio se preparó una solución patrón de 1 ppm (se toma 0,1 mL de 1000 ppm en fiola de 100 mL, con enrase de agua ultrapura). Luego a partir de esa solución de 1 ppm, se preparó las siguientes concentraciones: 6, 8, 10 y 40 ppb de estándar de mercurio, se empleó agua ultrapura para enrase

IV.5.5.3. Condiciones espectrofotométricas

1) Longitud de onda: 253,7 nm.
2) Flujo de gas argón: 25 mL/min.
3) Ranura (slit): 0,5 nm.
4) Corrección de fondo: lámpara de deuterio (D2)
5) Corriente de lámpara: 75 mA.
6) Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco de mercurio.
7) Medida de señal: área del pico.
8) Volumen de muestra: 500 µL
9) Temperatura de atomización: 300 °C
10) Velocidad de bomba: 20 RPM (revoluciones por minuto)
11) Agente reductor: $NaBH_4$ 1 % + 0,5 w/v NaOH
12) Agente ácido: HCl 5 %

IV.5.5.4. Resultados de la curva de calibración

Los resultados de la curva de calibración se pueden observar en la Tabla 14.

Tabla 14. Concentración vs. Absorbancia de estándares de mercurio.

Identificación	Concentración de mercurio	Absorbancia
Blanco	0,00 µg/L	-0,012
Estándar de mercurio 1	6,00 µg/L	0,028
Estándar de mercurio 2	8,00 µg/L	0,055
Estándar de mercurio 3	10,00 µg/L	0,082
Estándar de mercurio 4	40,00 µg/L	0,347

Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

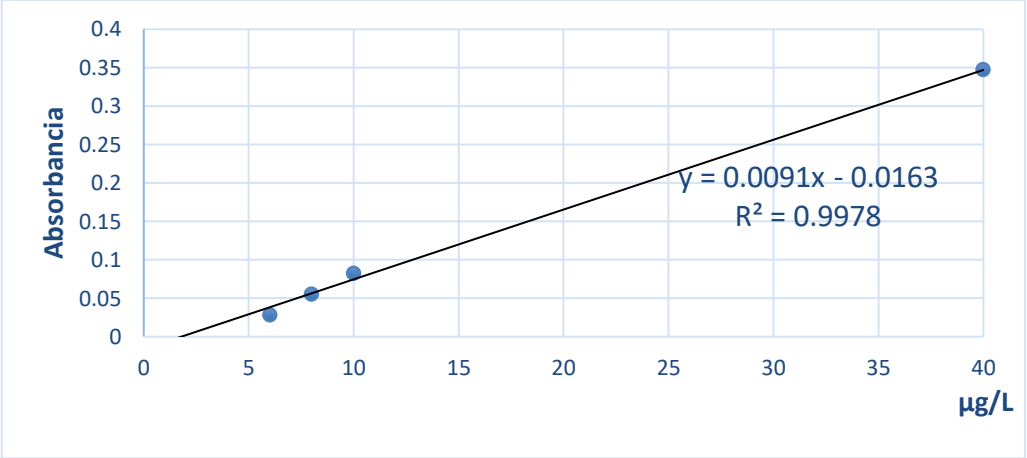

Figura 15. Curva de calibración de estándares de mercurio.

Fuente: Elaboración propia, mayo 2023.

IV.5.5.5. Preparación de las muestras

1. Se pesaron 500 miligramos de la muestra y se transfirieron a un tubo de ensayo.



Figura 16. Pesado de muestras de lápices labiales.
Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

2. Se añadieron 5 mL de ácido nítrico al 70 %, 5 mL de peróxido de hidrógeno al 30 % y 1 mL de Tritón X-100 al 5 % al tubo de ensayo que contenía la muestra, con el objetivo de lograr un residuo libre de materia orgánica.
3. Se procedió con la digestión a temperatura ambiente por 24 horas.



Figura 17. Muestras de lápices labiales en digestión.
Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

4. Posteriormente, se colocaron los tubos en Baño María a 95 °C por 3 horas.

5. Después de retirarlo del Baño María se dejaron enfriar a temperatura ambiente.
6. Luego los tubos se centrifugaron a 300 RPM por 5 minutos.



Figura 18. Centrifugado de muestras de lápices labiales digestadas.
Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

7. Finalmente, el sobrenadante fue filtrado a través de papel filtro N° 54 con agua ultrapura. Luego, se transfirió a una fiola de 50 mL y se enrasó con agua ultrapura.
8. Se procedió a realizar las lecturas.



Figura 19. Muestras de lápices labiales centrifugadas.
Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.



Figura 20. Filtración del sobrenadante.

Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

IV.5.6. Lectura

Se colocó una secuencia de blanco, los cuatro estándares de mercurio y los tubos de muestra en secuencia según su codificación. Se utilizó gas argón como arrastre y agua ultrapura como solución de lavado. Luego, se procedió a leer bajo las condiciones espectrofotométricas según el punto IV.5.5.3.

IV.6. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizaron el programa Microsoft Excel 2010 y el programa estadístico Statgraphics Centurion. Y las estimaciones se realizaron usando la metodología propuesta por la USEPA para la evaluación del riesgo a la salud.

V. RESULTADOS

V.1. Presentación y análisis de los resultados de cadmio

Los resultados de las concentraciones de cadmio en 30 muestras de lápices labiales y su comparación con los límites permisibles por la Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania (BVL) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de las concentraciones de cadmio y su comparación con los límites permisibles según lo establecido por FDA y BVL.

N°	Códigos de las muestras	[Cd] ppm	FDA (< 0,005 ppm)	BVL (< 0,1 ppm)
1	MLL1CM	0,060	NO CONFORME	CONFORME
2	MLL1CN	0,106	NO CONFORME	NO CONFORME
3	MLL1CR	0,023	NO CONFORME	CONFORME
4	MLL2CM	0,007	NO CONFORME	CONFORME
5	MLL2CN	0,029	NO CONFORME	CONFORME
6	MLL2CR	0,013	NO CONFORME	CONFORME
7	MLL3CM	0,003	CONFORME	CONFORME
8	MLL3CN	0,013	NO CONFORME	CONFORME
9	MLL3CR	0,033	NO CONFORME	CONFORME
10	MLL4CM	0,024	NO CONFORME	CONFORME
11	MLL4CN	0,014	NO CONFORME	CONFORME
12	MLL4CR	0,006	NO CONFORME	CONFORME
13	MLL5CM	0,011	NO CONFORME	CONFORME
14	MLL5CN	0,008	NO CONFORME	CONFORME
15	MLL5CR	N.D.	-	CONFORME
16	MLL6CM	13,482	NO CONFORME	NO CONFORME
17	MLL6CN	5,581	NO CONFORME	NO CONFORME
18	MLL6CR	0,916	NO CONFORME	NO CONFORME
19	MLL7CM	0,020	NO CONFORME	CONFORME
20	MLL7CN	0,007	NO CONFORME	CONFORME
21	MLL7CR	0,056	NO CONFORME	CONFORME
22	MLL8CM	0,015	NO CONFORME	CONFORME
23	MLL8CN	0,012	NO CONFORME	CONFORME
24	MLL8CR	0,008	NO CONFORME	CONFORME
25	MLL9CM	0,010	NO CONFORME	CONFORME
26	MLL9CN	0,012	NO CONFORME	CONFORME
27	MLL9CR	0,005	CONFORME	CONFORME
28	MLL10CM	0,145	NO CONFORME	NO CONFORME
29	MLL10CN	0,287	NO CONFORME	NO CONFORME
30	MLL10CR	0,054	NO CONFORME	CONFORME

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024. N.D.: No Detectable.

