

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICA



TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO, CROMO y PLOMO EN LAS TINTAS PARA TATUAJE CORPORAL COMERCIALIZADOS EN LIMA METROPOLITANA DURANTE EL PERIODO MARZO 2014- MARZO 2015”

Tesis para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO Y BIOQUÍMICO

BACHILLER: JEAN ROSENDO CÁRDENAS ALCÁZAR

ASESOR: Mg. Q.F. TOX.HENRY SAM MONTELLANOS CABRERA

LIMA – PERU

2015

DEDICATORIA

A mí madre y hermanos, que me apoyaron y alentaron a terminar mi carrera universitaria, así como a mis amigos por los momentos inolvidables que pasamos en la universidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme salud y fortaleza para afrontar todos los problemas durante mi formación universitaria.

A mi madre, por su amor y apoyo incondicional, quien hizo posible la culminación de mi carrera universitaria.

A mis hermanos y amigos, por sus consejos de reflexión y por los momentos vividos buenos y malos durante estos 5 años.

Al Dr. Ernesto Avalos Toxicólogo Químico Forense, quien hizo posible este trabajo de investigación, brindándome su apoyo durante el desarrollo y culminación de la investigación.

A mi asesor Mg. Q.F. TOX. Henry Sam Montellanos Cabrera, quien me brindó su asesoría y conocimientos para desarrollar el presente trabajo de investigación.

ABREVIATURAS

- ❖ ResAP(2008)1: Resolución del Consejo de Europa sobre Tatuajes y Maquillajes permanentes.
- ❖ FDA: Federación de Insumos y Drogas.
- ❖ EPA 0128: Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para Tatuaje y Maquillaje Permanente.
- ❖ IARC: International Agency for Research on Cancer.
- ❖ NCTR: Centro Nacional para la Investigación Toxicológica.
- ❖ PAH: hidrocarburos aromático.
- ❖ PAA: aminas aromáticas primarias seleccionadas.
- ❖ PPD: p – Phenylendiamin.
- ❖ ZPP: zinc-protoporfirina.
- ❖ NMDA: N-Metil-D-Aspartato
- ❖ ALAU: ácido delta aminolevulínico en orina.
- ❖ ALAD: deshidratasa del ácido delta aminolevulínico en sangre.
- ❖ FEP: protoporfirina eritrocitaria libre.

ÍNDICE

Resumen.....	7
Abstract.....	8
CAPÍTULO I	
1.1. Introducción.....	9
1.2. Descripción de la realidad problemática.....	10
1.3. Delimitación y definición del problema.....	11
1.3.1. Delimitación espacial	
1.3.2. Delimitación temporal	
1.3.3. Delimitación social	
1.4. Formulación del problema.....	11
1.5. Objetivos de la investigación.....	12
1.5.1. Objetivo general	
1.5.2. Objetivos específicos	
1.6. Hipótesis de la investigación.....	12
1.6.1. Hipótesis general	
1.6.2. Hipótesis secundarias	
1.7. Variables e indicadores.....	13
1.8. Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.8.1. Justificación de la investigación	
1.8.2. Importancia de la investigación	
CAPÍTULO II	
2.1. Antecedentes de la investigación.....	16
2.2. Marco teórico.....	23
2.3. Marco conceptual.....	58

CAPÍTULO III

3.1. Metodología.....	60
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	60
3.3. Población y muestra.....	61
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	61
3.4.1. Técnicas	
3.4.2. Instrumentos	

CAPÍTULO IV

4.1. Parte experimental.....	73
------------------------------	----

CAPITULO V

5.1. Resultados y discusión.....	85
----------------------------------	----

CAPITULO VI

6.1. Conclusiones y recomendaciones.....	114
--	-----

CAPITULO VII

7.1. Referencias bibliográficas.....	116
7.2. Anexos	

RESUMEN

En el presente estudio se determinó cuantitativamente la presencia de Plomo, Cadmio y Cromo en tintas para tatuaje corporal expendidos en Lima metropolitana. Los resultados obtenidos se compararon con los niveles establecidos por la ResAP (2008) 1, FDA, EPA 0128.

La muestra fue tratada mediante la técnica de digestión asistida por microondas y el Plomo, Cadmio y Cromo fueron cuantificados por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito PerkinElmersAnalyst 600.

En la presente investigación, el valor medio para Plomo llegó a 1.18ug/g, siendo el valor más alto 3.33 ug/g que corresponde al color negro procedente de la galería Canto Grande; el valor medio para Cadmio llegó a 0.25ug/g, siendo el valor más alto 0.85ug/g que corresponde al color amarillo procedente de la galería Vía Veneto y el valor medio para Cromo llegó a 0.06 ug/g, siendo el valor más alto 0.28 ug/g que corresponde al color amarillo procedente a la galería Canto Grande. Superando los valores establecidos por la ResAP (2008) 1, FDA, EPA 0128.

PALABRAS CLAVE: Plomo, Cadmio, Cromo, tintas para tatuaje, espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito.

ResAP(2008)1: Resolución del Consejo de Europa sobre los requisitos y criterios para la seguridad de los tatuajes y maquillajes permanentes.

FDA: Federación de Insumos y Drogas.

EPA 0128: Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para Tatuaje y Maquillaje Permanente.

ABSTRACT

In this study the presence of lead, cadmium and chromium in body tattoo inks expended in metropolitan Lima was quantitatively determined. The results were compared with the levels established by the ResAP (2008) 1, FDA, EPA 0128.

The sample was treated using the technique of microwave digestion and lead, cadmium and chromium were quantified by Atomic Absorption Spectrometry with Graphite Furnace PerkinElmersAnalyst 600.

In the present study, the mean value for lead reached 1.18ug / g, the highest value being 3.33 ug / g corresponding to black from the gallery Canto Grande; the mean value for cadmium reached 0.25ug / g, with the highest value 0.85ug / g corresponding to yellow from the gallery Via Veneto and the average value for Chrome reached 0.06 ug / g, with the highest value 0.28 ug / g corresponding to yellow from the gallery Canto Grande. Exceeding the values set by the ResAP (2008) 1, FDA, EPA 0128

KEYWORD: lead, cadmium, chromium and tattooing, atomic absorption spectrophotometer with graphite furnace.

ResAP(2008)1:Resolution of the Council of Europe on the requirements and criteria for the safety of tattoos and PMU.

FDA: Food and Drug Administration

EPA 0128: Environmental Protection Authority guidelines for Tattoo and Permanent Makeup.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se sabe que los metales pesados son tóxicos potenciales para la salud, acumulándose en diferentes órganos, inhabilitando progresivamente las funciones de órganos y sistemas. Muchos de los productos de uso y consumo común contienen metales pesados tales como alimentos, cosméticos. Muchos de estos contienen niveles altos de metales pesados, los cuales deben estar regulados.

La FDA puso en marcha nuevos estudios para investigar la seguridad a largo plazo de las tintas, incluyendo lo que ocurre cuando se descomponen en el cuerpo o interactúan con la luz. La investigación ya ha demostrado que las tintas del tatuaje pueden migrar a los ganglios linfáticos de las personas. Las tintas de colores a menudo contienen Plomo, Cadmio, Cromo, Níquel, Titanio y otros metales pesados que pueden desencadenar alergias o enfermedades, según los científicos . Algunos pigmentos son colores de grado industrial que son "aptos para tinta de impresoras o pintura del automóvil", según una hoja informativa de la FDA (1).

Teniendo en cuenta que las sustancias de las tintas de tatuajes y maquillaje permanente pueden suponer un riesgo para la salud humana debido a la contaminación microbiológica y / o la presencia de sustancias nocivas en los productos utilizados para tatuajes y maquillaje permanente y / o la posibilidad de ser tatuado en condiciones higiénicas cuestionables.

La Resolución ResAP (2008)¹(Resolución del Consejo de Europa sobre tatuajes y maquillajes permanentes), exige regulaciones de la composición y el etiquetado, La evaluación del riesgo, las condiciones de la aplicación y la obligación de informar al público y al consumidor de los riesgos para la salud de los tatuajes (2).

El 24 de noviembre del año 2011, de acuerdo con la revista *British Journal of Dermatology*: La gran mayoría de las tintas de tatuaje probados contenía cantidades significativas de nanopartículas a excepción de los pigmentos blancos (3).

En el mercado nacional se cuentan con muchas marcas de tatuaje corporal y muchas de ellas no cuentan con un registro sanitario, ya que estas son trasvasadas y adulteradas para su posterior comercialización y aplicación.

1.2. Descripción de la realidad problemática

Los tatuajes representan un importante fenómeno sociocultural, la inyección en la piel de los agentes colorantes como los metales podría suponer un riesgo para las alergias y otras inflamaciones de la piel, así como para las enfermedades sistémicas.

En Perú no se dispone de directrices que permitan regular las concentraciones de metales pesados en tintas de tatuaje y maquillaje permanente.

Existen muchas complicaciones asociadas con la introducción de pigmento en la piel. Si existe un verdadero vínculo entre el tatuaje y el cáncer de piel, la carcinogénesis es más probable que sea el resultado de un proceso multifactorial. El trauma ocasionado por el procedimiento (punción de la piel) típicamente ha sido identificado como una de las principales causas.

Los pigmentos de tatuaje no permanecen inertes en la dermis; una reacción inflamatoria se produce durante la vida útil del portador, en un intento de degradar todo el material extraño.

Los riesgos de los tatuajes y maquillaje permanente vienen tanto de la composición química de la tinta utilizada y la infección causada por prácticas inseguras. Estos riesgos son gestionados por la Autoridad de Protección Ambiental (EPA 0128), FDA, ResAP (2008)¹.

La presente investigación compara los valores obtenidos de cadmio, cromo y plomo con niveles establecidos por normativas internacionales como la Autoridad de Protección Ambiental (EPA 0128), FDA, ResAP(2008)¹. Estos establecen mismos valores para cadmio, cromo y plomo.

Los ingredientes comunes de las tintas de color verde son el Plomo, el Cromo y el Cobre, las tintas de color amarillo comúnmente contienen Plomo, Cadmio y Zinc, los ingredientes comunes de las tintas de color rojo son el Mercurio y el Cadmio, y los tintes de color negro comúnmente contienen Plomo.

1.3. Delimitación y definición del problema

1.3.1. Delimitación espacial

El proyecto de investigación consiste en la toma de muestras a nivel de Lima metropolitana y se basa en la recopilación de información de investigaciones realizadas en: Europa y Asia por la EPA 0128.

1.3.2. Delimitación temporal

El periodo en el cual se desarrolló esta investigación comprende entre los meses de marzo del año 2014 - marzo del año 2015.

1.3.3. Delimitación social

En Lima metropolitana, para la toma de muestra se seleccionaron cuatro puntos más concurridos en la práctica de tatuaje corporal.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema principal

¿Cuál es la concentración de Cadmio, Cromo y Plomo presentes en las tintas para tatuaje de color rojo, verde, amarillo y negro, comercializadas en Lima metropolitana?

1.4.2. Problemas secundarios

¿Las marcas de tintas para tatuaje de color rojo, verde, amarillo y negro comercializadas en Lima metropolitana superan los valores para Cadmio, Cromo y Plomo establecidas por la EPA 0128 (Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para Tatuaje y Maquillaje Permanente)? (7).

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar la concentración de Cadmio, Cromo y Plomo en las tintas para tatuaje de color rojo, verde, amarillo y negro, comercializadas en Lima metropolitana.

1.5.2. Objetivos específicos

1.5.2.1. Comparar la concentración de Cadmio, Cromo y Plomo en las tintas para tatuaje de color rojo, verde, amarillo y negro, comercializadas en Lima metropolitana con los valores establecidos por la EPA 0128 (Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para Tatuaje y Maquillaje Permanente).

1.5.2.2. Establecer la correlación entre los niveles de cadmio, cromo y plomo en las tintas para tatuaje corporal de color rojo, verde, amarillo y negro y el precio de venta al público, expandidas en Lima metropolitana.

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis general

La concentración de Cadmio, Cromo y Plomo en las tintas para tatuaje de color rojo, verde, amarillo y negro, comercializadas en Lima metropolitana superarían los valores establecidos por la EPA 0128 (Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para Tatuaje y Maquillaje Permanente).

1.6.2. Hipótesis secundarias

1.6.2.1. Existe correlación entre los niveles de Cadmio, Cromo y Plomo de las tintas para tatuaje de color rojo, verde, amarillo y negro y el precio de venta al público, expandidas en Lima metropolitana.

1.7. Variables e Indicadores

Variable independiente (X):

VARIABLE (X)	DIMENSIONES	INDICADORES
Tintas de tatuaje de color rojo, verde y amarillo	Tintas de tatuaje expendidas en Lima metropolitana	Marcas de tintas de tatuaje: RADIANT COLORS, ETERNAL INK, INTENZEy INTERNAL INK.

Variable dependiente (y):

VARIABLE (Y)	DIMENSIONES	INDICADORES
Concentración de Plomo, Cadmio y Plomo	Niveles de concentración de Plomo, Cadmio y Cromo.	EPA 0128
		Pb:2 ppm
		Cd:0,2 ppm
		Cr: 0,2 ppm

1.8. Justificación e importancia de la investigación

1.8.1. Justificación de la investigación

La no existencia a nivel nacional, de una norma técnica que permita regular las concentraciones de la composición química de las tintas de tatuaje a niveles mínimos. Las tintas de tatuaje son actualmente una combinación de colorantes orgánicos, sales metálicas y diversos aditivos incluyendo disolventes. Actualmente, no hay pruebas disponibles para evaluar la seguridad de las tintas para propósitos de tatuaje.

En el año 2003-2004, La FDA ha recibido 150 denuncias de reacciones a las tintas de tatuaje justo antes de tatuarse o incluso años más tarde: la fotosensibilidad en los tatuajes de color amarillo es atribuible al Sulfuro de Cd en las tintas, reacciones granulomatosas con Cr, Cd, Hg, Co y Al como agentes causales, pseudolinfomas que ocurren principalmente en áreas tatuadas rojizas (1).

Tintas del tatuaje negro, a menudo hechas de hollín, también contienen productos de la combustión llamado hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), de acuerdo con un estudio en el 2010 por el científicos alemán Dr. Wolfgang Bäuml (1).

La evaluación del riesgo cancerígeno de los productos químicos para el hombre por la *International Agency for Research on Cancer* (IARC) clasifica en el grupo 1 carcinogénico para los seres humanos; en el grupo 2A, probablemente carcinogénico para los humanos; en el grupo 2B, posiblemente carcinogénico para los humanos; en el grupo 3, no clasificable en cuanto a carcinogenicidad en humanos; grupo 4, probablemente no cancerígenos para los humanos. El Plomo está clasificado en el grupo 2A, probablemente carcinogénico, el Cadmio está clasificado en el grupo 1, cancerígeno para los seres humanos y el Cromo VI está clasificado en el grupo 1, cancerígeno para los seres humanos. De acuerdo a la clasificación de los riesgos del Plomo, Cadmio y Cromo, se requiere estandarizar a los más bajos niveles posibles de estos metales en las tintas para tatuaje (4).

La presente investigación tiene como finalidad comparar las concentraciones de Plomo, Cadmio y Cromo de las tintas de tatuaje con los niveles establecidos por la ResAP (2008)1 y EPA0128, prevenir e informar los efectos de las tintas de tatuaje sobre la salud, exigiendo la aplicación de directrices establecidas por la ResAP (2008)1 y EPA0128, para un mejor control y fiscalización de las tintas de tatuaje corporal.

1.8.2. Importancia de la investigación

La importancia de esta investigación radica en la prevención y regulación de la concentración de Cadmio, Cromo y Plomo, ya que los efectos sobre la salud de estos metales pesados son directamente proporcionales con su concentración. La consideración de estos valores en los tintes paratatuaje corporal por DIGEMID, facilitaría una elevación del nivel de protección de la salud de los consumidores en su sentido más amplio, incluida la realización de un aporte constante de armonizar, en el campo de los productos que tienen un impacto directo o indirecto en la cadena alimentaria humana, así como en los campos de pesticidas, productos farmacéuticos y cosméticos, la legislación, reglamentos y prácticas que regulan, por un lado, la calidad, la eficiencia, la composición y el etiquetado de los productos utilizados para tatuajes y maquillajes, y por otro lado, los controles de seguridad de los productos y el uso seguro de los productos tóxicos o nocivos.