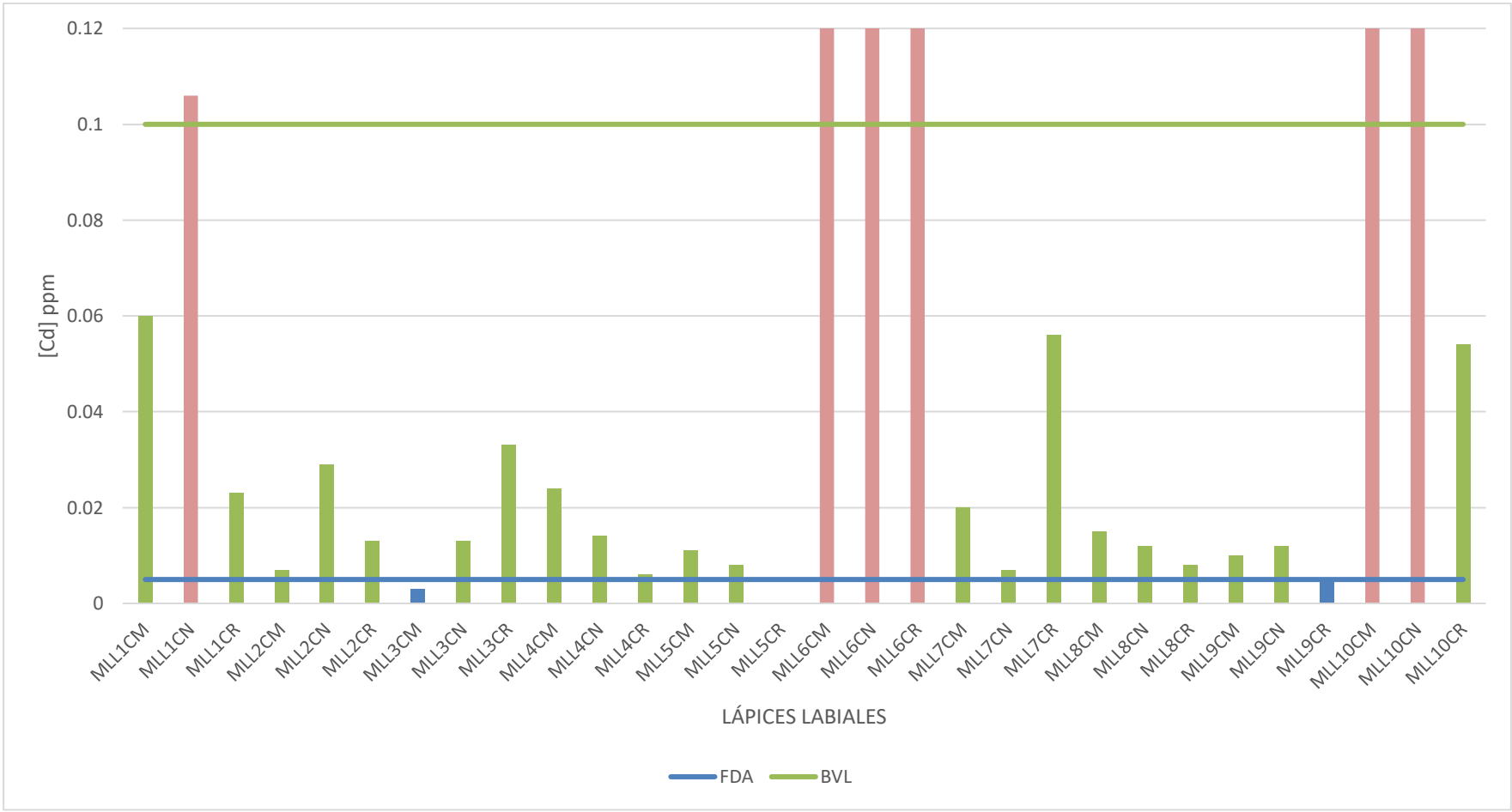

Figura 21. Límites permisibles de cadmio según lo establecido por BVL y FDA.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

De los datos de la Tabla 15 se obtuvo el promedio de las concentraciones de cadmio 0,699 ± 2,577. Datos expresados como Media ± Desviación Estándar (n = 30).

En la Figura 21 se evidencia que la muestra MLL1CN, MLL6CM, MLL6CN, MLL6CR, MLL10CM y MLL10CN presentan concentraciones que sobrepasan los límites permisibles por la BVL; mientras que las muestras MLL3CM y MLL9CR son las únicas que están dentro del límite permisible para la FDA.

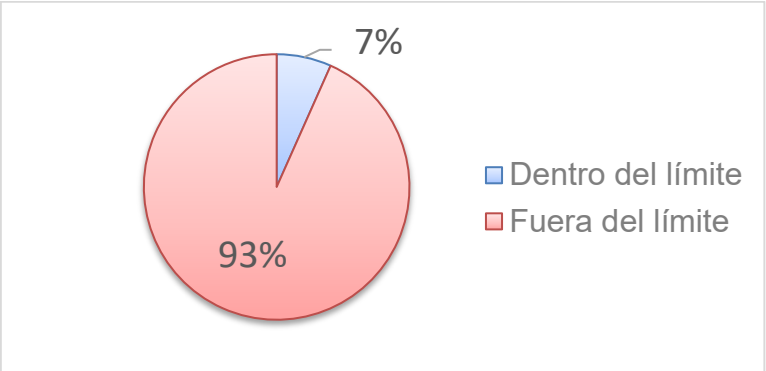

Figura 22. Porcentaje de los valores de cadmio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la FDA.
Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

Los valores de cadmio en los lápices labiales que están dentro del límite permisible por la FDA (0,005 ppm) representan el 7 % del total de las muestras de lápices labiales.

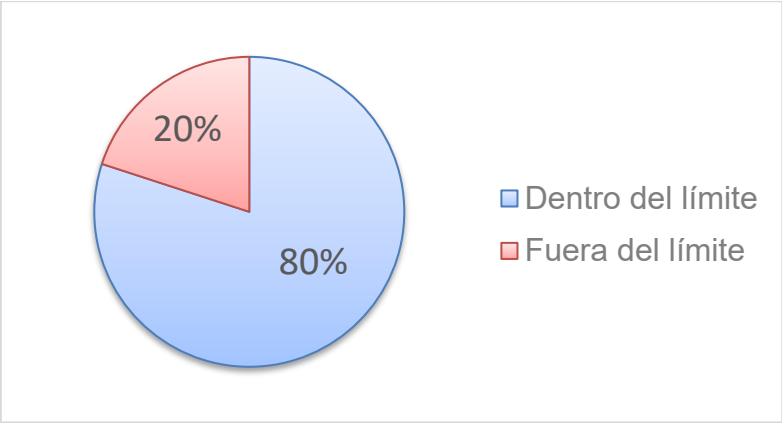

Figura 23. Porcentaje de los valores de cadmio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la BVL.
Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

Los valores de cadmio en los lápices labiales que están dentro del límite permisible por la BVL (0,1 ppm) representan el 80 % del total de las muestras de lápices labiales.

Tabla 16. Contenido de cadmio en las muestras de lápices labiales

Muestras	$\bar{x}$ (ppm)	Límite inferior	Límite superior	Rango
MLL1	0,063	0,023	0,106	0,083
MLL2	0,016	0,007	0,029	0,022
MLL3	0,016	0,003	0,033	0,030
MLL4	0,015	0,006	0,024	0,018
MLL5	0,006	0,000	0,011	0,011
MLL6	6,660	0,916	13,482	12,566
MLL7	0,028	0,007	0,056	0,049
MLL8	0,012	0,008	0,015	0,007
MLL9	0,009	0,005	0,012	0,007
MLL10	0,162	0,054	0,287	0,233

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

La Tabla 16 muestra que, la marca MLL6 presenta el mayor contenido de cadmio (6,660 ppm), el menor valor de la marca es 0,916 ppm y el máximo valor es de 13,482 ppm. Las demás marcas presentan valores muy inferiores a 1 ppm. Los resultados de las muestras de lápices labiales de todas las marcas presentan alta variabilidad, siendo en la marca MLL6 el mayor coeficiente de variación (95,38 %).

V.2. Presentación y análisis de los resultados de mercurio

Los resultados de las concentraciones de mercurio en 30 muestras de lápices labiales y su comparación con los límites permisibles por la Oficina Federal de Protección al Consumidor y Seguridad Alimentaria de Alemania (BVL) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) se muestran en la Tabla 16.

Tabla 17. Resultados de las concentraciones de mercurio y su comparación con los límites permisibles según lo establecido por FDA y BVL.

N°	Códigos de las muestras	[Hg] ppm	FDA (< 1 ppm)	BVL (< 0,1 ppm)
1	MLL1CM	0,228	CONFORME	NO CONFORME
2	MLL1CN	0,181	CONFORME	NO CONFORME
3	MLL1CR	0,570	CONFORME	NO CONFORME
4	MLL2CM	0,372	CONFORME	NO CONFORME
5	MLL2CN	0,327	CONFORME	NO CONFORME
6	MLL2CR	0,380	CONFORME	NO CONFORME
7	MLL3CM	0,107	CONFORME	NO CONFORME
8	MLL3CN	0,118	CONFORME	NO CONFORME
9	MLL3CR	0,275	CONFORME	NO CONFORME
10	MLL4CM	0,130	CONFORME	NO CONFORME
11	MLL4CN	0,514	CONFORME	NO CONFORME
12	MLL4CR	0,391	CONFORME	NO CONFORME
13	MLL5CM	0,436	CONFORME	NO CONFORME
14	MLL5CN	0,606	CONFORME	NO CONFORME
15	MLL5CR	0,456	CONFORME	NO CONFORME
16	MLL6CM	0,079	CONFORME	CONFORME
17	MLL6CN	0,082	CONFORME	CONFORME
18	MLL6CR	0,130	CONFORME	NO CONFORME
19	MLL7CM	0,052	CONFORME	CONFORME
20	MLL7CN	0,306	CONFORME	NO CONFORME
21	MLL7CR	0,326	CONFORME	NO CONFORME
22	MLL8CM	0,241	CONFORME	NO CONFORME
23	MLL8CN	0,159	CONFORME	NO CONFORME
24	MLL8CR	0,172	CONFORME	NO CONFORME
25	MLL9CM	0,176	CONFORME	NO CONFORME
26	MLL9CN	0,171	CONFORME	NO CONFORME
27	MLL9CR	0,135	CONFORME	NO CONFORME
28	MLL10CM	0,220	CONFORME	NO CONFORME
29	MLL10CN	0,133	CONFORME	NO CONFORME
30	MLL10CR	0,140	CONFORME	NO CONFORME

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

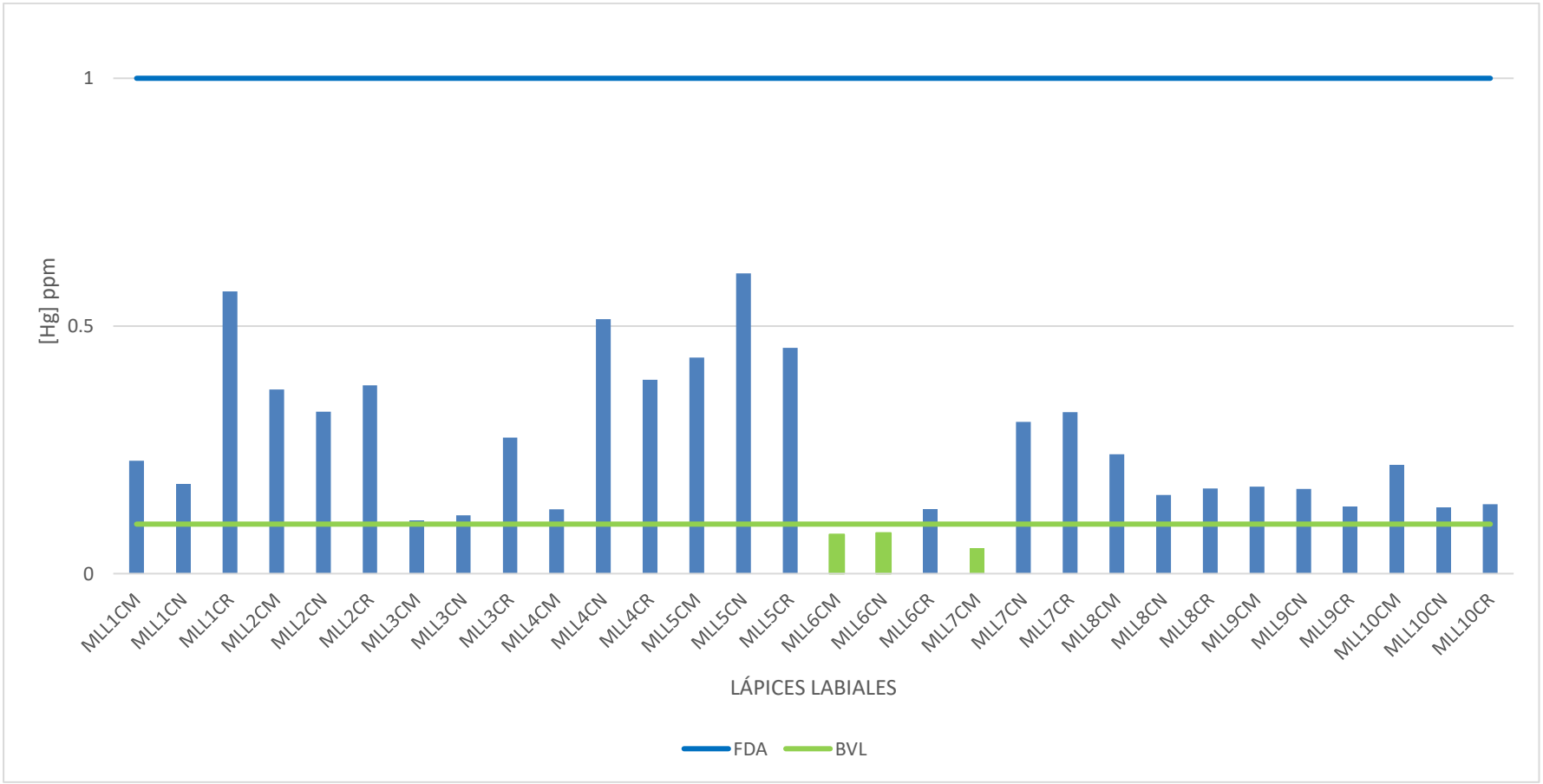

Figura 24. Límites permisibles de mercurio según lo establecido por BVL y FDA.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

De los datos de la Tabla 17 se obtuvo el promedio de las concentraciones de mercurio 0,254 ± 0,150. Datos expresados como Media ± Desviación Estándar (n = 30).

En la Figura 24 se observa que todas las muestras están dentro del límite permisible por la FDA; mientras que para el límite permisible por la BVL solo las muestras MLL6CM, MLL6CN y MLL7CM las cumplen.

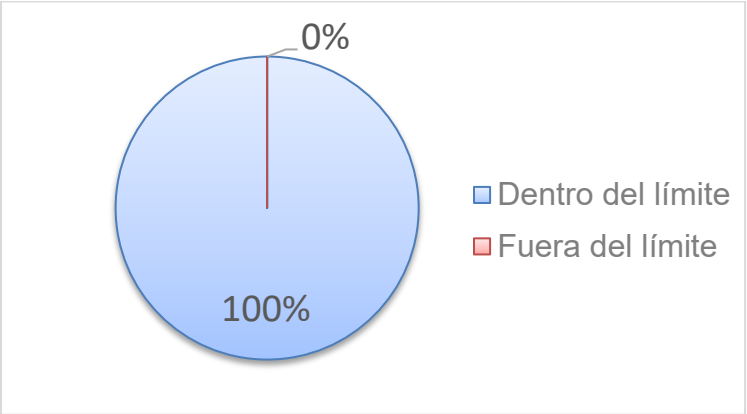

Figura 25. Porcentaje de los valores de mercurio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la FDA.
Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

Los valores de mercurio en los lápices labiales que están dentro del límite permisible por la FDA (1 ppm) representan el 100 % del total de las muestras de lápices labiales.

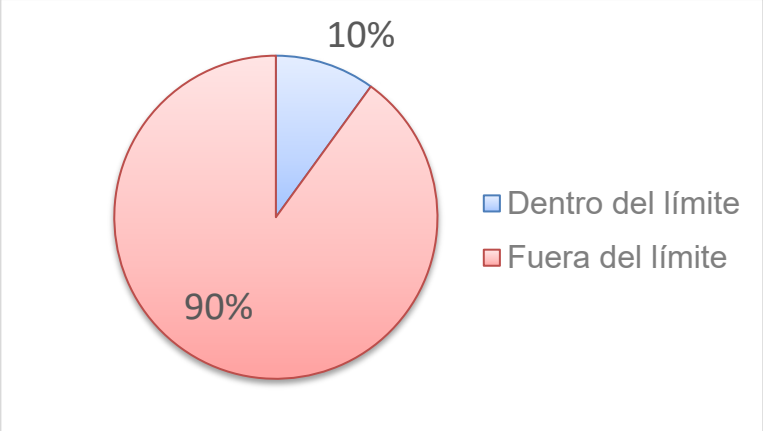

Figura 26. Porcentaje de los valores de mercurio que están dentro del límite permisible según lo establecido por la BVL.
Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

Los valores de mercurio en los lápices labiales que están dentro del límite permisible por la BVL (0,1 ppm) representan el 10 % del total de las muestras de lápices labiales.

Tabla 18. Contenido de mercurio en las muestras de lápices labiales

Muestras	$\bar{x}$ ± DS (ppm)	Límite inferior	Límite superior	Rango
MLL1	0,326 ± 0,212^{ab}	0,181	0,570	0,389
MLL2	0,360 ± 0,029^{ab}	0,327	0,380	0,053
MLL3	0,167 ± 0,093^{b}	0,107	0,275	0,168
MLL4	0,345 ± 0,196^{ab}	0,130	0,514	0,384
MLL5	0,499 ± 0,093^{a}	0,436	0,606	0,170
MLL6	0,097 ± 0,029^{b}	0,079	0,130	0,051
MLL7	0,228 ± 0,153^{ab}	0,052	0,326	0,274
MLL8	0,191 ± 0,044^{ab}	0,159	0,241	0,082
MLL9	0,161 ± 0,022^{b}	0,135	0,176	0,041
MLL10	0,164 ± 0,048^{b}	0,133	0,220	0,087

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

Datos expresados como Media ± Desviación Estándar (n = 3). Los superíndices (a, ab y b) en una columna indican diferencias significativas en los contenidos de mercurios entre las muestras según la prueba estadística Tukey ($p < 0,05$).