CAPÍTULO II

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1 A Nivel Internacional

En la Resolución ResAP(2008)1 se establecen los requisitos y criterios de seguridad de los tatuajes y maquillaje permanente. Adoptada por el Comité de Ministros el 20 de febrero 2008 en la reunión 1018a de Delegados de los Ministros. Esta Resolución incluye las especificaciones sobre su composición aceptable, el envasado, etiquetado, esterilidad, las condiciones de aplicación y la obligación de informar al público y al consumidor sobre los riesgos para la salud de los tatuajes y maquillaje permanente y la práctica de tatuaje. Además, la Resolución tiene una lista negativa de 10 aminas aromáticas que podrían ser cancerígenos o mutagénicos y una lista de metales permitidos y los elementos con un máximo establecido. La Resolución ResAP (2008) 1 del Consejo de Europa recomienda ningún contenido del PAA (aminas aromáticas primarias) demostrado (2).

En octubre del año 2009, en un laboratorio en el Centro de la FDA con sede en Arkansas Centro Nacional para la Investigación Toxicológica (NCTR), el químico investigador Paul Howard, Ph.D. y su equipo han investigado las tintas del tatuaje para averiguar (5):

- La composición química de las tintas y la forma en que se descomponen (metabolizan) en el cuerpo.
- A corto plazo y la seguridad a largo plazo de los pigmentos utilizados en las tintas del tatuaje.
- Cómo el cuerpo responde a la interacción de la luz con las tintas.

Estudios NCTR muestran que un pigmento común utilizado en las tintas de tatuaje de color amarillo, Pigmento Amarillo 74, puede ser degradado por las enzimas o metabolizado. "Al igual que el cuerpo metaboliza y excreta otras sustancias, el cuerpo puede metabolizar una pequeña cantidad de pigmento del tatuaje para hacerlo más soluble en agua, y a fuera se va", dice Howard. Los investigadores han encontrado que el Pigmento Amarillo 74 se descompone con la luz del sol, que se dividen en componentes que son incoloros.

La investigación también muestra que algo de pigmento migra desde el sitio del tatuaje a los ganglios linfáticos del cuerpo, dice Howard (5).

En septiembre del año 2010 hasta diciembre de 2011, se llevó a cabo el proyecto "Las sustancias químicas en la tinta del tatuaje". El proyecto fue llevado a cabo por el Instituto Tecnológico de Dinamarca en cooperación con el Hospital Bispebjerg y el Instituto Nacional de Alimentos, Universidad técnica de Dinamarca (6).

Un total de 65 tintas del tatuaje se adquirieron de 10 series de color diferente. Entre ellos, se seleccionaron el siguiente número de tintas del tatuaje para los diversos análisis (6):

- 61 tintas de tatuaje que se analizaron para detectar metales y otros elementos.
- 5 tintas del tatuaje que se analizaron por el negro de carbono.
- 6 tintas de tatuaje que se analizó el contenido de ftalocianinas.
- 19 tintas de tatuaje que se analizaron para policíclico aromático seleccionado hidrocarburos aromático (PAH)
- 19 tintas de tatuaje que se analizaron para las aminas aromáticas primarias seleccionadas (PAA) liberado de colorantes azoicos.
- 30 tintas de tatuaje que se analizaron para p - Phenylendiamin (PPD).

En el análisis químico para el contenido de As, Ba, Cd, Co, Hg, Ni, Pb, Se, Sb, Sn y Zn, ocho colores supera el límite para el Bario, un color excede el límite para el Cadmio, cuatro colores exceden el límite para el Plomo y un color excede el límite de Zinc. Todos los colores contienen Níquel. Los análisis cuantitativos para los hidrocarburos aromáticos policíclicos seleccionados (PAH) demostrado un contenido de HAP superior a 0,5 mg / g en 14 de los 19 investigado las tintas del tatuaje (6).

Se demostró en 20 de las 30 tintas del tatuaje un contenido de aminas aromáticas primarias (PAA). Cinco de las tintas demostraron un contenido de PAA que era tan alta que podría indicar, que en cinco colores contienen un pigmento azo que se puede descomponer a PAA. o- Anisidina se demostró en tres de las tintas. El mayor contenido de ftalocianinas se demostró en los colores azules seguidos por los colores verdes (6).

En noviembre del año 2011, la Autoridad de Protección Ambiental Directrices para tatuaje y maquillaje permanente (EPA 0128) aprobó un nuevo estándar, para el grupo de sustancias para tatuaje y maquillaje permanente, para gestionar mejor los riesgos asociados a la composición química de las tintas para tatuaje y sustancias de maquillaje permanente (7).

En marzo del año 2012, la Autoridad de Protección Ambiental Directrices para tatuaje y maquillaje permanente (EPA 0128) publicó normas de estándar para grupos de sustancias en tatuaje y maquillaje permanente (2012), para gestionar los riesgos químicos asociados con el tatuaje y las sustancias de maquillaje permanente. La EPA 0128 también ha preparado estas directrices, que incluyen un conjunto de tablas que enumeran las sustancias que las tintas del tatuaje no deben contener (7).

- Lista de sustancias para tintas de tatuaje y de maquillaje permanente que no deben contener (incluyendo aminas aromáticas y varios agentes colorantes); y especificar las concentraciones máximas recomendadas de ciertos metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en tintas para tatuaje y sustancias de maquillaje permanente. Aunque las directrices no son obligatorias, representan normas de buenas prácticas del Consejo de Europa y la EPA recomienda que se utilicen para ayudar a prevenir los efectos adversos de la aplicación de las tintas del tatuaje (7).

Para los metales pesados, las directrices recomiendan que las tintas del tatuaje no deban tener niveles de metales pesados por encima de las concentraciones establecidas en la tabla 1.

Tabla 1: Concentraciones máximas de metales pesados en tatuaje y sustancias de maquillaje permanente, según EPA 0128.

Elemento	Ppm
Arsénico (As)	2
Bario(Ba)	50
Cadmio(Cd)	0.2
Cobalto(Co)	25
Cromo VI (Cr)	0,2
Cobre (Cu) soluble	25
Mercurio (Hg)	0.2
níquel (Ni)	Tan bajo como sea factible
Plomo (Pb)	2
Selenio (Se)	2
Antimonio (Sb)	2
Estaño (Sn)	50
Zinc (Zn)	50

Fuente: http://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/survey-selected-samples-tattoo-inks-presence-of-heavy-metals-july13_0.pdf

El 24 de noviembre del año 2011 de acuerdo con la Revista British Journal of Dermatology: “el tamaño de los pigmentos se podría dividir en tres clases principales: Los pigmentos negros eran los más pequeños, los pigmentos blancos más grandes, los pigmentos de color tenían un tamaño de entre los dos. La gran mayoría de las tintas de tatuaje probados contenía cantidades significativas de PN (nanopartículas) a excepción de los pigmentos blancos. Los pigmentos negros eran PN casi puros, es decir, partículas con al menos una dimensión <100 nm” (3).

En el año 2012, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Dinamarca realizó una encuesta a tatuadores daneses. El propósito de la encuesta fue en las entrevistas para identificar las tintas del tatuaje que se utilizan en el mercado danés, y seleccionar los productos para su análisis. Todos los tatuadores entrevistados informaron que el negro es la tinta predominante. El color negro es utilizado para elaborar el tatuaje, los tatuajes en blanco / negro y hacer sombras. Los

tatuadores entrevistados declararon que utilizan la tinta del tatuaje de color rojo el segundo mejor (6).

Muchas personas de entre 18 y 30 años de edad se hace un tatuaje, sin embargo, los *tatuadores* declararon que los clientes representan a todos los grupos de edad, aun así, hay menos clientes en el grupo de edad mayor de 50 años que menores de 50 años. Cada vez más mujeres se hacen un tatuaje. Varios tatuadores informó de que tienen una pequeña mayoría de la clientela femenina (6).

Durante el año 2012, el Ministerio de Salud de Nueva Zelanda llevó a cabo un estudio de los niveles de metales pesados en muestras seleccionadas de tintas del tatuaje. Una muestra de 169 tintas fue adquirida de 10 fabricantes o grandes proveedores internacionales de sitios web. Hubo 18 marcas incluidas en la muestra, que consistía en 118 colores variantes. Las Muestras fueron analizadas para Arsénico, Bario, Cadmio, Cobalto, Cromo (VI), Cobre soluble, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Antimonio, Estaño y Zinc por los Servicios Ambientales del Laboratorio Eurofins (ELS). La mayor parte de los metales pesados se analizaron por digestión por microondas en ácido, seguido por la dilución y el análisis de múltiples elementos en plasma de acoplamiento inductivo-espectroscopia de masas (ICP-MS). Buffer (pH 5,5) extracción acuosa, la dilución y el análisis ICP-MS fueron empleados en la determinación de la concentración de cobre soluble (7).

De las 28 variantes de color rojo solo una presentaba superior para Cadmio. De las 11 variantes de color amarillo 6 excedieron para Cadmio; tres superaron para Zinc, mientras que todos los amarillos tuvieron niveles de Plomo que cumplan con las directrices. Había 9 colores variantes de muestras naranja probados y metales no conformes se registraron. Ocho superó el valor de referencia de Cadmio. De las 25 variantes de color verde. Había cuatro de Plomo y Cobre y nueve que superó las Directrices. Todas las muestras de color verde estaban por debajo del límite de detección para el Cromo VI. De las 15 variantes de color-azul analizado, hubo 56 metales no conformes. Todas las muestras analizadas estaban por debajo de la directriz para el cobalto, nueve superó la pauta para el Cobre soluble. Uno de cobre soluble no conforme estaba en un nivel 1.000 veces mayor que las Directrices (7).

En el 2012, los investigadores publishing en el British Journal of Dermatology encontraron que la mayoría de los pigmentos del tatuaje contienen pequeñas partículas llamadas nanopartículas, lo que podría suponer un riesgo para la salud. Las partículas son tan pequeñas que decenas de miles o más de ellos podrían caber en la cabeza de un alfiler. Los estudios muestran que las nanopartículas tienen el potencial de generar especies químicas inestables que pueden dañar las células y los tejidos. Los investigadores encontraron que las diferentes tintas de color tenían partículas de diferentes tamaños. Los pigmentos negros tenían las partículas más pequeñas, los pigmentos blancos tenían las tintas más grandes y los de color tenían tamaño intermedio. No era sólo por el tamaño, sino también la cantidad. Todas las tintas a excepción de los blancos estaban repletas de nanopartículas; los pigmentos negros estaban compuestos casi enteramente de ellos (8).

En octubre del 2013, el Instituto de Seguridad Ambiental de América afirmó que un tatuaje de tamaño medio (3 pulgadas por 5 pulgadas) contiene 1,23 microgramos de Plomo. Los metales pesados en las tintas de tatuaje pueden incluir Plomo, Mercurio, Arsénico, Cadmio, Cromo, Níquel, Hierro, Antimonio, Berilio, Cobalto y Titanio, algunas tintas de tatuaje serían adecuadas para uso como tinta de impresión o pintura del coche; algunas tintas rojas pueden contener mercurio que otros pueden contener Cadmio u óxido de hierro. Los metales, en particular los pigmentos rojo han sido reportados que causan reacciones alérgicas, tales como eccema, mientras que el rojo provoca la mayoría de los problemas; la mayoría de los otros colores de la tinta del tatuaje estándar también se derivan de metales pesados. Los metales pesados pueden tener una serie de efectos secundarios tóxicos y pueden ser vinculados con el cáncer y defectos de nacimiento (9).

Otros estudios

En setiembre del 2009, Desmond Tobin, director del Centro de la Universidad de Bradford para las Ciencias de la Piel, con Colin Grant, un ingeniero de medicina en la universidad, han demostrado que el colágeno, el tejido conectivo del cuerpo, está permanentemente dañado por los tintes, y que las nanopartículas de pigmento de tatuaje se transfieren fuera de la piel y en el cuerpo. Tobin refiere que las toxinas presentes en los tintes pueden estar entrando en el torrente sanguíneo y se acumula en el bazo o los riñones, dos órganos encargados de filtrar las impurezas de la sangre (11).

El octubre del año 2010, científicos de los EE.UU. han ideado la "escala de Kirby-Desai" para estimar cuántos tratamientos son necesarios para eliminar un tatuaje. Tatuajes negros en la piel blanca son los más fáciles de eliminar, mientras que los tatuajes de color en la piel oscura son los más difíciles. Los tratamientos sólo pueden llevarse a cabo cada seis a ocho semanas. Un tatuaje promedio podría tomar de ocho a 12 sesiones para eliminar, en alrededor de 350 dólares una sesión. Cada color del tatuaje puede requerir una longitud de onda de láser diferente, lo que significa que puede ser necesario más de un láser para ser utilizado (6).

En este mismo año 2010, un estudio realizado por Jorge Serup, profesor de dermatología de un hospital universitario de Copenhague, descubrió sustancias químicas que causan cáncer en 13 de 21 tintas del tatuaje europeos comúnmente utilizados. Una importante revisión publicada en *The Lancet Oncology* remonta 50 casos de cáncer de piel en los tatuajes, pero Serup dice que este número es insignificante dado el número de cánceres espontáneos que aparecen en la piel independiente del pigmento de tatuaje. Él cree que una de las razones que no surge cáncer es porque la tinta se inyecta profundamente bajo-capa estable de la piel llamada dermis. Los cánceres de piel ocurren generalmente en las capas activas anteriores, conocidos como la epidermis. Estas capas superiores se encuentran en un estado constante de renovación, en constante prolifera (12).

2.2. Marco teórico

El plomo ha sido definido como un probable carcinógeno para el humano, tanto por la EPA, como por la IARC (International Agency for Research on Cancer) (4).

Diversos estudios han mostrado la interacción que existe entre elementos esenciales como el calcio y el hierro. Se ha asociado una deficiencia de cualquiera de éstos con un incremento en la absorción y retención del plomo. La intoxicación neuronal por plomo puede resultar más grave si existe, además, una deficiencia de hierro. Si la concentración de hierro y calcio en el organismo puede ocasionar mayor absorción de plomo.

Al estudiar la sangre periférica se pueden observar megaloblastos, eritroblastos poliploides y punteado basófilo en los eritroblastos. La acción inhibitoria del plomo sobre la enzima pirimidin-5-nucleotidasa es la responsable de la reducción-degradación del RNA en los reticulocitos en vías de maduración y de la persistencia de las granulaciones basófilas.

La International Agency for Research on Cancer (IARC). Ha concluido que el Cromo (VI) es carcinógeno para seres humanos y que el Cromo (0) y el cromo (III) aun no pueden clasificarse respecto su carcinogenicidad. Para los seres humanos (4).

2.2.1. El tatuaje

El diccionario de la Real Academia Española, señala que la palabra “Tatuar” proviene del inglés: tattoo, y éste del polinesio tatau: tatuaje. La enciclopedia Encarta (2003), define la palabra “Tatuaje” de la siguiente manera: “técnica de decoración de la piel mediante la inserción de sustancias colorantes bajo la epidermis. La piel se perfora con un instrumento punzante, a menudo una aguja eléctrica (16)”

El diccionario correspondiente a dicha enciclopedia define la palabra “Tatuar” como: “Grabar dibujos en la piel humana, introduciendo materias colorantes bajo la epidermis, por las punzadas o picaduras previamente dispuestas”.

Hoy en día, en cambio, los tatuajes son considerados ornamentos de moda, arte corporal, fijación de la personalidad y atracción sexual, y constituyen una realidad social. Los tatuajes a corto y a largo plazo pueden causar diversas molestias tales como reacciones cutáneas, infecciones bacterianas o virales e inclusive enfermedades letales. Esto depende de la composición química de los tatuajes, de las distintas partes del cuerpo donde se realizan y de manera especial en los lugares donde se llevan a cabo la realización de este “arte”.

El tatuaje consiste en una serie de heridas punzantes con agujas que introducen tinta en diferentes niveles de la piel. Al principio, es posible que el tatuaje esté hinchado y que haya un poco de costra en la superficie. Es normal que del tatuaje salgan pequeñas cantidades de sangre durante las primeras 24 horas, y es posible que exude líquido transparente, amarillo o con sangre durante varios días.