En la Tabla 18 se muestra que, existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias del contenido de mercurio en las muestras. La marca MLL5 presenta la mayor cantidad de mercurio (0,499 ± 0,093 ppm), seguida por las muestras MLL1, MLL2, MLL4, MLL7 y MLL8; el menor valor presenta las marcas MLL3, MLL6, MLL9 y MLL10. Las muestras MLL1, MLL3, MLL4 y MLL7 presentan mayor variabilidad y la muestra MLL2 presenta la menor variabilidad (coeficiente de variación: 7,94 %).

V.3. Evaluación del índice de riesgo para la salud humana, respecto a las concentraciones de cadmio y mercurio en lápices labiales.

Tabla 19. Cociente de peligro para Cd y Hg e índice de riesgo total.

N°	Códigos de las muestras	HQ Cd (x 10^{-3})	HQ Hg (x 10^{-3})	HI (x 10^{-3})
1	MLL1CM	0,038	0,478	0,516
2	MLL1CN	0,067	0,380	0,447
3	MLL1CR	0,014	1,196	1,211
4	MLL2CM	0,004	0,781	0,785
5	MLL2CN	0,018	0,686	0,704
6	MLL2CR	0,008	0,797	0,806
7	MLL3CM	0,002	0,225	0,226
8	MLL3CN	0,008	0,248	0,256
9	MLL3CR	0,021	0,577	0,598
10	MLL4CM	0,015	0,273	0,288
11	MLL4CN	0,009	1,079	1,087
12	MLL4CR	0,004	0,820	0,824
13	MLL5CM	0,007	0,915	0,922
14	MLL5CN	0,005	1,272	1,277
15	MLL5CR	0,000	0,957	0,957
16	MLL6CM	8,487	0,166	8,653
17	MLL6CN	3,513	0,172	3,685
18	MLL6CR	0,577	0,273	0,849
19	MLL7CM	0,013	0,109	0,122
20	MLL7CN	0,004	0,642	0,646
21	MLL7CR	0,035	0,684	0,719
22	MLL8CM	0,009	0,506	0,515
23	MLL8CN	0,008	0,334	0,341
24	MLL8CR	0,005	0,361	0,366
25	MLL9CM	0,006	0,369	0,376
26	MLL9CN	0,008	0,359	0,366
27	MLL9CR	0,003	0,283	0,286
28	MLL10CM	0,091	0,462	0,553
29	MLL10CN	0,181	0,279	0,460
30	MLL10CR	0,034	0,294	0,328

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

De los datos de la tabla 19 se obtuvo la media de HI 0,972 x 10^{-3} ± 1,532 x 10^{-3} (n = 30). Los HI mostrados en la Tabla 19 se calcularon con la Fórmula 4 y los HQ con la Fórmula 3. Ver Anexo X.5.

Tabla 20. Cociente de peligro para cadmio (HQ Cd).

Muestras	$\bar{x}$ (x 10^{-3})	Límite inferior (x 10^{-3})	Límite superior (x 10^{-3})	Rango (x 10^{-3})
MLL1	0,040	0,014	0,067	0,052
MLL2	0,010	0,004	0,018	0,014
MLL3	0,010	0,002	0,021	0,019
MLL4	0,009	0,004	0,015	0,011
MLL5	0,004	0,000	0,007	0,007
MLL6	4,192	0,577	8,486	7,910
MLL7	0,017	0,004	0,035	0,031
MLL8	0,007	0,005	0,009	0,004
MLL9	0,006	0,003	0,008	0,004
MLL10	0,102	0,034	0,181	0,147

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

Tabla 21. Cociente de peligro para mercurio (HQ Hg).

Muestras	$\bar{x}$ (x 10^{-3})	Límite inferior (x 10^{-3})	Límite superior (x 10^{-3})	Rango (x 10^{-3})
MLL1	0,685	0,380	1,196	0,816
MLL2	0,755	0,686	0,797	0,111
MLL3	0,350	0,225	0,577	0,353
MLL4	0,724	0,273	1,079	0,806
MLL5	1,048	0,915	1,272	0,358
MLL6	0,203	0,168	0,273	0,107
MLL7	0,478	0,109	0,684	0,575
MLL8	0,400	0,334	0,506	0,172
MLL9	0,337	0,283	0,369	0,086
MLL10	0,344	0,279	0,462	0,183

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

En la Tabla 20 se evidencia que, la muestra MLL6 presenta el mayor cociente de peligro (4,192 x 10^{-3}) siendo el más cercano a 1, las demás muestras presentan HQ Cd menores a 1. Los resultados de las muestras de todas las marcas presentan alta variabilidad, siendo el más alto de la marca MLL6 (coeficiente de variación: 95,38 %).

En la Tabla 21 se observa que, la muestra MLL5 presenta el mayor índice de riesgo (1,048 x 10^{-3}), las demás muestras presentan HQ Hg menores a 1. Los resultados de las muestras de las marcas MLL1, MLL3, MLL4, MLL6 y MLL7 presentan la mayor variabilidad y la muestra MLL2 presenta la menor variabilidad (coeficiente de variación: 7,94 %).

Tabla 22. Índice de riesgo para la salud (HI).

Muestras	$\bar{x}$ (x 10^{-3})	Límite inferior (x 10^{-3})	Límite superior (x 10^{-3})	Rango (x 10^{-3})
MLL1	0,724	0,447	1,210	0,764
MLL2	0,765	0,704	0,806	0,101
MLL3	0,360	0,226	0,598	0,371
MLL4	0,733	0,288	1,087	0,799
MLL5	1,052	0,922	1,277	0,355
MLL6	4,396	0,849	8,652	7,803
MLL7	0,496	0,122	0,719	0,598
MLL8	0,407	0,341	0,515	0,173
MLL9	0,343	0,286	0,376	0,089
MLL10	0,447	0,328	0,553	0,225

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024.

En la Tabla 22 se observa que, las marcas MLL5 y MLL6 presentan el mayor índice de riesgo (1,052 x 10^{-3} y 4,396 x 10^{-3} respectivamente) siendo los más cercanos a 1, las demás muestras presentan HI menores a 1. Los resultados de las muestras de las marcas MLL1, MLL3, MLL4, MLL6 y MLL7 presentan la mayor variabilidad y las muestras de la marca MLL2 presenta la menor variabilidad (coeficiente de variación: 6,98 %).

VI. DISCUSIÓN

A partir de esta investigación evidenciamos la presencia de cadmio y mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del distrito de Cercado de Lima en febrero 2023.

Dichos análisis demostraron que, de las 30 muestras de lápices labiales, el 93 % presentan concentraciones de cadmio que sobrepasan los límites permisibles establecidos por la FDA (0,005 ppm), en cambio para los límites que establece la BVL (0,1 ppm) solo el 20 % de las muestras las incumplen. La marca MLL6 presenta el mayor contenido de cadmio con un promedio de 6,660 ppm, con un valor mínimo de 0,916 ppm y un máximo valor de 13,482 ppm. La marca con el menor contenido de cadmio fue la muestra MLL5 con un promedio de 0,006 ppm. En estudios similares se hallaron concentraciones de cadmio que sobrepasaban los límites de BVL tales como la de Mohammed et al.[34], quienes demostraron que las concentraciones de cadmio estudiadas en lápices labiales de marca fueron de 0,11 a 0,56 ppm y de 0,21 a 0,88 en las marcas de imitación. Así mismo Aryal et al.[35], reportó concentraciones de 0,01 ± 0,014 a 0,92 ± 0,009 mg/kg; y Rahman et al.[36], concentraciones de 0,001 - 0,196 mg/kg. Por el contrario, en su estudio Saadatzadeh et al.[38], determinó que todas las concentraciones de cadmio en diversos productos cosméticos tanto autorizados como no autorizados (lápices labiales, rímel, sombras de ojos y lápices de cejas) estuvieron dentro del rango de 0,009 - 0,013 µg/g; y García y Pezo[29], indicaron que el valor promedio de los niveles de cadmio fue 0,0029 ppm en 20 muestras de lápices labiales expendidas en el Mercado Central de lima Metropolitana.

Con respecto al mercurio, el 100 % de las muestras contiene concentraciones dentro del límite permisible por la FDA (1 ppm); aunque si las comparamos con los límites que establece la BVL (0,1 ppm), solo el 10 % del total de las muestras las cumplirían. Las concentraciones de mercurio halladas en esta investigación oscilan entre 0,052 y 0,606 ppm; siendo la marca MLL6 la que menor concentración de mercurio presenta con un promedio de 0,097 ppm y la marca MLL5 tiene la mayor concentración con un promedio de 0,499 ppm.