Los tatuajes son formas de arte e identidad y son una marca permanente o diseño hecho sobre la piel mediante un proceso de punción e inculcar una gran cantidad de sales metálicas y tintes orgánicos que permanecen en la piel durante el tiempo de vida del portador, al elevar cicatrices. Existen muchas complicaciones asociadas con la introducción de pigmento en la piel.

Tintas del tatuaje son actualmente una combinación de colorantes orgánicos, sales metálicas y diversos aditivos incluyendo disolventes, tales como isopropanol y conservantes.

2.2.2. Fisiología de la piel

La piel es el órgano más extenso del cuerpo, al que recubre en su totalidad.

Las características, es decir, el grosor, el color, la textura de la piel no son uniformes en todo el cuerpo, así el grosor puede variar según la región anatómica desde 0.5mm en los párpados, hasta 6 a 8mm en las palmas y plantas respectivamente. Su peso representa el 6% del corporal.

Funciones:

- Protección y barrera del mundo externo: Defensa ante las infecciones por virus, bacterias u hongos, debido a que tiene un efecto antimicrobiano contra los agentes patógenos. Defensa frente a los estímulos nocivos mecánicos, químicos, térmicos y radiantes; debido a las características de flexibilidad, barrera aislante y barrera de penetración (13).
- Barrera respecto al mundo interior: Resulta fundamental para la homeostasis; evita la pérdida de líquidos, electrolitos y proteínas, interviene en la regulación de la temperatura corporal y en la respiración exógena (13).
- Función sensitiva: Mediante receptores sensitivos repartidos en toda su superficie que le permiten el reconocimiento del medio ambiente y sensaciones de tacto, presión, temperatura y dolor y permite el reconocimiento de la intensidad y procedencia de un estímulo (13).
- Función de comunicación y expresión: Cumple un papel esencial en la comunicación psicosocial, sobre todo a nivel facial. Su aspecto sería valorado para obtener conclusiones acerca de su edad, estado anímico, pero también para descartar posibles enfermedades internas (13).
- Función metabólica y de reserva: Destaca la síntesis fotoquímica de la vitamina D y el almacenamiento fisiológico de agua y tejido adiposo (13).
- Función inmunológica: Participa en la vigilancia inmunológica mediante queratinocitos, linfocitos, fibroblastos, melanocitos y células de Langerhans, entre otras, que sintetizan interleuquinas, factores transformadores de crecimiento, factores estimuladores de colonias, interferones y citolisinas (13).

Histología de la piel

La piel está formada por tres capas, que desde la superficie a la profundidad son la epidermis o capa superficial, dermis o capa media y la hipodermis o capa profunda.

Epidermis

Está conformada por células queratinizantes y no queratinizantes.

Células epidérmicas queratinizantes: Denominadas queratinocitos, constituyen un epitelio poliestratificado que emite numerosas prolongaciones hacia a la dermis subyacente llamadas crestas. Se disponen en hileras sucesivas o capas bien diferenciadas de acuerdo a las características morfológicas que ellas presentan, que desde la más profunda a la superficial son (13)(14):

- **Estrato Basal o Germinativo:** Formada por una sola hilera de células cilíndricas o rectangulares de orientación vertical asentadas en la unión dermoepidérmica y hacia la cual emiten diminutas prolongaciones repletas de hemidesmosomas para asegurar mayor fijación. En su citoplasma destacan abundantes gránulos de melanina de disposición supranuclear y un núcleo grande y basófilo, clara evidencia de su capacidad mitótica. Una vez que una célula basal deja su hábitat, su tránsito hasta la capa córnea dura 14 días; de este punto hasta ser descamada se requiere 14 días adicionales (13).
- **Estrato Espinoso:** También llamada capa de Malpighi. Está formada por múltiples células inicialmente poligonales de mayor tamaño que progresivamente se tornan más planas a medida que migran hacia la superficie; dispuestas en cinco a diez hileras; Poseen abundantes desmosomas con aspecto de espinas, filamentos y algunos lisosomas en su membrana y citoplasma (13).
- **Estrato Granuloso:** Las células espinosas al aplanarse desarrollan abundantes gránulos citoplasmáticos de queratohialina de forma y tamaño variable, verdaderos reservorios de proteínas estructurales y enzimáticas, coparticipes de la queratinización, dispuestos en dos a tres hileras de células poligonales y algo aplanadas (13).

- **Estrato lúcido:** Está formada por células enucleadas. Constituye una capa de transición entre el estrato granuloso y el estrato córneo. En su citoplasma se encuentra una sustancia llamada eleidina, que constituye una proteína que le da un aspecto brillante y acidófilo (13).
- **Estrato córneo:** Conformado entre diez y cuarenta hileras de células enucleadas, aplanadas y de gran tamaño, cuya dureza e impermeabilidad son consecuencia tanto del grado de diferenciación alcanzada como del nivel de integridad tisular que ella posee. El grosor de la capa córnea es variable dependiendo de la región anatómica que se estudie, también hay variaciones por edad, sexo y patología.

Las células de la capa córnea se descaman continuamente y su aspecto microscópico es el de una canastilla. Las fibrillas de queratina están embebidas en una sustancia opaca, interfilamentosa, constituida por mucopolisacáridos, la cual se descompone durante el proceso de la descamación.

Células epidérmicas no queratinizadas: Son elementos no epiteliales y de origen extra epidérmico, que se encuentran localizadas entre las diferentes capas de la epidermis, cumpliendo las funciones que le son específicas:

- **Melanocitos:** Son células dendríticas originada en la cresta neural, se encuentran localizadas en la capa basal en proporción de 1 a 10 y distribuidas irregularmente en toda la piel, cuya función primordial es la melanogénesis; constituye la síntesis de un pigmento llamado melanina que posee gran capacidad para absorber la energía radiante de la luz. Este proceso se realiza por medio de la tirosinasa que actúa sobre el aminoácido tirosina y lo convierte en melanina tras una serie de pasos en el interior de los melanosomas (13).
- **Células de merkel:** Son de contorno irregular, originadas en la cresta neural y epidermis; se localizan en la capa basal, en cercana vecindad de un axón amielínico, alcanzando su mayor densidad en la piel de labios, dedos, genitales y vaina radicular.

- **Células de langerhans:** De forma dendrítica y abundante citoplasma que contiene gránulos de Birbeck. Proceden de la médula ósea, se localizan en la capa basal, espinosa y granulosa; reconoce, fagocita, procesa y Presenta antígenos a los linfocitos T.

Dermis

También conocida como cutis o corion. Es una banda de tejido conectivo laxo o denso según su profundidad, entre 15 a 40 veces más gruesa que la epidermis.

Presenta dos regiones bien diferenciadas:

Dermis papilar: Localizada inmediatamente por debajo de la epidermis y hacia la cual emite prolongaciones digitiformes llamadas papilas dérmicas separadas entre sí por las prolongaciones epidérmicas interpupilares. Esta capa está constituida por fibras colágenas de pequeño calibre y fibras elásticas y abundantes vasos sanguíneos que nutren a la epidermis carente de los mismos.

Dermis reticular: Es la capa más profunda y gruesa, compuesta por fibrillas de colágeno de mayor calibre, entrelazadas con fibrillas de tejido elástico maduras y ramificadas que proveen una mayor elasticidad y resistencia al tejido dérmico.

La dermis contiene al igual que el resto de tejidos conectivos un componente celular, fibras y sustancia fundamental.

Fibroblasto: Es la célula más numerosa del tejido conectivo y es responsable de la síntesis y degradación de las proteínas fibrosas o no fibrosas y algunos factores solubles de la dermis.

Mastocito: Es una célula móvil, secretora especializada. Posee importantes propiedades y funciones en el sistema defensivo y es la encargada de la síntesis y almacenamiento de un variado número de mediadores de la inflamación: histamina, heparina, triptasa, quimasa, carboxipeptidasa, factor quimiotáctico de neutrófilos y eosinófilos. La activación de estas células es muy importante en la respuesta efectora de la alergia y es responsable de las reacciones de hipersensibilidad inmediata.

Histiocitos / macrófagos: Células dotadas de movilidad, cuya función es la fagocitosis y presentación de antígenos a las células linfoides inmunocompetentes, además son microbicidas por sus lisozimas, peróxidos y superóxidos.

Dendrocito: Importante célula inmunocompetente efectora en la respuesta inmune y altamente fagocítica.

Linfocito: Participa en las reacciones inmunes cuando la piel se encuentra afectada por proceso patológico.

Fibras de colágeno: Representan el elemento más importante de la dermis y le aportan su firmeza mecánica. Se sintetiza a nivel de los ribosomas del retículo endoplasmático del fibroblasto, una vez secretado el colágeno de la célula forma redes al entrecruzarse con las otras cadenas polipeptídicas. En la piel destacan los colágenos tipo I, III, V y VI a nivel intersticial y los de tipo IV y VII en la membrana basal (13).

Fibras elásticas: Se componen de proteínas microfibrilares con una matriz de elastina y forman en la dermis una red continua que aporta a la piel su elasticidad. Cambian con el envejecimiento, fotoenvejecimiento y en diferentes enfermedades genéticas.

Fibras reticulares: Constituyen fibras de colágeno joven y son las más abundantes en la dermis papilar y alrededor de los folículos pilosos.

- **Sustancia fundamental:** Sustancia amorfa que se encuentra en toda la dermis, los componentes principales son los proteoglicanos y glicosaminoglicanos como el condroitina sulfato, dermatan sulfato, heparin sulfato.

Unión Dermo-epidérmica

Representa una capa muy compleja de unión entre la epidermis y la dermis. Su estructura garantiza la estabilidad y la permeabilidad por lo que también es llamada membrana basal, en la que pueden observarse la existencia de cuatro zonas bien diferenciadas.

- **Porción intraepidérmica:** Constituida por la membrana plasmática del polo basal de los queratinocitos basales y sus hemidesmosomas
- **Lámina lúcida:** En la que se localizan numerosas estructuras filiformes dispuestas en haces y denominadas filamentos de anclaje.
- **Lámina densa:** Constituida por una red tridimensional de colágeno tipo IV, cuyos intersticios están rellenos de glucosamino, heparin sulfato y las glucoproteínas de adhesión laminina y fibronectina.
- **Zona sublaminar o reticular:** Se encuentran las estructuras filamentosas llamadas fibrillas de anclaje, numerosas fibras elásticas inmaduras y fibras de colágeno tipo III.

Hipodermis

Llamada también tejido celular subcutáneo o panículo adiposo, es una capa conformada por lipocitos, dispuesta en lobulillos separada por trabéculas de tejido conectivo, situada por debajo de la dermis. Constituye un cojín amortiguante contra el trauma y una barrera térmica.

La grasa que contienen los lipocitos está compuesta predominantemente por triglicéridos y especialmente por los ácidos palmítico, esteárico y oleico. Contiene un 10 a 30% de agua y menos de un 2% de colesterol.

Vascularización Cutánea

La vasculatura de la piel, se dispone en forma de dos plexos arteriovenosos horizontales superficial y profundo, localizados entre la dermis papilar y reticular el primero, y en el límite dermoepidérmico el segundo, e interconectados por vasos comunicantes de disposición vertical (13).

Los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas están rodeados por una red separada de capilares. La epidermis es totalmente avascular y su nutrición se verifica por simple difusión.

Inervación Cutánea

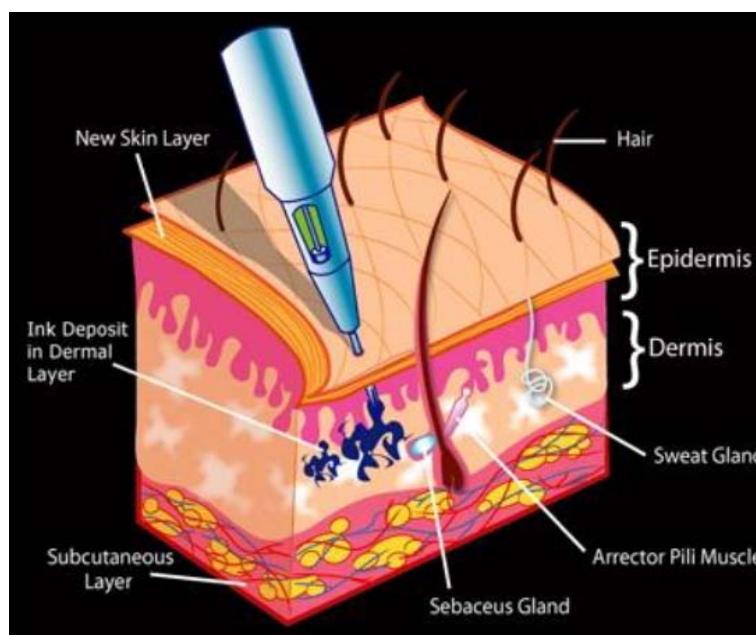
En la piel existen mecanorreceptores, termorreceptores y nociceptores, especializadas en captar las diferentes sensaciones como el dolor, prurito, temperatura, vibración, presión y peso. Algunos funcionan constantemente (liberan descargas eléctricas) e incrementan su actividad con el estímulo, en tanto que otros son silenciosos hasta el momento de recibir un estímulo como al cual pueden o no adaptarse rápidamente (13).

Introducción de tinta de tatuaje en la piel

Cuando se realiza un tatuaje, primero la aguja tendrá que atravesar la epidermis “rompiéndola” provocando dolor, para así pasar a la dermis que es la capa más profunda donde la acogerá permanentemente. Las células de la dermis son más estables que las células de la epidermis por esa razón la tinta no se daña con el tiempo ni se esparce siendo éste el mejor lugar para introducir la tinta. Estable quiere decir que estas células sirven de matriz o hueco intercelular de tejido conjuntivo.

Gao (2004) señala: “las agujas eléctricas punzan la capa externa de la piel y depositan la tinta en la dermis, una capa más profunda de piel llena de terminaciones nerviosas. El cliente vuelve a casa y espera hasta que las heridas superficiales se sanen [en caso de que sea muy grande o complejo y se necesite más de una sesión para hacerlo] antes de proceder a la segunda etapa del tatuaje” (15)(16).

FIGURA N°1: Explicación científica sobre cómo se hace un tatuaje.



Disponible en: <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/15785281/Asi-se-hace-un-tatuaje-explicacion-cientifica.html>

Los metales pesados tienen una serie de efectos tóxicos y puede ser vinculado con el cáncer y defectos de nacimiento. La mayoría de las tintas de color contienen varios minerales de colores, mientras que es más probable que contengan nanopartículas de tinta de color negro.

El tejido conectivo del cuerpo, se daña permanentemente por los tintes y que las nanopartículas de pigmento del tatuaje se transfieren de la piel y en el cuerpo las toxinas presentes en los tintes pueden entrar en el torrente sanguíneo y se acumula en el bazo o los riñones ambos responsables de filtrar impurezas de la sangre (9).

Las células del cuerpo puede digerir y destruir la tinta, Las células de la piel que contienen la tinta pueden ser asesinados por la luz solar. En estos casos, las partículas sueltas pueden entrar en el sistema linfático y venir a descansar en los ganglios regionales desde donde estén en contacto directo con la médula ósea y el sistema inmunológico (9).

A menudo, los patólogos encontrarán pigmento verde en el ganglio linfático de la zona. El nodo es un filtro que detiene más pigmento al entrar en la circulación sanguínea. Pero no sabemos el grado en que las partículas entran porque algunos, como los negros, son nanopartículas y puede pasar y llegar al torrente sanguíneo. "Estas nanopartículas podrían tener un efecto similar a la que ocurre con el metal sobre metal articulaciones de reemplazo de cadera. Como los componentes de estas articulaciones se mueven uno contra el otro, pueden liberar iones, tales como cobalto y cromo, en el torrente sanguíneo. Estos se acumulan y se han asociado con efectos sobre el corazón, la piel, endocrino y el sistema nervioso (9). Experimentos en ratas han demostrado que pequeñas partículas de los tipos de nanopartículas va directamente al torrente sanguíneo, mientras que las partículas más grandes se encuentran atrapados en los ganglios linfáticos.

2.2.3. Generalidades del Cadmio

El Cadmio es un metal que forma parte del grupo IIB de la tabla periódica, con un peso atómico de 112.41; la forma iónica del Cadmio (Cd^{2+}) esta usualmente combinada con formas iónicas del oxígeno (óxido de cadmio CdO), cloruro (cloruro de Cadmio, $CdCl_2$) o Sulfuros (sulfato de cadmio $CdSO_4$); se ha estimado que 300,000 toneladas de Cadmio son liberadas al medio ambiente cada año de las cuales 4,000 a 13,000 toneladas son derivadas de las actividades humanas: se puede encontrar en los suelos debido a los insecticidas, fungicidas y fertilizantes comerciales que utilizan Cadmio en la agricultura, en los cigarrillos, aleaciones dentales, aceite de motor. Peso atómico de 112.40 y densidad relativa de 8.65 a 20°C (68°F). Su punto de fusión es de 320.9 °C (610 °F) y de ebullición de 765 °C (1410 °F) son inferiores a los del Zinc. Hay ocho isótopos estables en la naturaleza y se han descrito once radioisótopos inestables de tipo artificial (17).

Toxicidad del Cadmio

El conocimiento de sus efectos sobre la salud ha ganado importancia con el reconocimiento de la enfermedad tai-tai (ay-ay), la cual recibió este nombre por los dolores de la enfermedad en los afectados, esta fue descrita con ocasión de la contaminación de los alimentos por Cadmio originada en una mina cercana a la

ciudad de Toyama, Japón, se encontró 2 mg cd /kg (2ppm) en el arroz que era consumido por la población (18).

Toxicocinética del Cadmio

El cadmio ingresa al organismo por inhalación o ingestión. El ingreso por la piel no está comprobado.

La absorción tiene que ver con la solubilidad del compuesto inhalado. Se estima que se absorbe del 10 al 40 % de las partículas inhaladas. Las partículas que no son absorbidas, ni digeridas ni eliminadas en las secreciones, van a constituir los depósitos de cadmio en árbol respiratorio. La absorción gastrointestinal es de aproximadamente 5-8%. Su biodisponibilidad depende de factores como: la dieta, contenido de Cd en los alimentos, el estado nutricional del individuo, edad, presencia de otros elementos (Zn, Fe, Ca, etc).En anémicos este porcentaje de absorción puede llegar a 20% (18).

El cadmio absorbido es transportado por la sangre (METALOTIONEÍNAS, en eritrocitos) a diversos órganos y tejidos, principalmente a riñones e hígado. En el organismo, 50.70% % del cadmio absorbido se encuentra en hígado y riño (19).

La fracción de Cadmio en plasma se encuentra unida en forma inestable a la metalotioneína 1 y es la que se transfiere rápidamente al riñón. En el tejido renal, en cambio, el cadmio acumulado se encuentra unido en forma relativamente estable a laMetalotioneína 2 (20).

En el tejido renal, en cambio, el Cadmio acumulado se encuentra unido en forma relativamente estable a la metalotioneína 2 y su vida media se estima hasta en 68 años. En el hígado, la mayor cantidad de Cadmio acumulado se encuentra unido también a la metalotioneína 2, con una vida media estimada hasta en 19 años. La vida media en sangre es aproximadamente de 2,5 meses (20).

La concentración en la corteza renal es 1,5 veces mayor que la del riñón total y se fija en las células del túbulo proximal. El hígado de adultos no expuestos tiene en promedio 2,7 mg de Cadmio.

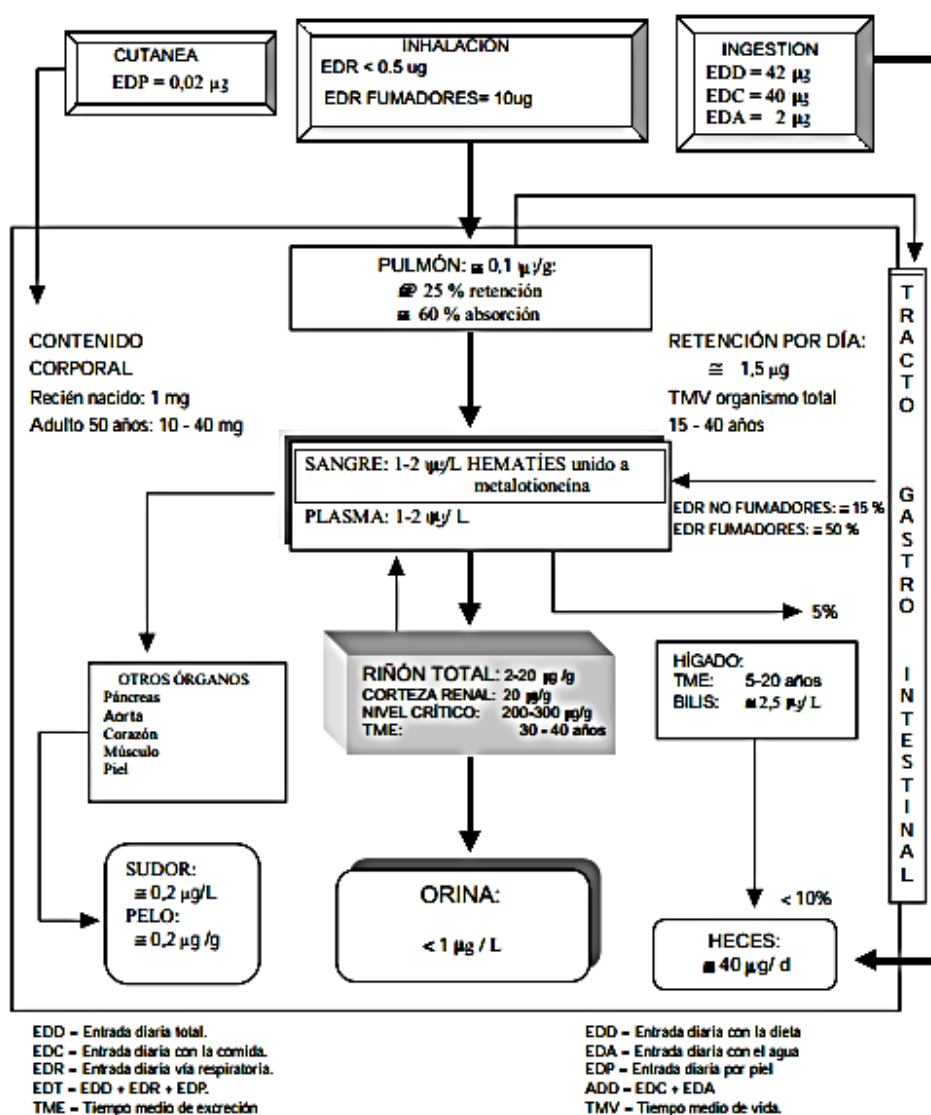
El Cadmio atraviesa la barrera placentaria fácilmente, induciendo allí la síntesis de metalotioneína, con lo que forma el complejo Cadmio-metalotioneina, que se

acumula progresivamente en la placenta durante el embarazo, actuando como mecanismo protector frente al transporte de Cadmio al feto (20).

La eliminación de Cadmio acumulado en el organismo se hace principalmente a través de la vía urinaria y por la heces (20).

Es posible encontrar Cadmio en la leche materna de mujeres no expuestas ocupacionalmente, es de 35 ug por litro en los primeros días después del parto hasta valores que varían de 0,1 ug/l a 10 ug/l para el periodo hasta seis meses.

FIGURA N°2: Toxicología del cadmio. Toxicocinética.



Adaptado de Kjellstrom T y Nordberg GF (*).

Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf

Toxicodinamia del Cadmio

La acción tóxica del Cadmio se debería a su afinidad por radicales de los grupos –SH, –OH, carboxilo, fosfatil, cisteinil e histidil y a su acción competitiva con otros elementos Funcionalmente esenciales, Zn, Cu, Fe y Ca. Sus principales interacciones serían:

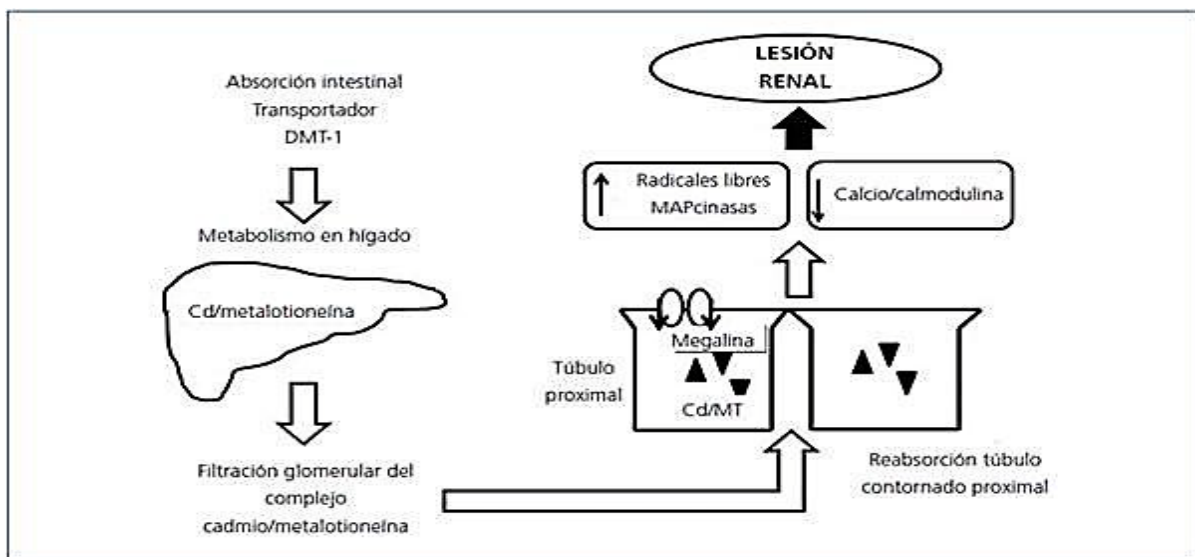
- Unión fuerte del Cd a los grupos –SH de las proteínas intracelulares, que inhibiría a las Enzimas que poseen estos grupos y
- Desplazamiento del Zn de los enlaces -S- y la consiguiente alteración enzimática y de sus procesos bioquímicos, que se refleja en su deficiencia relativa.

El cadmio captado por el hígado se combina con glutatión (GSH) y se excreta en la bilis o se liga a la metalotioneína, y así crea una forma de depósito del metal. Parte del complejo Cd-MT pasa al plasma. Este complejo, al ser captado por las células renales, penetra en los lisosomas; la metalotioneína es degradada en sus aminoácidos componentes (aa), se libera el Cadmio de tales estructuras y pasa al citosol. En concentraciones de 200 µg/g o mayores, el Cadmio daña el tejido renal y ocasiona proteinuria.² En el riñón sólo se excreta 1 a 2% de Cadmio tomado directamente de las fuentes ambientales, lo que provoca una acumulación dentro de dicho órgano (acumulación 10,000 veces más alta que en el torrente sanguíneo) Los efectos tóxicos del cadmio se manifiestan principalmente en los huesos y los riñones (órganos blanco) (21).

El Cadmio puede interactuar con transportadores de membrana involucrados en la captura de metales esenciales tales como Hierro y Zinc en el tracto gastrointestinal, logrando desplazar a estos metales ingresando al citoplasma celular; esto ocurre debido a que el Cadmio es capaz de mimetizar a estos cationes divalentes en el sitio de unión de uno o más acarreadores de proteínas y/o canales que transportan estos metales; ocasionando que el Cd²⁺ puede formar un complejo coordinado covalente con ciertas biomoléculas que contienen grupos sulfhidrilo tales como el glutatión o cisteína; asimismo una de las principales entradas del cadmio a la célula está dada por los canales de Calcio, tomando en cuenta que Cd²⁺ y el calcio tienen un radio iónico similar.

El riñón es más sensible al cadmio que el pulmón e hígado. El epitelio del túbulo renalproximal es el punto blanco. Su deterioro se pone de manifiesto por el incremento de proteínas de peso molecular bajo, lo que causa “proteinuria de peso molecular bajo” (21).

FIGURA N°3: Mecanismos fisiopatológicos de lesión renal por Cadmio.

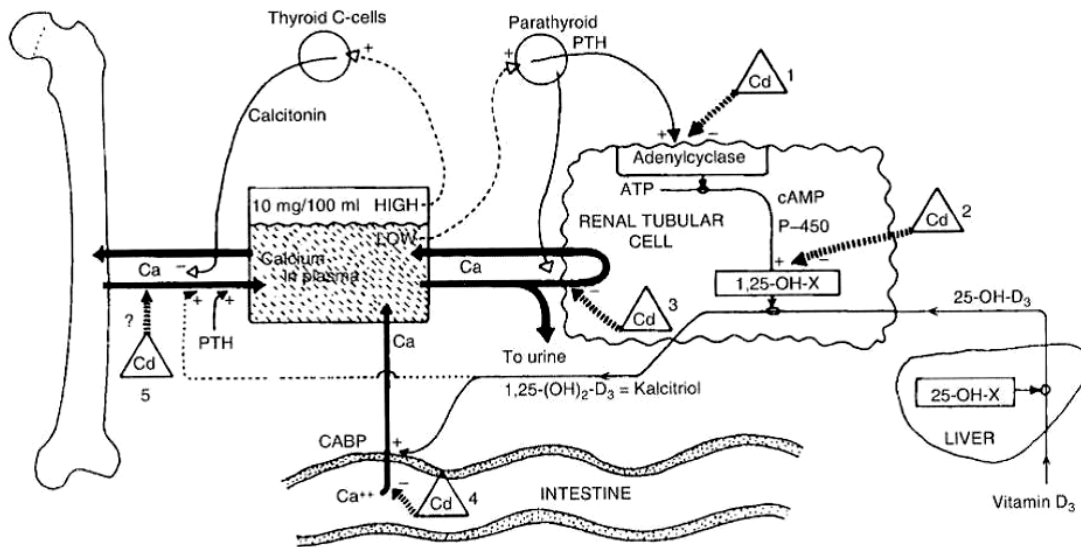


Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0211-69952012000500002&script=sci_arttext

Desmineralización ósea:

- Acción directa sobre el hueso.
- Indirecta, por la disfunción renal (disfunción tubular, hipercalciuria, alteración de la hidroxilación de la vit D).

FIGURA N°4: Desmineralización ósea:



Disponible en: http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/docs/docs/notas_prensa/esco_Camean_Fernandez.pdf

Límites de exposición (OMS)

Índices biológicos de exposición recomendada

- **Cadmio en sangre:** Límite de tolerancia biológica de 1ug/100 ml (indicando para evaluar exposiciones recientes, de los últimos meses).
- **Cadmio en orina:**
Límite de tolerancia biológica de 10 ug/g creatinina (para evaluar exposiciones prolongadas o intoxicación crónica).
- **Proteína de bajo peso molecular en orina:**
Para beta-2-microglobulina 0,2 mg/g creatinina.
- **Cadmio en la corteza renal:**
200 ppm es la concentración crítica de cadmio para causar alteración de la función renal y proteinuria.

En las células, el Cadmio se une a la metalotioneína, proteína cuyo peso molecular es de 6 945 u (7 000 dalton) y que contiene 26 grupos SH

La metalotioneína es el “medio de transporte” del Cadmio en el plasma sanguíneo.

Efectos del cadmio sobre la salud

- Toxicidad aguda:

Síntomas GI, Pérdida masiva de líquidos, edema, fallo multiorgánico.

Toxicidad Crónica:

- Efectos Renales: riñón, órgano diana

Lesión tubular: efecto más temprano

Lesión glomerular

Aumento excreción urinaria de proteínas de bajo Pm: - • 2Microglobulina (B2M)

- Desmineralización ósea:

Itai-itai: Consumo de arroz contaminado con Cd y metales pesados. Dolores generalizados, Fracturas óseas, Osteomalacia, osteoporosis, afectación renal, aumento excreción Ca^{2+} .

- Genotóxico:

No interacciona directamente con el ADN:

1. Inducción de Estrés oxidativo
2. Inhibición reparación de ADN

- Cancerígeno:

Grupo 1: Cancerígeno en humanos

Nuevos estudios en la población general han encontrado asociaciones con un Incremento de riesgo de cáncer de pulmón, endometrio, vejiga urinaria, y mama.

Grupo 2: Posiblemente carcinógenos

La Comisión Europea (EC, 2007) considera que no existe evidencia científica suficiente para afirmar que el Cd actúa como un carcinógeno tras exposición oral.

- Efectos Endocrinos:

Bajas dosis in vivo e in vitro tienen potente actividad estrogénica y androgénica in vivo e in vitro.