Los resultados de Hussein[53] mostraron la presencia de mercurio en todas las muestras estudiadas, entre ellas lápices labiales, con concentraciones que oscilaron entre 0,070 y 0,459 µg/mL, lo que se encuentra dentro del límite de seguridad establecido por la OMS (1 µg/mL) y FDA (1 ppm). Sin embargo,

Saadatzadeh et al.[38] mencionan en su estudio que las concentraciones de mercurio en tanto cosméticos autorizados como no autorizados estuvieron muy por debajo de los estándares de la BVL, por lo que no parece haber preocupación asociada con este elemento tóxico (rango de concentración de 0,008 a 0,038 µg/g).

Para evaluar el riesgo no cancerígeno a la salud se utilizaron el cociente de peligro (HQ) y el índice de peligro (HI) a partir de la Fórmula 2 y Fórmula 3 recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos[46]. En donde si HI > 1 se considera no seguro para la salud humana, es decir existe posibilidad de efectos adversos en la salud humana. Los valores de HQ más altos para cadmio y mercurio fueron la marca MLL6 (4,192 x 10^{-3}) y MLL5 (1,048 x 10^{-3}), respectivamente. El HI calculado estuvo en el rango de 0,343 x 10^{-3} a 4,396 x 10^{-3}. El mayor valor de HI se encontró en la marca MLL6 con 4,396 x 10^{-3} y el menor valor de HI en la marca MLL9 con 0,343 x 10^{-3}. Las diez marcas analizadas en esta investigación tuvieron valores de HQ y HI inferiores a 1, significa que es poco probable que se experimenten efectos adversos no cancerígenos en la salud humana.

En otros estudios de evaluación de riesgo a la salud en lápices labiales se halló HQ inferiores a 1, como en el estudio del 2019 de Ghaderpoori[54] con 1,05 x 10^{-3} para cadmio y 2,90 x 10^{-7} para mercurio. Mientras que Kulwa[37] refiere que solo un producto de su investigación tenía un HQ Hg de 1,63. Los niveles de riesgo observados son inferiores a 1, lo que sugiere que el riesgo no cancerígeno potencial es relativamente pequeño. Sin embargo, se sabe que los metales pesados son un tóxico potencial en forma acumulativa. Diversos estudios de la ATSDR[10] han demostrado acumulación de cadmio en los riñones debido a una exposición a dosis bajas durante un período prolongado, provocando daño renal en algunos casos donde los niveles fueron muy altos.

Los efectos en la salud humana por exposición al mercurio dependerán de varios factores como forma del mercurio, dosis, vía y duración de la exposición. Estos factores junto con la presencia de más de un metal pesado en el cosmético pueden aumentar el nivel de riesgo a la salud.

VII. CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de cadmio analizadas en 30 muestras de lápices labiales que fueron recolectadas en los centros comerciales del Cercado de Lima mostraron una media de 0,699 ± 2,577 ppm de cadmio en el lápiz labial.
2. Las concentraciones de mercurio analizadas en 30 muestras de lápices labiales que fueron recolectadas en los centros comerciales del Cercado de Lima mostraron una media de 0,254 ± 0,150 ppm de mercurio en el lápiz labial.
3. El promedio de las concentraciones de cadmio (0,699 ± 2,577 ppm) de las muestras de lápices labiales recolectadas en los centros comerciales del Cercado de Lima no se encuentran dentro de los límites permisibles conforme a las normativas de la FDA (< 0,005 ppm) ni de la BVL (< 0,1 ppm).
4. El promedio de las concentraciones de mercurio (0,254 ± 0,150 ppm) de las muestras de lápices labiales recolectadas en los centros comerciales del Cercado de Lima se encuentran dentro de los límites permisibles conforme a las normativas de la FDA (< 1 ppm), pero no se encuentra dentro del límite establecido por la BVL (< 0,1 ppm).
5. El índice de riesgo no cancerígeno hallado en las 30 muestras de lápices labiales analizadas es < 1; con una media de $0,972 \times 10^{-3} \pm 1,532 \times 10^{-3}$; por lo tanto, no representan un riesgo para la salud del consumidor con respecto a efectos adversos del cadmio y mercurio.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se debería realizar investigaciones de riesgo a la salud humana, entre ellos clínicos para determinar la exposición oral y dérmica de los metales pesados presentes en lápices labiales.
2. Es necesario que las autoridades de salud establezcan y programen inspecciones periódicas inopinadas a los centros comerciales del Cercado de Lima y otros lugares para corroborar que el NSO etiquetado en el producto de lápices labiales y otros productos cosméticos corresponda con la marca registrada en DIGEMID y cumpla los requerimientos exigidos por dicha entidad.
3. Se debería promover campañas de concientización sobre la compra y venta de productos cosméticos no autorizados para la población.
4. Incluir al color marrón y nude como criterio de inclusión en estudios de cuantificación de cadmio en lápices labiales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García P. El mercado de cosmética e higiene personal en Perú [Internet]. Lima: ICEX España; 2022 [citado el 15 de noviembre del 2023]. Disponible en: https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/065/documentos/2022/10/documentos-anexos/DOC2022915927_2.pdf
2. Bund B. Technically avoidable heavy metal contents in cosmetic products. J Consum Prot Food Saf [Internet]. 2017 [cited 2023 nov 18]; 12:51-53. Available from: https://doi.org/10.1007/s00003-016-1044-2
3. FDA. FDA's Testing of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury, and nickel content [Internet]. Silver Spring: FDA; 2022 [cited 2023 nov 20]. Available from: https://www.fda.gov/cosmetics/potential-contaminants-cosmetics/fdas-testing-cosmetics-arsenic-cadmium-chromium-cobalt-lead-mercury-and-nickel-content
4. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perfil Sociodemográfico del Perú - Informe Nacional [Internet]. Lima: INEI; 2018 [citado el 22 de noviembre del 2023]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
5. Decisión N° 516 - Armonización de legislación en materia de productos cosméticos. Folleto de Secretaría General de la CAN “Regulación de Cosméticos en la Comunidad Andina”, (8 de marzo de 2002).
6. Latarjet M, Ruiz L. Anatomía Humana. 5ta. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2019. 847 p.
7. Azcona L. Cosmética labial. Farmacia profesional [Internet]. 2008 [citado el 12 de diciembre del 2023]; 22 (2): 54-57. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-cosmetica-labial-13116005
8. Enghag P. Encyclopedia of the elements. Weinheim: Wiley-VCH; 2004. p. 777-04.
9. PubChem [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004. PubChem Element Summary for Atomic Number 48, Cadmium [cited 2023 dec 12]. Available from: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/element/Cadmium

10. ATSDR [Internet]. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública; 2012. Reseña Toxicológica del Cadmio [citado el 12 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html
11. Pérez G, Azcona C. Los efectos del cadmio en la salud. Rev Esp Méd-Quir [Internet]. 2012 [citado el 15 de diciembre del 2023]; 17 (3): 199-205. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47324564010
12. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. An Fac med [Internet]. 2002 [citado el 15 de diciembre del 2023]; 63 (1): 51-64. Disponible en: https://doi.org/10.15381/anales.v63i1.1477
13. OPSS UK. Office for Product Safety and Standards. A feasibility study investigating action limits for certain heavy metal impurities in cosmetic product [Internet]. Birmingham: LGC; 2023 [cited 2023 dec 15]. Available from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142990/heavy-metals-in-cosmetics.pdf
14. MINSA. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio [Internet]. Lima: MINSA; 2015 [citado el 16 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/320832-guia-de-practica-clinica-para-el-diagnostico-y-tratamiento-de-la-intoxicacion-por-cadmio
15. Falco G, Nadal L, Llobet M, Domingo R. Riesgo tóxico por metales presentes en los alimentos: Toxicología alimentaria [Internet]. Madrid: Díaz de Santos; 2012 [citado el 16 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=XjgaxZ6FY7QC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
16. Peña A, Arroyave A, Aristizábal H, Gómez H. Toxicología clínica: Fundamentos de medicina. 1ra ed. Medellín: CIB; 2015. 637 p.
17. Repetto J. y Repetto K. Toxicología fundamental. 4ta ed. Madrid: Díaz de Santos; 2009. 587 p.
18. Goldman I, Schafer A. Goldman-Cecil. Tratado de medicina interna. 26ª ed. Vol. 1. Barcelona: Elsevier Health Sciences; 2021. 2749 p.

19. Hoffman R, Nelson L, Howland MA, Lewin NA, Flomenbaum N, Golfrank L. Goldfrank's Manual of Toxicologic Emergencies. New York: McGraw-Hill Medical; 2007. 1126 p.