Evaluación diagnóstica

Laboratorio

Los indicadores más utilizados en las evaluaciones de exposición al Cadmio, son las determinaciones de los niveles de concentración en sangre y orina otros parámetros que pueden ser usados como indicadores son la medición de la proteinuria y la determinación en la orina de los niveles de beta-2-microbulina. En persona no expuesta los valores de beta-2-microbulina son habitualmente inferiores a 0,1mg/l. se puede efectuar también la determinación del cadmio en riñones e hígado obtenido por autopsia.

El diagnóstico precoz, preclínico, de la intoxicación crónica por Cadmio se puede hacer midiendo las concentraciones de orina de proteínas de bajo peso molecular, como; beta-2-microglubulina, mediante electroforesis o radioinmunoensayo.

El uso de espectroscopia de absorción atómica es lo más habitual para las determinaciones de la concentración de Cadmio en varios materiales. También son utilizados otros métodos, tales como la determinación directa, la espectroscopia de emisión y el análisis por activación neutrónica.

Tratamiento

No hay ningún método quelante médico conocido que es eficaz para el tratamiento de la toxicidad del Cadmio; Sin embargo, DMSA puede ser utilizado en casos de envenenamiento por Cadmio oral aguda para ayudar a prevenir la absorción adicional de Cadmio en el tracto gastrointestinal.

En caso de inhalación:

- Trasladar al paciente desde el área contaminada hacia una donde exista aire limpio
- Administrar sulfato de codeína para la tos, si esto es necesario
- Si existieran signos de edema pulmonar, iniciar el tratamiento de urgencia indicado.
- Administrar antibióticos como profiláctico de posible infección secundaria.
- Hacer pruebas de las funciones renales y hepáticas, para evaluar posibles daños.

En caso de ingestión:

- Administrar leche o huevos crudos y revueltos, varias veces y en intervalos cortos, para tratar la irritación gastrointestinal.
- Hacer lavado gástrico con leche, agua o solución de albumina, si el paciente no presenta vomito.
- Administrar 15 a 30 g de sulfato de magnesio o de sodio disuelto en agua.
- Hacer pruebas de las funciones del riñón y de hígado para evaluar posibles daños a estos órganos.

Uso de antídotos:

La utilización de antídotos quelantes como el dimecarpol (BAL) o sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en pacientes intoxicados con cadmio, ha causado efectos adversos graves. Estos compuestos aumentan de manera importante la cantidad de cadmio e el riñón, aumentando su toxicidad local y llevando a un daño grave e irreversible. Por eso, hasta ahora, esta conducta no se recomienda en el tratamiento de la intoxicación por Cadmio y está altamente contraindicado.

Uso de vitamina D, calcio y fósforo:

En el caso de la enfermedad itai-itai, descrita en Japón, el uso de gran cantidad de vitamina D por largo tiempo resulto en una disminución de los síntomas dolorosos y de las fracturas óseas espontáneas

El uso del Calcio y de Fósforo en las dosis habituales utilizadas para tratar insuficiencias vitamínicas, ha tenido efecto favorable en el tratamiento de los casos crónicos de intoxicación por Cadmio, como es el caso de la enfermedad itai-itai.

Una de las proteínas importantes en una intoxicación por Cadmio es la metalotioneina; esta proteína de bajo peso molecular y rica en cisteínas se encuentra presente en todos los tejidos, principalmente en hígado y riñones (donde se acumula más Cadmio en el organismo), funciona principalmente atrapando iones de Cadmio; asimismo, se encuentra en los astrocitos en el cerebro donde su función además de atrapar al Cadmio es una enzima antioxidante.

2.2.4. Generalidades del Cromo

El Cromo es un elemento natural, que se encuentra en rocas, plantas, suelos, animales y humanos y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del Cromo trivalente, o Cromo (III), y las del Cromo hexavalente, o Cromo (VI). El Cromo (III) es un nutriente esencial para los seres humanos, en los que promueve la acción de la insulina. El Cromo metálico, o Cromo (0), y los derivados del Cromo (VI), usualmente son de origen antropogenico (22).

Toxicocinética del Cromo

El Cr se absorbe por vía oral, respiratoria o dérmica. Se distribuye a nivel de médula ósea, pulmones, ganglios linfáticos, bazo, riñón, e hígado. La absorción del Cr (+3) es menor que la del Cr(+6). El Cr (+3) no atraviesa las membranas celulares, uniéndose directamente a la transferrina (22).

El Cr(+6) es rápidamente tomado por los eritrocitos e integrado a otras células por el sistema transportador de Sulfatos (22).

Metabolismo: El Cr (+6) se reduce rápidamente a (+3) intracelularmente a nivel de mitocondrias y el núcleo. A nivel del citoplasma por reductores intracelulares como el ácido ascórbico, el glutatión, flavo enzimas y riboflavinas. La reducción intracelular genera intermediarios reactivos como Cr(+5), Cr(+4) y Cr(+3), así como radicales libres hidroxilo y oxígeno. Estas formas reactivas del Cr son susceptibles de alterar el ADN (23).

Eliminación: Por vía renal el 60 %, en menor grado por heces (vía biliar), cabello, uñas, leche y sudor. En la orina encontramos fundamentalmente Cr(+3) formando un complejo con el glutatión, pues el Cr (+6) es reducido en gran parte a Cr(+3).

Cabe señalar que del cromo (VI) han demostrado un efecto cancerígeno en las vías respiratorias (pulmón, vaciedad nasal, seno paranasales) después de la inhalación (23).

Toxicodinamia del Cromo

Las manifestaciones tóxicas son generalmente atribuidas a los derivados (+6). Entre otras, la acción tóxica se produce por acción cáustica directa, sensibilización cutánea, citotoxicidad e inflamación de neumocitos, interacción con biomoléculas, el Cr(+6) induce alteración de cromátidas hermanas, aberraciones Cromosómicas y reacciones cruzadas en la cadena de ADN (22).

Límites permisibles

Aire

La OSHA ha establecido límites legales en el aire del trabajo de 0.005 mg/m³ para cromo (VI), 0.5 mg/m³ para Cromo (III) y 1.0 mg/m³ para Cromo (0) como promedios durante una jornada diaria de 8 horas.

Agua

La EPA ha establecido un nivel de contaminación máximo de 0.1 mg/L Para la cantidad total de cromo en el agua potable.

Efectos del Cromo sobre la salud

Cromo (III)

La exposición prolongada a cantidades excesivas de Cromo (III) puede causar problemas de salud, entre ellos, se puede desarrollar una sensibilidad al cromo que causa enrojecimiento de la piel y lesiones en esta.

CROMO (VI)

- Ojos: En los ojos expuestos de manera crónica a derivados de Cromo (VI) se observan conjuntivitis, lagrimeo y dolor.
- Piel: El ácido crómico y sus sales son corrosivos para la piel y las membranas mucosas. La lesión característica de la exposición a estos compuestos es una úlcera penetrante y profunda y cuya curación es lenta. A pesar de ser bastante profundas, estas úlceras no producen dolor. El Cromo (VI) tiene efectos de irritación y ulceración, además puede causar reacciones de enrojecimiento severo y edema de la piel.

- Sistema respiratorio: La exposición prolongada, puede causar irritación de la nariz, estornudos, comezón, sangrado, úlceras y eventualmente perforación de tabique nasal.
- Tracto gastrointestinal: La ingestión de cantidades elevadas causa un cuadro gastrointestinal agudo con vómitos sanguinolentos, diarrea, sangre en las heces y puede causar colapso cardiovascular y la muerte. Si el intoxicado sobrevive, los efectos posteriores pueden ser necrosis hepática y renal y conducir a la muerte.
- Cáncer: La exposición a largo plazo a derivados de cromo se ha asociado con cáncer del pulmón.

Diagnóstico:

El cromo puede determinarse en cabello, orina, suero, eritrocitos y sangre total

Debido a que el Cromo (VI) se transforma naturalmente dentro del organismo en Cromo (III), las concentraciones de Cromo en orina nos son útiles para determinar la clase de cromo a que estuvo expuesto el individuo, sin embargo, ya que es mucho más fácil que el Cromo (VI) entre a los eritrocitos, se considera que la presencia de Cromo en ellos probablemente indica exposición a Cromo (VI) y tomando en cuenta que los eritrocitos duran unos 120 días, si contienen cromo, se infiere que la persona estuvo expuesta a Cromo (VI) en los cuatro meses previos al análisis (22).

El contenido de Cromo en cabello (Cr-C), sangre (Cr-S) y orina (Cr-O).

Tratamiento

En las intoxicaciones agudas por sales hexavalentes de cromo se debe de administrar ácido ascórbico (1-3 g/IV/hora, durante 5 a 10 horas). El TLV para los compuestos de cromo hexavalentes es de 50 µg/m³, a excepción de los pigmentos.

Para el Cromato de Plomo es de 12 µg/m³, Cromato de Zinc es de 10 µg/m³, Cromato de calcio es de 1 µg/m³ y el Cromato de estroncio es de 0.5 µg/m³.

2.2.5. Generalidades del Plomo:

El Plomo se llama el terror mineral, ya que se asocia con la violencia, la disminución del cociente intelectual, ADD, ADHD y muchos problemas neurológicos

Los niveles medio ambientales de plomo han sido incrementados al menos más de 1,000 veces en los últimos tres siglos como resultado de la actividad humana, el gran incremento ocurrió entre 1950 y 20009 (24). El Plomo es un elemento natural que se encuentra en el grupo 14 (IV A) de la tabla periódica, con un peso atómico de 207.2, es de color gris-azulado usualmente combinado con dos o más elementos para formar componentes de Plomo (24).

Toxicidad del plomo:

Los niveles de Plomo en sangre indican una exposición reciente, mientras que los niveles de Plomo en hueso el cual forma de un 90 a 95 % de plomo concentrado en adultos y 80 a 95% del total en niños indican una exposición crónica (24).

La intoxicación por plomo ocurre luego de la exposición a este metal; este tiene muchos usos y fuentes como pueden ser baterías para autos, aditivo en la gasolina, revestimiento de cables, producción de tuberías, cisternas, protección de materiales expuestos a la intemperie, fabricación de municiones, pigmentos para pinturas y barnices, fabricación de cristales, esmaltado de cerámica, soldadura de latas, antisépticos (agua blanca de Codex). El tetraetilo y tetrametilo de Plomo se utilizan como aditivos y antidetonantes de gasolinas, contribuyendo a la contaminación ambiental (25).

El tetraetilo y tetrametilo de Plomo se utilizan como aditivos y antidetonantes. Las fundiciones de Plomo, la fabricación y desarmado de baterías para autos y la industria de la cerámica constituyen la principal fuente de intoxicación laboral en nuestro medio (25).

A pesar de ser una de las enfermedades laborales más antiguas, muchos de los trabajadores expuestos no cuentan con las medidas de protección personales adecuadas y se intoxican no sólo ellos sino sus familias, ya que transportan el plomo al hogar en sus vestimentas, recuérdese aquí que los niños son la población más vulnerable para este tipo de intoxicación (25).

Toxicocinética del Plomo

El plomo entra al cuerpo a través de la absorción intestinal por medio de la ingestión; a los pulmones ingresa a través de la inhalación y en la piel por adsorción; el plomo que ha ingresado al organismo es transportado por medio del torrente sanguíneo a todos los órganos y tejidos (24).

Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de Plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de Hierro y/o Calcio, si hay gran ingesta de grasa inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si es niño, ya que en ellos la absorción de Plomo es de 30 a 50 % mientras que en el adulto es de 10%. La absorción intestinal de Plomo en niños aumenta en casos de deficiencia de Hierro, Calcio y Zinc, que son condiciones comunes (25).

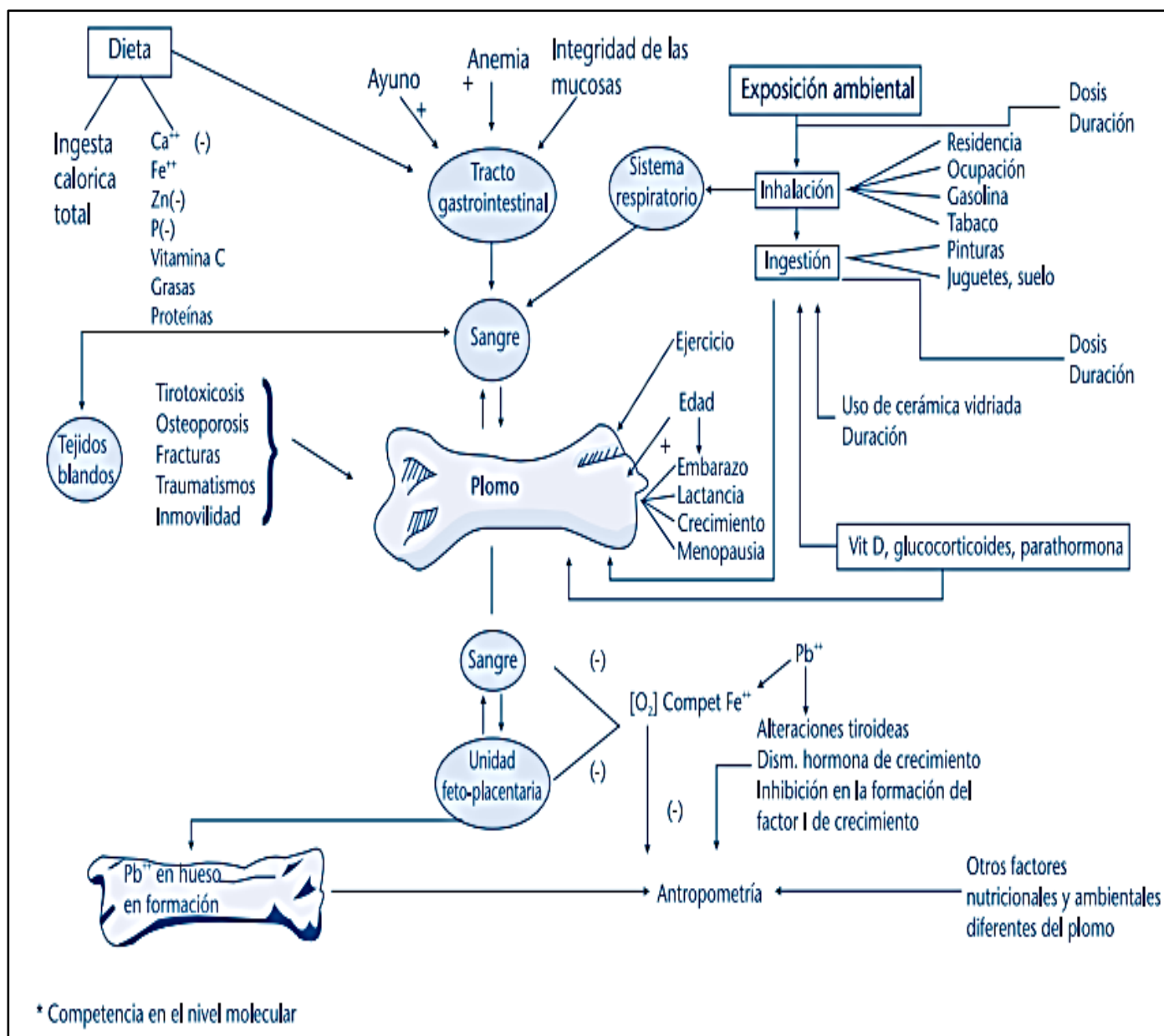
Una vez que el plomo ha sido absorbido puede acumularse en huesos, dientes, hígado, pulmón, riñón, cerebro y bazo; asimismo, es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica y placenta. La vida media de Plomo puede ser considerada más larga en niños que en adultos, el Plomo en la sangre tiene una vida estimada de 35 días, mientras que en tejidos blandos es de 40 días y en hueso de 20 a 30 años (24). Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del Plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el Plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. El Plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica.

Finalmente es excretada:

- ✓ Heces 10% y orina 80-90%. excreción en orina (bilis en heces) no absorbido: heces
- ✓ Pocas cantidades en bilis, sudor, saliva, cabello, uñas y leche materna.
- ✓ 24 a 40 días de eliminación de tejidos blandos y sangre y 104 días de hueso.

El Pb^{2+} y el Cd^{2+} atraviesan las membranas utilizando los canales del Ca^{2+} .

FIGURA N°5: Modelo biológico de plomo.



Fuente: Sanin, Helena y cols. Acumulación de plomo en huesos y sus efectos para la salud. Salud Pública Mex 1998; 40:359-368). Disponible en: <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v40n4/Y0400409.pdf>

TOXICODINAMIA

El Plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de Zinc. En primer lugar parece ser que el Plomo interfiere con el metabolismo del Calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el Plomo altera el Calcio de las siguientes formas (25):

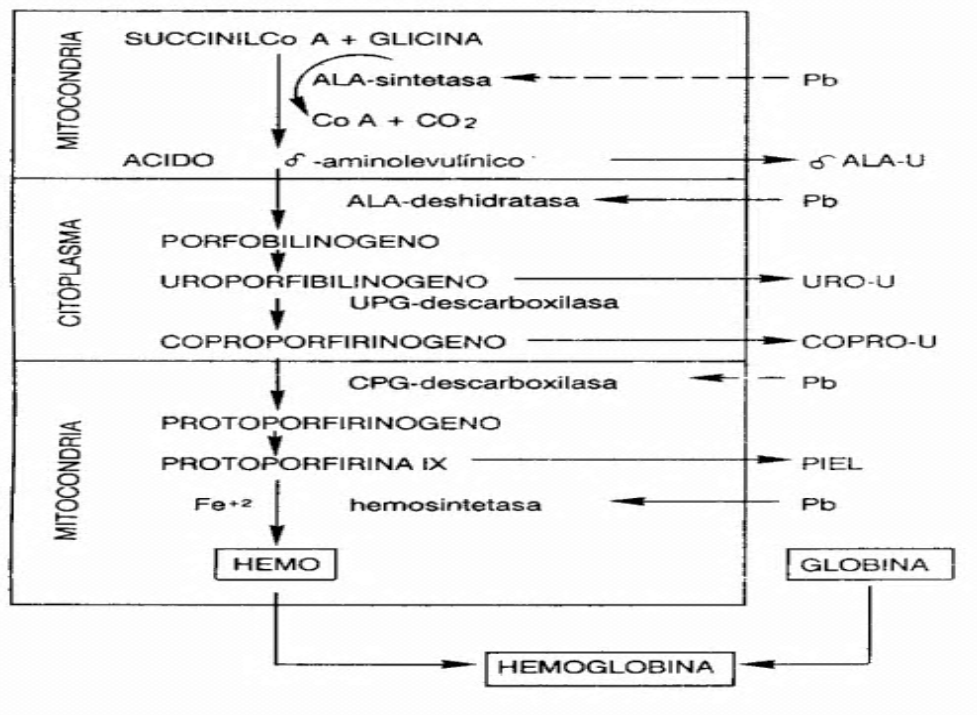
- a) Reemplaza al Calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del Calcio en los compartimentos dentro de la célula.
- b) Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del Calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
- c) Se une a la calmodulina más ávidamente que el Calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
- d) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el Calcio intracelular.

Finalmente, esta alteración a nivel del Calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad (25).

El Plomo tiene la capacidad de formar ligaduras covalentes, principalmente con átomos de azufre de moléculas biológicas y también con grupos a amino y carboxilo. Así estos agentes provocan alteraciones de la estructura terciaria de moléculas orgánicas, además alterar y dañar funciones bioquímicas (26).

- Sistema hematopoyético: inhibición de la síntesis del grupo hemo (d-ALAD). Alteraciones morfológicas celulares, Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la d-aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa, siendo el resultado final, el aumento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia (25).

FIGURA N°6: Esquema de Biosíntesis del HEMO



Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/021542/021542-05.pdf>

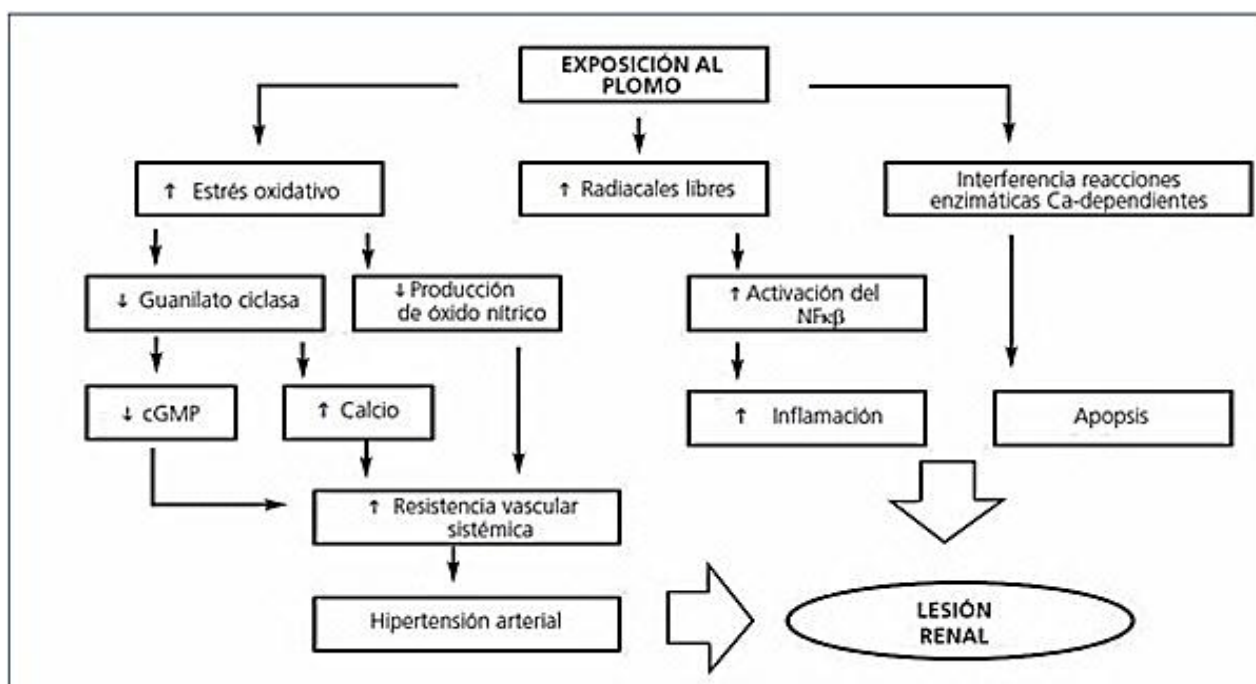
- Sistema renal: Inclusiones, fibrosis, nefritis.

El Pb unido a proteínas de bajo peso molecular (< del 1% del total) se filtra libremente a través del glomérulo y es reabsorbido por las células del TCP por el proceso de endocitosis. En el interior de la célula, el Pb causa daño mitocondrial, formación de radicales libres, depleción intracelular de GSH y apoptosis. El Pb afecta también a reacciones enzimáticas en las cuales interviene el calcio e incluso el receptor sensor de Calcio puede ser activado por Pb, lo cual sugiere otros mecanismos de nefrotoxicidad por este metal (25).

El Pb induce activación del factor de transcripción nuclear- κ B, la activación del sistema intrarrenal de renina-angiotensina y la atracción de macrófagos, lo cual genera un proceso inflamatorio en el intersticio renal que podría estar implicado en el desarrollo de daño al túbulo intersticial y en la hipertensión arterial. En células endoteliales, se ha demostrado que el incremento en la formación de radicales libres por Pb disminuye la producción de Óxido Nítrico y la expresión de la enzima guanilato-ciclasa. Estos efectos permiten explicar la patogénesis de la hipertensión arterial inducida por este metal. Además, estimula la actividad de la NADP (H)

oxidasa incrementando la producción de superóxido y peróxido de hidrógeno, lo que afecta al estrés oxidativo y el potencial REDOX intracelular (24).

FIGURA N°7: Mecanismo fisiopatológico de lesión renal por plomo
GMP: *cyclic*guanosinemonophosphate; NF••: factor de transcripción nuclear••



Disponibles en: http://scielo.isciii.es/pdf/nefrologia/v32n3/revision_corta1.pdf

El plomo se almacena principalmente en la mitocondria produciendo daños en su metabolismo energético, induciendo la producción de radicales libres, inhibiendo la captura del calcio mitocondrial a la vez que favorece su liberación. Este desarreglo en la actividad de la mitocondria lleva a una apertura del poro mitocondrial con subsecuente liberación del citocromo C y posible activación de caspasas 9 y 3 favoreciendo la presencia de apoptosis.

Entre los principales mecanismos de acción de la neurotoxicidad de plomo se encuentra el incremento en la peroxidación de lípidos y una disminución en la actividad de las enzimas antioxidantes en animales expuestos a diferentes concentraciones de plomo (24).

En los últimos años se ha reportado que el Plomo interfiere con receptores acoplados a segundos mensajeros como la proteína cinasa C, que interfiere también con la liberación de neurotransmisores tales como acetilcolina, dopamina, noradrenalina y GABA (24).

Existen tres mecanismos en la neurotoxicidad del Plomo:

1. El efecto que ejerce en la liberación de glutamato,
2. El efecto en la función de los receptores tipo N-metil-d-aspartato (NMDA) los cuales son afectados produciendo elevada excitotoxicidad y
3. El efecto que tiene el Plomo en la producción de óxido nítrico vía la activación de la sintetasa del Óxido Nítrico.

El Calcio es de suma importancia para la actividad neuronal, ya que controla procesos como la secreción de neurotransmisores.

El Calcio entra a la neurona a través de canales, los cuales se abren por una despolarización de la membrana (canales dependientes de voltaje) o por la unión directa a una molécula (canales activados por receptor). Estos últimos también se llaman canales activados por NMDA (N-METIL-D-ASPARTATO) ya que esta molécula los abre (24).

- El plomo inhibe la activación de ambos tipos de canales.
- Aparentemente su acción inhibitoria se ejerce en el exterior del canal.
- Como resultado, el plomo provoca una disminución en la concentración intracelular del Calcio.
- Parte de esta acción del plomo es irreversible.

Valores normales de Plomo en sangre:

- 70 y 80 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ de sangre, siempre que se cumpla alguna de las siguientes situaciones:
 - a) Nivel de protoporfirina zinc en sangre (PPZ), inferior a 20 $\mu\text{g}/\text{g}$ de hemoglobina.
 - b) Nivel de ácido deltaaminolevulínico en orina (ALAU), inferior a 20 $\mu\text{g}/\text{gr}$ de creatinina.
 - c) Nivel de deshidrata del ácido deltaaminolevulínico en sangre (ALAD) superior a 6 unidades europeas (UE).

Los síntomas de intoxicación ocurren entre los 35 y 50 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en niños y 40 -60 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en adultos; y, la toxicidad severa, entre los •70 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en niños y •100 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en adultos.

Efectos del plomo sobre la salud

La toxicidad aguda se presenta luego de una exposición respiratoria a altas concentraciones, con encefalopatía, insuficiencia renal y síntomas gastrointestinales. La toxicidad crónica es la más frecuente y se manifiesta con compromiso multisistémico: hematopoyético, del sistema nervioso, gastrointestinal, riñón y sistema reproductor.

Efectos hematológicos

El Plomo tiene múltiples efectos hematológicos induciendo anemia, glóbulos rojos microcíticos e hipocrómicos, deficiencia de hierro e inusual incremento en el número de reticulocitos; la anemia resulta de dos defectos básicos: disminución del tiempo de vida del eritrocito y daño en la síntesis del grupo hemo. El nivel sanguíneo de plomo materno aumenta el riesgo fetal y de alteraciones neurológicas en los recién nacidos.

En niños, se ha asociado la exposición al plomo con ausencias más frecuentes a la escuela, menor rendimiento escolar, intervalos de reacción prolongados y coordinación mano-ocular disminuida.

Efectos neurológicos

Los problemas neurológicos se pueden presentar aun en individuos con niveles de Plomo en sangre considerados seguros (<10 µg/dL).

Daño neurológico en adultos:

Encefalopatía (100 - 120 µg/dl de Pb en sangre) Pérdida de memoria, atención pobre, irritabilidad, cefalea, temblores musculares, torpeza, alucinaciones, fatiga, ataxia, convulsiones, coma.

Efectos neurológicos y neuroconductuales (40-80 µg/dl): Cefalea, pérdida de la libido, depresión, debilidad, etc. Alteración en los tiempos de reacción, pobre desempeño en las pruebas de coordinación viso-motora, etc.

Sistema nervioso periférico (30 µg/dl): Disminución en la conducción nerviosa. La encefalopatía plúmbica caracterizada por trastorno del sensorio y convulsiones se presenta en pacientes con plomo en sangre mayor de 100 mg/dL.

Figura N°8: Polineuropatía plúmbica



Fuente: (tomado de krantz y dorevich. Metal exposure and common chronic diseases: a guide for the clinician. Dismonth 2004;pag 25)

Efectos del plomo, daño neuroconductual en niños

Encefalopatía (80 - 100 µg/dl de Pb en sangre): Pérdida de memoria, atención pobre, irritabilidad, cefalea, temblores musculares, torpeza, alucinaciones, fatiga, ataxia, convulsiones, coma, etc.

Efectos auditivos

Población con niveles de plomo en sangre de 7-18 µg/dl, Pérdida de 2 dB de capacidad auditiva a frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

Efectos del plomo, daño renal

Adultos (40 - > 100 µg/dl de Pb en sangre)

Daño Agudo Reversible. Inclusiones nucleares, cambios mitocondriales y citomegalia, todo en células de túbulo proximal; puede presentarse aminoaciduria, glucosuria y fosfaturia.

Daño Crónico Irreversible. Fibrosis intersticial, dilatación tubular, atrofia de células tubulares, disminución de filtración glomerular.

Niños: Se presenta daño renal tubular a bajas concentraciones de plomo medida por la presencia de N-acetil-beta-D-glucosaminidasa en orina. Por cada 10 µg/dl de Plomo en sangre se incrementa la enzima en orina en un 14%.

Efectos del plomo, hipertensión arterial en adultos

"Una evaluación en Estados Unidos estimó que una reducción de 50 % en los niveles de plomo en sangre evitaría 24 mil casos de infarto al miocardio y 100 mil casos de todas las enfermedades cardiovasculares".

Efectos del Plomo, daño reproductivo

La exposición al plomo causa disminución de la cuenta total y aumento en la proporción de espermatozoides anormales. Los efectos comienzan con niveles de alrededor de 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$. La exposición crónica, aparte del efecto de una exposición aguda, también disminuye la concentración y motilidad de los espermatozoides.

Algunos pacientes con mala higiene oral pueden tener el Ribete de Burton olíneade sulfuro que consiste en una línea oscura entre la base del diente y la encía, debido a que el sulfuro liberado por las bacterias se une al Plomo: Sulfuro de Plomo.

FIGURA N°9: Ribete de Burton



Fuente:Ribete de Burton. (Tomado de López y cols. *Anemia secundaria a intoxicación por plomo. Nuestra experiencia de 12 casos. RevClinEsp 2001; 201:390-393*)

La exposición crónica al Plomo puede causar defectos de nacimiento, retraso mental, autismo, psicosis, alergias, dislexia, hiperactividad, pérdida de peso, temblor de las manos, debilidad muscular y parálisis (a partir de los antebrazos).

Evaluación diagnóstica

Determinación de Pb en sangre total

El plomo depositado en el hueso es importante por tres razones:

- a) En el hueso se realiza la medición más significativa de exposición acumulada al Plomo. Actualmente en EEUU y México se usa los rayos X fluorescentes que permiten la medición de plomo en el hueso (tibia), como un indicador de exposición y acumulación, en muchos casos ayuda más que una plumbemia y/o una ZPP, la concentración de Plomo en la tibia correlaciona muy bien con la exposición acumulativa al plomo, es un método no invasivo e indoloro que por su alto costo sólo se usa con fines de investigación.
- b) El hueso es reservorio del plomo (97% del Plomo corporal total está en el tejido óseo) y puede aumentar en sangre cuando existan procesos fisiológicos o patológicos que provoquen resorción ósea como embarazo, lactancia, hipertiroidismo, inmovilización, sepsis, etc.
- c) También es órgano blanco, ya que el Plomo altera el desarrollo óseo.

El análisis de Pb puede realizarse por espectrofotometría de absorción atómica y por el método de la ditizona. El resultado sólo orienta sobre el Pb circulante en el momento del examen, pero no permite juzgar el grado de impregnación tóxica del organismo.