20. PubChem [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004. PubChem Compound Summary for CID 23931, Mercury; [cited 2023 dec 20]. Available from: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Mercury

21. ATSDR. Resumen de salud pública CAS#: 7439-97-6 mercurio [Internet]. Atlanta: ATSDR; 1999 [citado el 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs46.pdf

22. ATSDR [Internet]. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 2022. Toxicological Profile for Mercury - Regulations and Advisories [cited 2023 dec 20]. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp46-c7.pdf

23. MINSA. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por mercurio [Internet]. Lima: MINSA; 2015. [citado el 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/320831-guia-de-practica-clinica-para-el-diagnostico-y-tratamiento-de-la-intoxicacion-por-mercurio-r-m-n-757-2013-minsa

24. Camean A. Toxicología avanzada [Internet]. Madrid: Díaz de Santos; 1995. [citado el 21 de diciembre de 2023]. 603 p. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=opad2FFk9g0C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false

25. Harris D. Análisis químico cuantitativo [Internet]. 3ra ed. Barcelona: Reverté, 2007. [citado el 21 de diciembre de 2023]. 904 p. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=H-_8vZYdL70C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false

26. Butcher D. Innovations and developments in graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS). Applied Spectroscopy Reviews [Internet]. 2021 [cited 2023 dec 22]; 58 (1): 65-82. Available from: https://doi.org/10.1080/05704928.2021.1919896

27. Martínez G. Técnicas de Generación de Vapor acopladas a Espectrofotometría de Absorción Atómica [Internet]. Valencia: Universidad

Politécnica de Valencia; 2020 [citado el 22 de diciembre de 2023]. Disponible en: http://hdl.handle.net/10251/139863

28. Moscoso C. Determinación de metales formadores de vapor mediante generación de hidruros acoplada a espectroscopía de absorción y fluorescencia atómica [Tesis Doctoral]. A Coruña: Universidad de La Coruña. Departamento de Química Analítica; 2003. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/18385

29. García M, Pezo S. Determinación de Plomo y Cadmio en lápices labiales expendidos en el Mercado Central de Lima Metropolitana en diciembre del 2021 [Tesis de Grado]. Huancayo: Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt; 2022. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UHFR_335c8c7f542f7a26afdef6be83165e7f

30. Tacunan E, Rosales M. Determinación de arsénico y mercurio en sombras para ojos de diferentes marcas que se importan desde china [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_f86546cca0873ce701f09d2e7ef39a36#details

31. Llahuilla Q, Laguna G, Ricaldi C. Determinación de arsénico y plomo en lápices labiales mediante espectroscopia de absorción atómica que se expende en Lima Metropolitana. Ciencia e investigación [Internet]. 2020 [citado el 20 de julio del 2023]; 23 (2): 35-9. Disponible en: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/19379

32. Javier T, Rodrigo R. Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11228

33. Hurtado A, Méndez J, Quispe N. Determinación de cadmio en sombras para ojos en ocho marcas comercializadas en Cercado de Lima [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019. Disponible en:

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10517/Hurtado_ma.pdf?sequence=3

34. Mohammed F, Abdulghafor AM, Oraibi H. Health risk assessment of some heavy metals in lipsticks sold in local markets in Iraq. JOTCSA [Internet]. 2023 [cited 2023 jul 20]; 10 (1): 147-160. Available from: https://dergipark.org.tr/en/pub/jotcsa/issue/73332/1154686

35. Aryal S, Bashyal N, Gautam S, Pokhrel M, Poudel B. Evaluation of lead and cadmium levels in lipsticks sold in Kathmandu, Nepal, and their potential health risk assessment. Int J Appl Sci Biotechnol [Internet]. 2021 [cited 2023 jul 20]; 9 (3): 213-219. Available from: https://www.nepjol.info/index.php/IJASBT/article/view/38834

36. Rahman M, Sarkar N, Banik R, Habib MA, Sikder MT. Assessment of heavy metals contamination in lipsticks available in bangladeshi market and associated human health risk. Bangladesh J Environ Res [Internet]. 2021 [cited 2023 jul 20]; 12: 62-74. Available from: https://www.researchgate.net/publication/368337070_Assessment_of_Heavy_Metals_Contamination_in_Lipsticks_Available_in_Bangladeshi_Market_and_Associated_Human_Health_Risk

37. Kulwa G, Mihale M. Levels and exposure risks of lead, arsenic and mercury from selected lipstick and nail polish cosmetics marketed in dar es Salaam, Tanzania. Tanz. J. Sci. [Internet]. 2020 [cited 2023 jul 20], 46 (3): 779-790. Available from: https://dx.doi.org/10.4314/tjs.v46i3.18

38. Afrooz Saadatzadeh, Sina Afzalan, Reza Zadehdabagh, Leila Tishezan, Nahid Najafi, Maryam Seyedtabib et al. Determination of heavy metals (lead, cadmium, arsenic, and mercury) in authorized and unauthorized cosmetics. Cutaneous and Ocular Toxicology [Internet]. 2019 [cited 2023 jul 20]; 38: 3, 207-211. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15569527.2019.1590389

39. Díez O. Desarrollo y elaboración de productos cosméticos [Internet]. Valencia: Universidad de Valencia; 2020 [citado el 22 de julio del 2023]. 214 p. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Desarrollo_y_elaboraci%C3%B3n_de_productos_c/8SADEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&printsec=frontcover

40. Sánchez A. Cosméticos y equipos para los cuidados estéticos de higiene, depilación y maquillaje [Internet]. 5ta ed. Málaga: Elearning; 2015 [citado el 22 de julio del 2023]. 270 p. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/UF0086_Cosm%C3%A9ticos_y_equipos_para_los_cu/27RWDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0

41. Aguirre D, Blanco L, Cisneros C. Evaluación de la calidad microbiológica de lápices labiales líquidos de uso cosmético, por límite microbiano comercializados en canastos del mercado oriental, managua, nicaragua. Octubre – noviembre 2018 [Tesis de Grado]. León: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; 2019. [citado el 23 de diciembre del 2023]. Disponible en: http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/7010

42. Silverson. Fabricación de lápiz labial [Internet]. Madrid: Silverson; 2023 [citado el 23 de diciembre del 2023]. Informe Número 61TES4. Disponible en: https://www.silverson.es/es/biblioteca-de-recursos/informes-de-aplicacion/fabricacion-de-lapiz-labial

43. Wilkinson J, Moore R. Cosmetología de Harry [Internet]. Madrid: Díaz de Santos; 1990 [citado el 23 de diciembre de 2023]. 1062 p. Disponible en: https://books.google.co.cr/books?id=fnQ9mGMH15oC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

44. Baki G, Alexander K. Introduction to cosmetic formulation and technology [Internet]. New Jersey: John Wiley & Sons; 2015; [citado el 23 de diciembre de 2023]. p. 345-45. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=tM_0BgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

45. Rivas I. Caracterización del lápiz labial por técnicas analíticas instrumentales [Tesis de Grado]. México: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas; 2007.

46. USEPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) [Internet]. Washington: USEPA; 1989 [cited 2024 mar 01]. EPA/540/1-89/002. Available from: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf

47. USEPA. Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report) [Internet]. Washington: USEPA; 2011 [cited 2024 mar 01]. EPA/600/R-09/052F.

Available from: https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252

48. SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety). SCCS Notes of guidance for the testing of cosmetic ingredients and their safety evaluation 12th revision [Internet]. Londres: SCCS; 2023 [cited 2024 mar 01]. SCCS/1647/22. Available from: https://health.ec.europa.eu/publications/sccs-notes-guidance-testing-cosmetic-ingredients-and-their-safety-evaluation-12th-revision_en

49. Zakaria A, Yu BH. Heavy metals contamination in lipsticks and their associated health risks to lipstick consumers. Regul Toxicol Pharmacol [Internet]. 2015 [cited 2024 mar 03]; 73 (1): 191-195. Available from: https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.07.005

50. INEI. Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2022 - Nacional y Departamental [Internet]. Lima: INEI; 2023 [citado el 03 de marzo del 2024]; Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4233597-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2022

51. IRIS. Chemical Assessment Summary Cadmium [Internet]. Washington: USEPA; 2010 [cited 2024 mar 03]. CASRN 7440-43-9. Available from: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/recordisplay.cfm?deid=12180#

52. IRIS. Chemical Assessment Summary Mercuric chloride (HgCl2) [Internet]. Washington: USEPA; 2002 [cited 2024 mar 03]. CASRN 7487-94-7. Available from: https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=692

53. Hussein I, Hana M. Determination of mercury in some cosmetics offered in the Iraqi market. NAJSP [Internet]. 2023 [cited 2024 mar 04]; 1 (4): 1-7. Available from: https://najsp.com/index.php/home/article/view/73

54. Ghaderpoori M, Kamarehie B, Jafari, A et al. Health risk assessment of heavy metals in cosmetic products sold in Iran: the Monte Carlo simulation. Environ Sci Pollut Res [Internet]. 2020 [cited 2024 mar 04]; 27: 7588–595. Available from: https://doi.org/10.1007/s11356-019-07423-w