Existen otros métodos que pueden ser usados para la evaluación de intoxicación por Plomo y es la determinación de protoporfirina eritrocitaria libre (FEP). Concentraciones de FEP mayores de 35 ug/dl son consistentes cuando hay desmedida absorción de Plomo.

La protoporfirina eritrocitaria Zinc es el indicador más específico de la toxicidad por plomo, inclusive superior que el FEP. Los valores normales de protoporfirinaeritrocitaria Zinc es < de 100 ng/dl. La prueba de la inhibición eritrocitaria de la deshidratasa del ácido deltaminolevulínico es también una medición muy sensible de la toxicidad por plomo. Las concentraciones de Plomo en

sangre son evidencia de una exposición reciente pero no indican la carga del organismo a exposición pasada.

El examen físico debe incluir evaluación de cambios de conducta y de los sistemas neurológico, hematológico, cardiovascular (presión arterial), gastrointestinal y renal. Se debe evaluar en los niños el progreso de la audición, pronunciación y momentos claves del desarrollo.

En niños, las radiografías de huesos largos pueden mostrar las líneas de Plomo, líneas de mayor densidad en las metáfisis de crecimiento. Ésta no es una prueba que se utiliza para el diagnóstico, pero su presencia indica exposición crónica.

Figura 10: Radiografía de las rodillas. Note las líneas de Plomo debido a la densidad aumentada en la metáfisis de crecimiento.



Fuente: Poma, Pedro A. Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina, Vol. 69, Núm. 2, 2008, pág. 125.

Tratamiento

El tratamiento consiste en alejamiento de la fuente de exposición y tratamiento quelante si la plumbemia es mayor de 60 ug/dL no según clínica. Los quelantes usados son los mismos que para cualquier intoxicación plúmbica:

a) Edetato-Disódico-Cálcico (EDTA Ca) a dosis de 30 - 50 mg/kg/día (1 500 mg/m²/d) diluido en dextrosa al 5% (para una dilución de 2 a 4 mg/ml), a pasar por goteo endovenoso en 6 a 8 horas, por 5 días consecutivos. El EDTA Cálcico ha sido asociado con redistribución del plomo hacia tejido blando y cerebro, precipitando la encefalopatía plúmbica en aquellos pacientes con absorción continuada de plomo y

con alta carga corporal de este metal; por lo que en estos casos se debe asociar en el tratamiento el siguiente quelante.

b) Dimercaprol (BAL) que se asocia a EDTA-Ca en casos de encefalopatía o plumbemia mayor a 100 mg/dl en adultos y mayor a 60 mg/dl en niños a dosis de 3 a 5 mg/kg/dosis, por vía intramuscular, 4 horas previa al EDTA cálcico, el 1º y 2º día cada 4 horas, el 3º y 4º día cada 6 horas y el 5º día cada 12 horas.

c) Ácido dimercaptosuccínico (DMSA), tiene la ventaja de que provoca pocos efectos adversos y de que se usa por vía oral a dosis de 10 mg/Kg/ dosis repartidos cada 8 horas por 5 días, luego cada 12 horas por 14 días más. Este quelante no redistribuye el plomo a cerebro.

En niños, se debe evitar el ácido etileno diaminotetraacéticodisódico (Na₂EDTA), porque puede causar hipocalcemia y paro cardíaco fatal.

2.3.Marco conceptual

Cáncer: Es una enfermedad provocada por un grupo de células que se multiplican sin control y de manera autónoma, invadiendo localmente y a distancia otros tejidos. En general, tiende a llevar a la muerte a la persona afectada, si no se trata adecuadamente. Se conocen más de 200 tipos diferentes de cáncer, los más comunes son los de piel, pulmón, mama y colorrectal.

La apoptosis: Definida como muerte celular programada, es un proceso celular activo asociado a condensación citoplásmica y encogimiento nuclear, liberación de citocromo C de la mitocondria, activación de caspasas, y puede ser inducida por una variedad de estímulos fisiológicos y/o tóxicos. Se ha reportado que el cadmio puede inducir apoptosis a través de la vía mitocondrial.

Estrés Oxidativo: Formación de especies reactivas de oxígeno. Se conocen como moléculas radicales o no radicales que son consideradas como agentes oxidantes.

Especies reactivas de oxígeno (EROs): Se caracterizan por tener un electrón desapareado, lo que los hace muy reactivos, debido a que tienden a sustraer un electrón de moléculas estables con la finalidad de alcanzar su estabilidad electroquímica. Las ERO comprenden al: radical O_2 , peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radical hidroxilo ($OH \cdot$) y lipoperoxidos que se han relacionado con una variedad de enfermedades.

Metalotioneína: Constituyen una familia de proteínas ricas en cisteína, de bajo peso molecular (entre 6000 y 7000 Da). Se encuentran en el aparato de Golgi de las células. Las MTs tienen la capacidad de unirse a metales pesados tanto fisiológicos (zinc, cobre, selenio) como xenobióticos (como cadmio, mercurio, plata y arsénico), a través de los grupos tiol (-SH) de sus residuos de cisteína, que representan casi el 30% de aminoácidos.

Toxicidad: Grado de efectividad que poseen las sustancias que, por su composición, se consideran tóxicas. Se trata de una medida que se emplea para identificar al nivel tóxico de diversos fluidos o elementos, tanto afectando un organismo en su totalidad (por ejemplo, el cuerpo del ser humano) como sobre una subestructura (una célula).

Inocuidad: Es un concepto que se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor; aunque el concepto es más conocido para los alimentos conociéndose como inocuidad alimentaria, también aplica para la fabricación de medicamentos ingeribles que requieren medidas más extremas de inocuidad.

CAPÍTULO III

3.1. Metodología

3.1.1. Es analítico (análisis), dado que se analizan cada elemento individualmente.

3.1.2. Es deductivo, porque se parte de datos generales validados para llegar a una conclusión de tipo particular.

3.2. Tipo y Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

- ✓ Es descriptivo, porque nos permite reunir la medida de la concentración de plomo, cadmio y cromo en diferentes tintas de tatuaje de distintas marcas.
- ✓ Es observacional, porque se inicia en base a la observación de la no existencia de normas legales en cuanto a plomo, cadmio y cromo en tintas de tatuaje.

3.2.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental debido a que no se genera manipulación de variables ni alguna situación, sino que se observan y describen situaciones ya existentes. Y se realiza de forma transversal debido a que se centra en el análisis de las variables en un momento determinado.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

Tintas de tatuaje corporal de color rojo, verde, amarillo y negro, comercializados en la Galería canto grande (tatumpiercing) AV. Canto grande S/N-San Juan de Lurigancho, CC. La cachina AV. Argentina N° 801-Breña, viaveneto, Jr. De La unión N° 835-cercado de lima y bundingpiercing AV. San Martin N° 235-San Juan de Lurigancho.

3.3.2. Muestra

El muestreo se realizó en el lugar de su comercialización ubicado en la Galería canto grande (tatumpiercing)AV. Canto grande S/N-San Juan de Lurigancho,CC. La cachina AV. Argentina-Breña N°801, viavenetoJr. De La unión N° 835-cercado de lima y bundingpiercing AV. San Martin N° 235-San Juan de Lurigancho, obteniendo cuatro marcas referenciales de tintas para tatuaje corporal para su respectivo análisis. (RADIANT COLORS, INTENZE, INTERNAL INK y ETERNAL INK).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

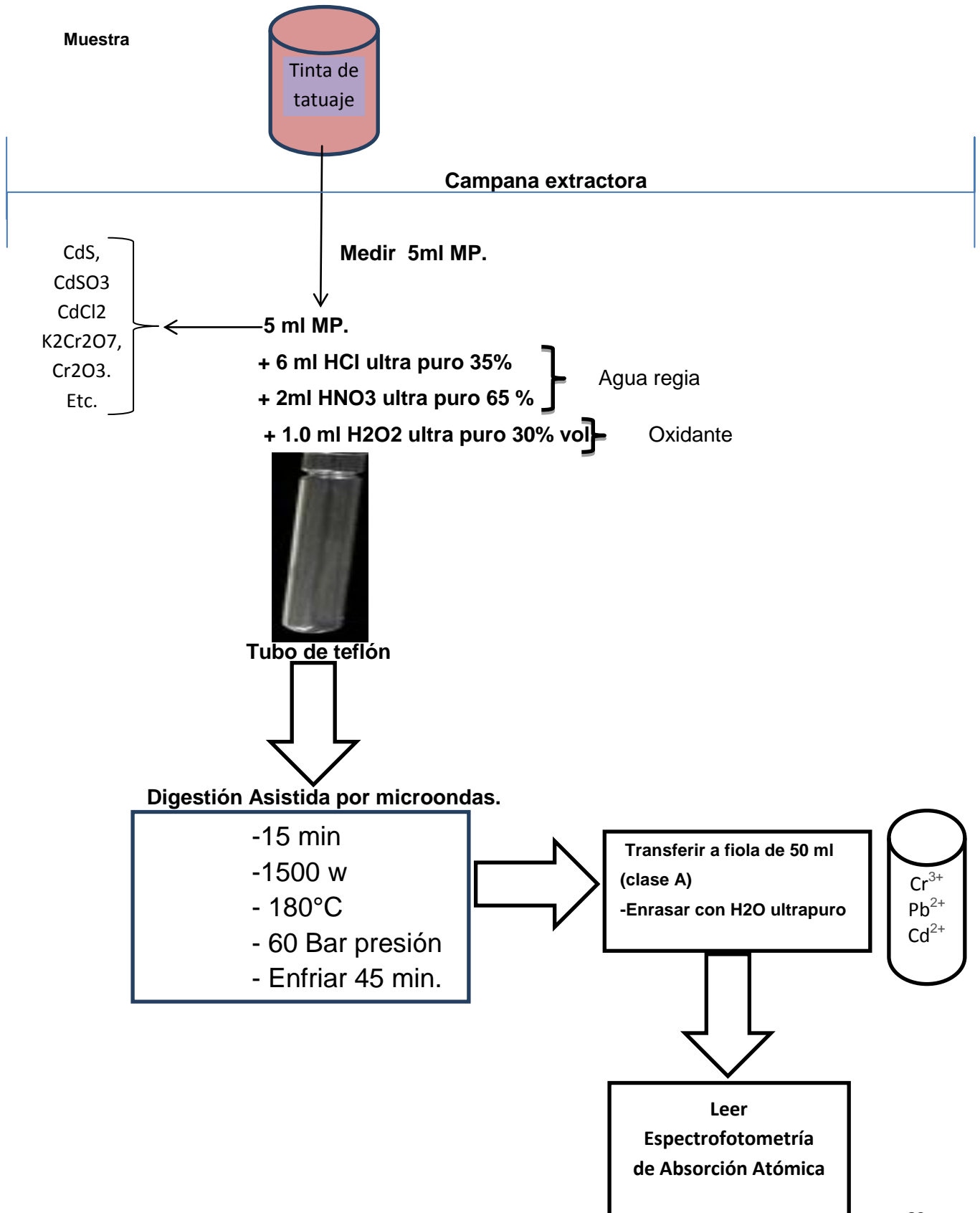
Las muestras se obtuvieron mediante un sistema de compra en locales donde se realizan la práctica de tatuajes en la Galería canto grande (tatumpiercing) AV. Canto grande S/N-San Juan de Lurigancho, CC. La cachina AV. Argentina N°801-Breña, GaleríaviavenetoJr. De La unión N° 835-cercado de lima y bundingpiercing AV. San Martin N° 235-San Juan de Lurigancho, en lima metropolitana – Perú.

El plomo, cadmio y cromo fueron cuantificados por el equipo de absorción atómica con horno de grafito, marca PerkinElmersAnalyst 600

TRATAMIENTO DE LA MUESTRA:

- Limpieza y acondicionamiento de material: Todo el material de vidrio utilizado en este análisis después de su lavado fueron dejados por 24 horas con ácido nítrico al 10% y enjuagados con agua ultra pura y finalmente secado en estufa.
- Cantidad de muestra a utilizar 5 ml de muestra en una balanza analítica, calibrada.
- Destrucción de la materia orgánica por el método de digestión asistida por microondas: La primera etapa consiste en la digestión de la muestra, es decir la destrucción de materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica.
- La muestra de 5 ml se coloca en un tubo de teflón se le adiciona 6ml de ácido Nítrico 65% ultra puro más 2 ml de ácido Clorhídrico 37% ultra puro y 1 ml de agua oxigenada ultra pura al 30% se sella el balón y es llevado a digestión por microondas.
- El digestor empleado de marca SEM modelo MARS 6 a una potencia de 1500w, con un tiempo de 15 minutos y 45 minutos de enfriamiento.
- Luego fueron transvasados a una fióla de 50 ml y enrazados con agua ultra pura Tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al espectrofotómetro de Absorción Atómica marca PerkinElmersAnalyst 600 técnica sensible a lecturas en ppb.

GRÁFICO Nº11: Flujograma de tratamiento de la muestra



Fuente: presente estudio.

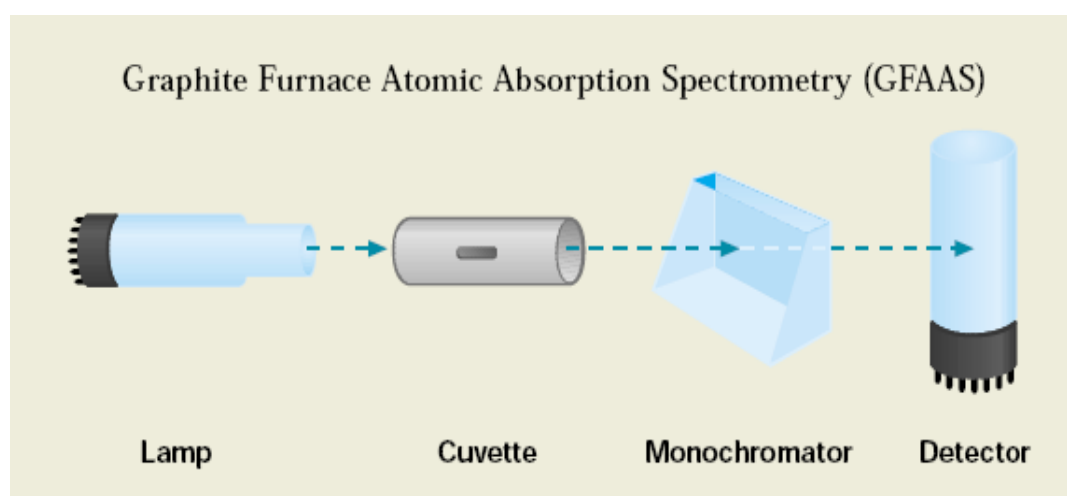
MÉTODO ANALÍTICO: Espectrofotometría de Absorción Atómica

El equipo de Espectrometría de Absorción Atómica, toma los iones (catión) que están en la matriz y los va a convertir a todos los cationes en átomos (estado elemental).

La absorción atómica es el proceso que ocurre cuando átomos de un elemento en estado fundamental absorben energía radiante a una longitud de onda específica, por esta razón permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 μL) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. El equipo consta de una lámpara de cátodo hueco, que Consiste en un tubo de vidrio conteniendo argón o neón a baja presión (1–5 torr.) y dos electrodos. El ánodo suele ser de wolframio, y el cátodo, de forma cilíndrica, está construido con el metal que se desea analizar, se introduce en la trayectoria del rayo de un espectrómetro de absorción atómica con el dispositivo de atomización y un detector. Dos fotomultiplicadores miden la intensidad de la radiación después de salir del dispositivo de atomización durante el suministro de una solución de muestra. La concentración del elemento en la muestra puede calcularse a partir de la diferencia entre las dos intensidades.

Esta técnica tiene tres formas de atomizar: Flama, horno de grafito y generador de hidruro.

FIGURA N°12: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.