X. ANEXOS

X.1. Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE	INDICADORES	
			CATEGORIA	MEDICION
¿Las concentraciones de cadmio y mercurio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima constituyen un riesgo para la salud de los consumidores?	**Objetivo general** Determinar el contenido de cadmio y mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima y evaluar su riesgo a la salud en los consumidores. **Objetivos específicos** **1.** Cuantificar las concentraciones de cadmio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima mediante el análisis por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. **2.** Cuantificar las concentraciones de mercurio en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima mediante el análisis por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. **3.** Comparar las concentraciones de cadmio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima con los límites permisibles según lo establecido por la FDA y BVL.	**Variable independiente:** lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima.	MLL1 MLL2 MLL3 MLL4 MLL5 MLL6 MLL7 MLL8 MLL9 MLL10	-
			CM CN CR	-
		Variable dependiente: concentración de cadmio	ppm	< 0,1 ppm [a] < 0,005 ppm [b]
		Variable dependiente: concentración de mercurio	ppm	< 0,1 ppm [a] < 1 ppm [b]

	4. Comparar las concentraciones de mercurio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del Cercado de Lima con los límites permisibles según lo establecido por la FDA y BVL. **5.** Calcular el índice de riesgo no cancerígeno para la salud del consumidor, según el modelo de evaluación de riesgos recomendado por la USEPA. En relación con las concentraciones de cadmio y mercurio halladas en los lápices labiales expendidos en los centros comerciales del distrito de Cercado de Lima en febrero del 2023.	**Variable dependiente:** riesgo para la salud del consumidor — HI	> 1 Existe posibilidad de efectos adversos. < 1 Poco riesgo de efectos adversos en la salud humana.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2023. [(a)] Límite permisible establecido por BVL. [(b)] Límite permisible establecido por la FDA.

X.2. Lista de muestras de lápices labiales analizados, con indicación de sus códigos correspondientes

N°	Código	Color	Marca	NSO	Procedencia
1	MLL1CM	Marrón	EVER BEAUTY	NSOC33325-17PE	China
	MLL1CN	Nude			
	MLL1CR	Rojo			
2	MLL2CM	Marrón	CAMSA	NSOC40650-19PE	China
	MLL2CN	Nude			
	MLL2CR	Rojo			
3	MLL3CM	Marrón	P & W	NSOC21766-15PE	China
	MLL3CN	Nude			
	MLL3CR	Rojo			
4	MLL4CM	Marrón	HUXIA BEAUTY	NSOC45245-20PE	China
	MLL4CN	Nude			
	MLL4CR	Rojo			
5	MLL5CM	Marrón	KISS FLY	NSOC42301-19PE	China
	MLL5CN	Nude			
	MLL5CR	Rojo			
6	MLL6CM	Marrón	PUSSYCAT	NSO7723-C-PE	Perú
	MLL6CN	Nude			
	MLL6CR	Rojo			
7	MLL7CM	Marrón	REVEL	NSOC20767-14PE	China
	MLL7CN	Nude			
	MLL7CR	Rojo			
8	MLL8CM	Marrón	JARUSA AMAR	NSOC55490-22PE	China
	MLL8CN	Nude			
	MLL8CR	Rojo			
9	MLL9CM	Marrón	FLOWER SECRET	NSOC38115-18PE	China
	MLL9CN	Nude			
	MLL9CR	Rojo			
10	MLL10CM	Marrón	IMAN OF NOBLE	NSOC56224-22PE	China
	MLL10CN	Nude			
	MLL10CR	Rojo			

Fuente: Elaboración propia, marzo 2023.

X.3 Protocolo de análisis toxicológico N° 96620 - 96649 sobre cuantificación de cadmio

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°	96620	-	96639

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: NATHALY CINTHIA CHUCO VASQUEZ Y EVELYN LISSETTE SANTOS TAIPE

TESIS: DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CADMIO Y MERCURIO EN LAPICES LABIALES Y SU RIESGO A LA SALUD EN LOS CONSUMIDORES DEL CERCADO DE LIMA.

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 DE FEBRERO DE 2023 HORA: 07:49:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03 DE MARZO DE 2023 HORA: 09:30:00 a. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 27 DE MARZO DE 2023 HORA: 12:00:00 p. m.

MÉTODOS: Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de grafito
OBSERVACIONES: Las contramuestras fueron entregadas a las tesistas.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
96620	Lápiz labial - Código: MLL1CM	Cuantificación de Cadmio	0.060 mg/Kg
96621	Lápiz labial - Código: MLL1CN	Cuantificación de Cadmio	0.106 mg/Kg
96622	Lápiz labial - Código: MLL1CR	Cuantificación de Cadmio	0.023 mg/Kg
96623	Lápiz labial - Código: MLL2CM	Cuantificación de Cadmio	0.007 mg/Kg
96624	Lápiz labial - Código: MLL2CN	Cuantificación de Cadmio	0.029 mg/Kg
96625	Lápiz labial - Código: MLL2CR	Cuantificación de Cadmio	0.013 mg/Kg
96626	Lápiz labial - Código: MLL3CM	Cuantificación de Cadmio	0.003 mg/Kg
96627	Lápiz labial - Código: MLL3CN	Cuantificación de Cadmio	0.013 mg/Kg
96628	Lápiz labial - Código: MLL3CR	Cuantificación de Cadmio	0.033 mg/Kg
96629	Lápiz labial - Código: MLL4CM	Cuantificación de Cadmio	0.024 mg/Kg
96630	Lápiz labial - Código: MLL4CN	Cuantificación de Cadmio	0.014 mg/Kg
96631	Lápiz labial - Código: MLL4CR	Cuantificación de Cadmio	0.006 mg/Kg
96632	Lápiz labial - Código: MLL5CM	Cuantificación de Cadmio	0.011 mg/Kg
96633	Lápiz labial - Código: MLL5CN	Cuantificación de Cadmio	0.008 mg/Kg
96634	Lápiz labial - Código: MLL5CR	Cuantificación de Cadmio	N.D.
96635	Lápiz labial - Código: MLL6CM	Cuantificación de Cadmio	13.482 mg/Kg
96636	Lápiz labial - Código: MLL6CN	Cuantificación de Cadmio	5.581 mg/Kg
96637	Lápiz labial - Código: MLL6CR	Cuantificación de Cadmio	0.916 mg/Kg
96638	Lápiz labial - Código: MLL7CM	Cuantificación de Cadmio	0.020 mg/Kg
96639	Lápiz labial - Código: MLL7CN	Cuantificación de Cadmio	0.007 mg/Kg

N.D.: No Detectable

Lima, 26 de mayo de 2023.

Director de CICOTOX
Dr. Cesar Augusto Canales Martínez
Esp. Toxicología y Química legal
C.Q.F.P N° 01374
R.N.E N° 004
N° DNI 06269670

Analista de CICOTOX
Bach. Tox. Cristina Rosadio Vega
DNI N° 72726533

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Fuente: Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX); 2023.

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°	96640	-	96649

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: NATHALY CINTHIA CHUCO VASQUEZ Y EVELYN LISSETTE SANTOS TAIPE

TESIS: DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CADMIO Y MERCURIO EN LAPICES LABIALES Y SU RIESGO A LA SALUD EN LOS CONSUMIDORES DEL CERCADO DE LIMA.

FECHA DE RECEPCIÓN:	27 DE FEBRERO DE 2023	HORA:	07:49:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	03 DE MARZO DE 2023	HORA:	09:30:00 a. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:	27 DE MARZO DE 2023	HORA:	12:00:00 p. m.

MÉTODOS: Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito

OBSERVACIONES: Las contramuestras fueron entregadas a las tesistas.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
96640	Lápiz labial - Código: MLL7CR	Cuantificación de Cadmio	0.056 mg/Kg
96641	Lápiz labial - Código: MLL8CM	Cuantificación de Cadmio	0.015 mg/Kg
96642	Lápiz labial - Código: MLL8CN	Cuantificación de Cadmio	0.012 mg/Kg
96643	Lápiz labial - Código: MLL8CR	Cuantificación de Cadmio	0.008 mg/Kg
96644	Lápiz labial - Código: MLL9CM	Cuantificación de Cadmio	0.010 mg/Kg
96645	Lápiz labial - Código: MLL9CN	Cuantificación de Cadmio	0.012 mg/Kg
96646	Lápiz labial - Código: MLL9CR	Cuantificación de Cadmio	0.005 mg/Kg
96647	Lápiz labial - Código: MLL10CM	Cuantificación de Cadmio	0.145 mg/Kg
96648	Lápiz labial - Código: MLL10CN	Cuantificación de Cadmio	0.287 mg/Kg
96649	Lápiz labial - Código: MLL10CR	Cuantificación de Cadmio	0.054 mg/Kg

Lima, 26 de mayo de 2023.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS * CENTRO DE INFORMACION, CONTROL TOXICOLOGICO Y APOYO A LA GESTION AMBIENTAL * CICOTOX * FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

Director de CICOTOX
Dr. César Augusto Canales Martínez
Esp. Toxicología y Química legal
C.Q.F.P N° 01374
R.N.E N° 004
N° DNI 06269670

Analista de CICOTOX
Bach. Tox. Cristina Rosadio Vega
DNI N° 72726533

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Fuente: Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX); 2023.

X.4 Protocolo de análisis toxicológico N° 96650 - 96679 sobre cuantificación de mercurio

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°	96650	-	96669

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: NATHALY CINTHIA CHUCO VASQUEZ Y EVELYN LISSETTE SANTOS TAIPE

TESIS: DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CADMIO Y MERCURIO EN LAPICES LABIALES Y SU RIESGO A LA SALUD EN LOS CONSUMIDORES DEL CERCADO DE LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 DE FEBRERO DE 2023 HORA: 07:49:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 18 DE MARZO DE 2023 HORA: 02:00:00 p. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 04 DE MAYO DE 2023 HORA: 03:00:00 a. m.

MÉTODOS: Mercurio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por la Tecnica Vapor frío
OBSERVACIONES: Las contramuestras fueron entregadas a las tesistas.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
96650	Lápiz labial - Código: MLL1CM	Cuantificación de Mercurio	0.228 mg/Kg
96651	Lápiz labial - Código: MLL1CN	Cuantificación de Mercurio	0.181 mg/Kg
96652	Lápiz labial - Código: MLL1CR	Cuantificación de Mercurio	0.570 mg/Kg
96653	Lápiz labial - Código: MLL2CM	Cuantificación de Mercurio	0.372 mg/Kg
96654	Lápiz labial - Código: MLL2CN	Cuantificación de Mercurio	0.327 mg/Kg
96655	Lápiz labial - Código: MLL2CR	Cuantificación de Mercurio	0.380 mg/Kg
96656	Lápiz labial - Código: MLL3CM	Cuantificación de Mercurio	0.107 mg/Kg
96657	Lápiz labial - Código: MLL3CN	Cuantificación de Mercurio	0.118 mg/Kg
96658	Lápiz labial - Código: MLL3CR	Cuantificación de Mercurio	0.275 mg/Kg
96659	Lápiz labial - Código: MLL4CM	Cuantificación de Mercurio	0.130 mg/Kg
96660	Lápiz labial - Código: MLL4CN	Cuantificación de Mercurio	0.514 mg/Kg
96661	Lápiz labial - Código: MLL4CR	Cuantificación de Mercurio	0.391 mg/Kg
96662	Lápiz labial - Código: MLL5CM	Cuantificación de Mercurio	0.436 mg/Kg
96663	Lápiz labial - Código: MLL5CN	Cuantificación de Mercurio	0.606 mg/Kg
96664	Lápiz labial - Código: MLL5CR	Cuantificación de Mercurio	0.456 mg/Kg
96665	Lápiz labial - Código: MLL6CM	Cuantificación de Mercurio	0.079 mg/Kg
96666	Lápiz labial - Código: MLL6CN	Cuantificación de Mercurio	0.082 mg/Kg
96667	Lápiz labial - Código: MLL6CR	Cuantificación de Mercurio	0.130 mg/Kg
96668	Lápiz labial - Código: MLL7CM	Cuantificación de Mercurio	0.052 mg/Kg
96669	Lápiz labial - Código: MLL7CN	Cuantificación de Mercurio	0.306 mg/Kg

Lima, 26 de mayo de 2023.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS * CENTRO DE INFORMACION CONTROL TOXICOLOGICO Y APOYO A LA GESTION AMBIENTAL * CICOTOX * FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

Director de CICOTOX
Dr. Cesar Augusto Canales Martínez
Esp. Toxicología y Química legal
C.Q.F.P N° 01374
R.N.E N° 004
N° DNI 06269670

Analista de CICOTOX
Bach. Tox. Cristina Rosadio Vega
DNI N° 72726533

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Fuente: Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX); 2023.



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°	96670	-	96679

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: NATHALY CINTHIA CHUCO VASQUEZ Y EVELYN LISSETTE SANTOS TAIPE

TESIS: DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CADMIO Y MERCURIO EN LAPICES LABIALES Y SU RIESGO A LA SALUD EN LOS CONSUMIDORES DEL CERCADO DE LIMA.

FECHA DE RECEPCIÓN:	27 DE FEBRERO DE 2023	HORA:	07:49:00 p. m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	18 DE MARZO DE 2023	HORA:	02:00:00 p. m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:	04 DE MAYO DE 2023	HORA:	03:00:00 a. m.

MÉTODOS: Plomo : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito

OBSERVACIONES: Las contramuestras fueron entregadas a las tesistas.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
96670	Lápiz labial - Código: MLL7CR	Cuantificación de Mercurio	0.326 mg/Kg
96671	Lápiz labial - Código: MLL8CM	Cuantificación de Mercurio	0.241 mg/Kg
96672	Lápiz labial - Código: MLL8CN	Cuantificación de Mercurio	0.159 mg/Kg
96673	Lápiz labial - Código: MLL8CR	Cuantificación de Mercurio	0.172 mg/Kg
96674	Lápiz labial - Código: MLL9CM	Cuantificación de Mercurio	0.176 mg/Kg
96675	Lápiz labial - Código: MLL9CN	Cuantificación de Mercurio	0.171 mg/Kg
96676	Lápiz labial - Código: MLL9CR	Cuantificación de Mercurio	0.135 mg/Kg
96677	Lápiz labial - Código: MLL10CM	Cuantificación de Mercurio	0.220 mg/Kg
96678	Lápiz labial - Código: MLL10CN	Cuantificación de Mercurio	0.133 mg/Kg
96679	Lápiz labial - Código: MLL10CR	Cuantificación de Mercurio	0.140 mg/Kg

Lima, 26 de mayo de 2023.



Director de CICOTOX
Dr. Cesar Augusto Canales Martínez
Esp. Toxicología y Química legal
C.Q.F.P N° 01374
R.N.E N° 004
N° DNI 06269670

Analista de CICOTOX
Bach. Tox. Cristina Rosadio Vega
DNI N° 72726533

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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Celular 956 740 869 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Fuente: Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX); 2023.

X.5. Dosis de ingesta diaria promedio de cadmio y mercurio en lápices labiales

N°	Códigos de muestras	Cd mg/kg	Hg mg/kg	ADD_{ing} Cd (x 10^{-3}) mg/kg/día	ADD_{ing} Hg (x 10^{-3}) mg/kg/día
1	MLL1CM	0,060	0,228	0,000038	0,000144
2	MLL1CN	0,106	0,181	0,000067	0,000114
3	MLL1CR	0,023	0,570	0,000014	0,000359
4	MLL2CM	0,007	0,372	0,000004	0,000234
5	MLL2CN	0,029	0,327	0,000018	0,000206
6	MLL2CR	0,013	0,380	0,000008	0,000239
7	MLL3CM	0,003	0,107	0,000002	0,000067
8	MLL3CN	0,013	0,118	0,000008	0,000074
9	MLL3CR	0,033	0,275	0,000021	0,000173
10	MLL4CM	0,024	0,130	0,000015	0,000082
11	MLL4CN	0,014	0,514	0,000009	0,000324
12	MLL4CR	0,006	0,391	0,000004	0,000246
13	MLL5CM	0,011	0,436	0,000007	0,000274
14	MLL5CN	0,008	0,606	0,000005	0,000381
15	MLL5CR	N.D.	0,456	-	0,000287
16	MLL6CM	13,482	0,079	0,008487	0,000050
17	MLL6CN	5,581	0,082	0,003513	0,000052
18	MLL6CR	0,916	0,130	0,000577	0,000082
19	MLL7CM	0,020	0,052	0,000013	0,000033
20	MLL7CN	0,007	0,306	0,000004	0,000193
21	MLL7CR	0,056	0,326	0,000035	0,000205
22	MLL8CM	0,015	0,241	0,000009	0,000152
23	MLL8CN	0,012	0,159	0,000008	0,000100
24	MLL8CR	0,008	0,172	0,000005	0,000108
25	MLL9CM	0,010	0,176	0,000006	0,000111
26	MLL9CN	0,012	0,171	0,000008	0,000108
27	MLL9CR	0,005	0,135	0,000003	0,000085
28	MLL10CM	0,145	0,220	0,000091	0,000138
29	MLL10CN	0,287	0,133	0,000181	0,000084
30	MLL10CR	0,054	0,140	0,000034	0,000088

Fuente: Elaboración propia, febrero 2024. N.D.: No detectable.

X.6. Imágenes fotográficas del proceso de investigación.



(1) Codificación de las muestras de lápices labiales.

(2) Treinta muestras de lápices labiales previamente etiquetadas.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2023.



(3) Acondicionamiento del equipo espectrofotómetro de absorción atómica.

(4) Lectura de los tubos de muestras para la cuantificación de mercurio.

Fuente: Elaboración propia, abril 2023.