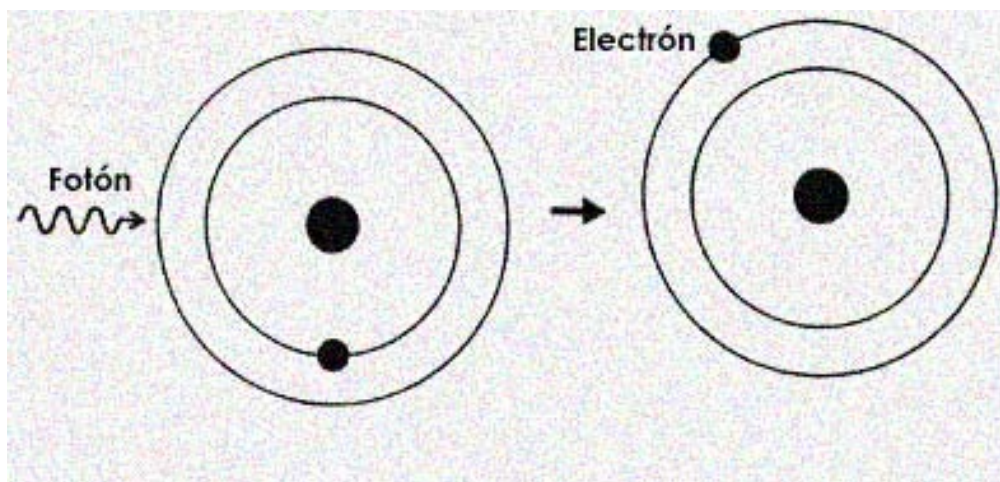
Fuente: Espectrometría de absorción atómica con horno de grafito. Disponible en: <https://segler7.files.wordpress.com/.../horno-de-grafito-espectroscopia-de>

Fundamento de Absorción Atómica:

Se necesitan átomos en estado basal, los electrones de cada capa, de cada átomo, ubicado en un orbital específico, tienen una energía cinética, propia y única, y si este movimiento de este en una frecuencia, y se aplica una fuente de radiación específica para que emita una energía que está en la misma frecuencia de este e^- . Entonces esta energía va a ser absorbida solo por ese e^- . Entonces ese e^- se va a excitar y ese e^- excitado va a saltar de un orbital a otro. Por ejemplo; Si se desea determinar en mi matriz átomos de Pb, entonces la fuente de radiación va a tener que emitir una energía que corresponda a la energía de los e^- del átomo de Pb. Esa fuente de radiación se llama lámpara de cátodo hueco, si hay átomos de Pb, va a ocurrir el fenómeno de absorción atómica.

Esta radiación emite una energía que se llama intensidad, el detector lo que hace es, detecta la señal con la que llega la intensidad de energía. Si hay o no una diferencia entre la energía que sale y con la que llega, un sistema de lectura, en el cual la señal de intensidad de corriente, sea convertida una señal que se pueda interpretar, este sistema de lectura, puede ser escala de aguja, una escala de dígitos, un graficador, una serie de datos que puedan ser procesadas a su vez por una computadora.

GRÁFICO N°13: Absorción de Energía



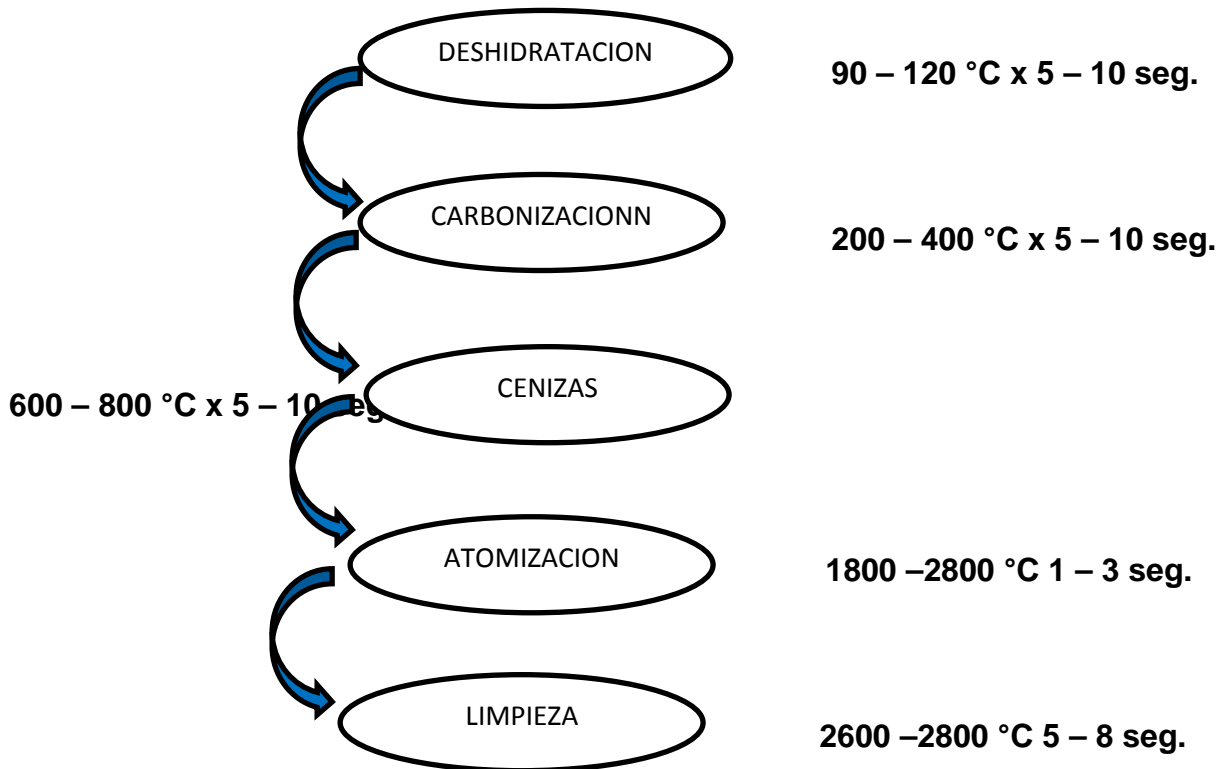
Fuente: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/105/htm/sec_5.htm

Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito(GFAAS):

Es también conocido como espectrometría de absorción atómica electrotrémica (ETAAS), porque la energía que usa para atomizar es electricidad, los electrodos están dentro del equipo el cual al cerrar este circuito genera calor. En este dispositivo la atomización ocurre dentro de un tubo de grafito. El equipo tiene un muestreador que coge un volumen de la muestra líquida, para inyectarlo dentro del tubo de grafito, una vez inyectado la muestra, a través de un software, se programa, tiempo y temperatura en cada uno de los procesos. Cada elemento tiene una determinada temperatura de atomización. Dando lugar al proceso de atomización.

En la atomización electrotrémica, se emplean modificadores de matriz, estos son reactivos (HEPO_4 , HNO_3 NO_3Ni) se usan para proteger el analíto, que van a formar sales dobles. Estas sales aseguran que el analíto no se pierda durante la deshidratación, carbonización y cenizas de la matriz.

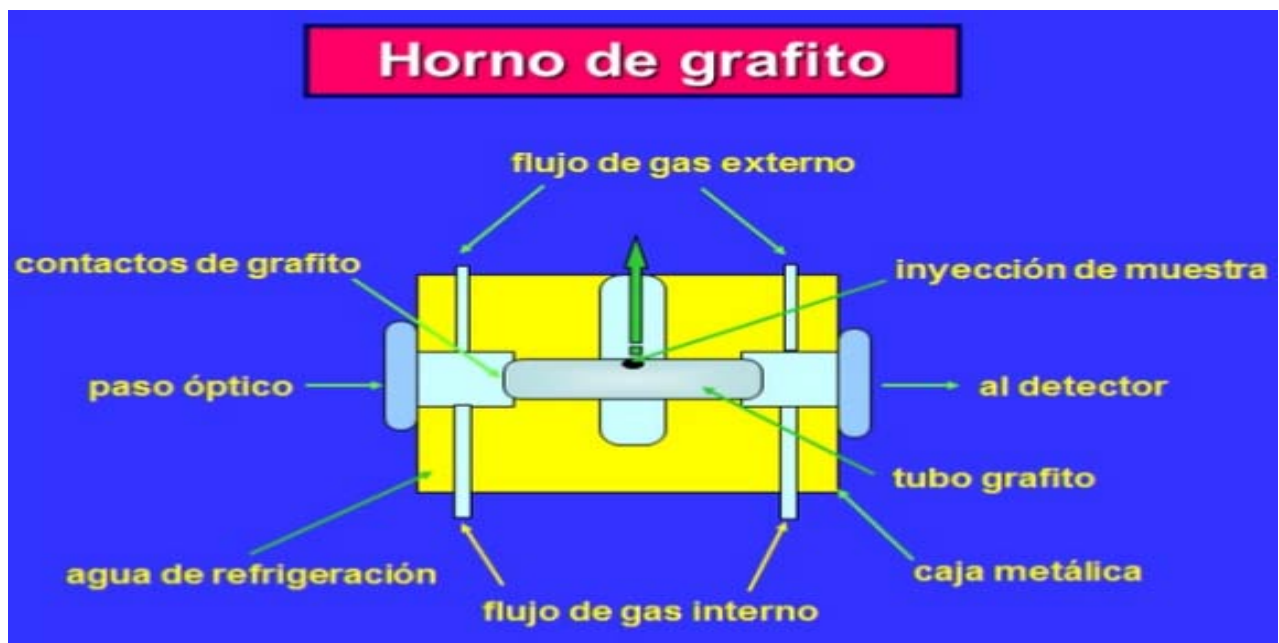
GRÁFICO N°14: Proceso de Atomización.



Fuente: presente estudio.

El tubo de grafito es un cilindro que está abierto en ambos extremos y que tiene un orificio central para la introducción de la muestra por medio de una micropipeta. En tubo es de unos 5 cm y tiene un diámetro interno de poco menos de 1 cm. El tubo de grafito intercambiable se ajusta cómodamente a un par de contactos eléctricos de forma cilíndrica, hechos también de grafito, que se ubican en los dos extremos de tubo. Se suministra dos corrientes de gas inerte. La corriente externa evita que entre aire del exterior e incinere el tubo. La corriente interna fluye hacia los dos extremos del tubo y sale del puerto de muestra central. Esta corriente excluye no solo aire, sino que sirve para arrastrar vapores generados en la matriz de la muestra durante las dos primeras etapas de calentamiento. Un gas inerte (generalmente argón) se utiliza como gas de acarreo, para desalojar continuamente del tubo de grafito. Cuando se llega el momento de atomizar la muestra se detiene el paso de gas inerte, si se desea que los átomos formados tengan un mayor tiempo de residencia en el tubo de grafito.

GRÁFICO N°15: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

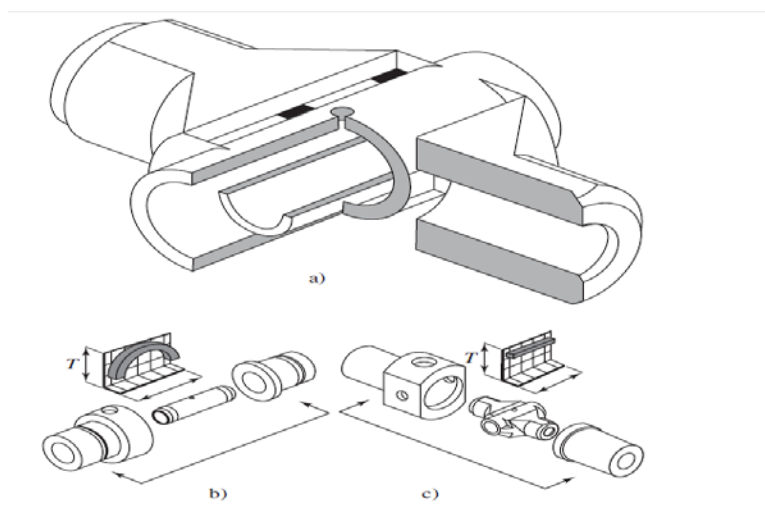


Fuente: <http://es.slideshare.net/mairapa95/absorcion-atmica-erica-y-maira>

Dependiendo del metal que se desea determinar, se emplea el tubo de grafito con plataforma o sin plataforma. Plataforma de L'vov, que se emplea con frecuencia en horno de grafito, la plataforma también está hecha de grafito y se localiza debajo de la puerto de entrada de la muestra, en dicha plataforma la muestra se evapora y se convierte cenizas, Sin embargo, cuando la temperatura del tubo se incrementa con rapidez, la atomización se retrasa porque la muestra ya no está directamente sobre la pared del horno. Como resultado la atomización ocurre en un ambiente en el que la temperatura ya no cambia con rapidez, lo cual mejora la reproducibilidad de las señales eléctricas. Horno de grafito se emplea cuando la muestra a analizar contiene el analito en cantidades muy pequeña, a nivel de traza (ppb), además lo máximo de volumen que se puede usar es de 20 ul.

En la práctica, las muestras se vaporizan y se convierten en átomos libres, proceso denominado atomización. Sobre el vapor atómico originado se hace incidir la radiación electromagnética que será absorbida parcialmente por el analito. Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.).

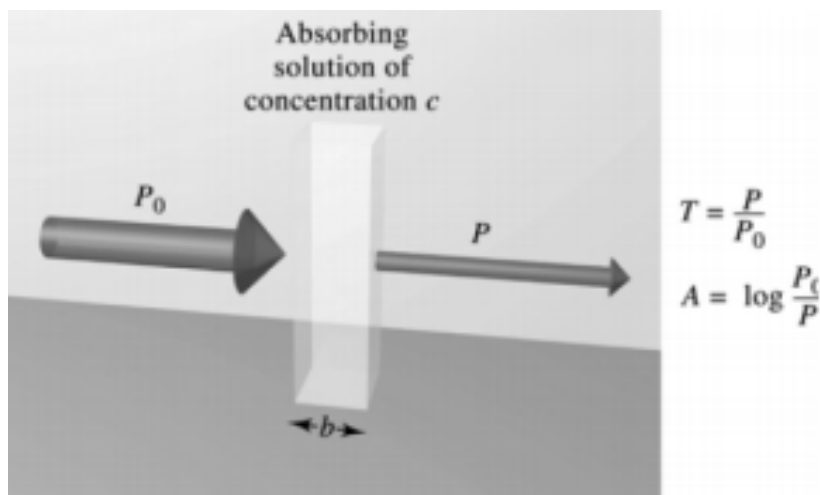
Figura N° 16: Horno de Grafito.



Fuente: Douglas A. Skoog, F. James Holler, Stanley R. Crouch Sexta edición. a) Vista transversal de un horno de grafito con plataforma de L'vov integrada. b) Configuración longitudinal del horno de grafito. Observe el perfil de temperatura en color azul a lo largo de la trayectoria del horno. En la configuración longitudinal, la temperatura varía de modo continuo a lo largo de la trayectoria y alcanza un máximo en el centro. c) Configuración transversal del horno. El perfil de temperatura es relativamente constante a lo largo de la trayectoria. (Cortesía de Perkin-Elmer Life y Analytical Sciences, Shelton, CT.)

Aspectos cuantitativos de las medidas de absorción. Terminología. Las dos leyes fundamentales que rigen el comportamiento de la fracción de radiación absorbida al pasar a través de la materia son la ley de Lambert que se refiere al espesor de muestra y al efecto sobre la radiación que se absorbe, y la ley de Beer que está relacionada con el efecto de la concentración de la muestra sobre la absorción. La Figura 5 permite ver un haz de radiación paralelo antes y después de pasar por una celda de espesor b que contiene una disolución absorbente de concentración c , teniendo lugar la atenuación de la intensidad de la radiación; ($P_0 > P$) como consecuencia de la interacción entre los fotones y las partículas absorbentes.

Figura N° 17: Atenuación de un haz de radiación por una solución absorbente.



Fuente: http://www.upct.es/~minaees/espectro_electromagnetico.pdf

En esta figura se presentan también las magnitudes de uso más frecuente en espectroscopia. Transmitancia (T) es la fracción de radiación incidente transmitida por la solución, $T = P/P_0$, expresada en tanto por uno.

Absorbancia (A) es $A = -\log_{10} T = -\log(P/P_0)$

Ley de Lambert-Beer: unificando estas dos leyes se obtiene la ley fundamental que rige la absorción de todos los tipos de radiación electromagnética, aplicable a disoluciones y también a gases y sólidos. Nos dice que la absorbancia de radiación electromagnética producida por una especie absorbente es directamente

proporcional a la trayectoria de la radiación a través de la disolución y a la concentración en ésta de la sustancia que produce la absorción.

$$\mathbf{A = a b c}$$
$$\log (P_0/P) = a b c = -\log(P/P_0) = -\log T$$
$$P/P_0 = 10^{-abc}$$

a=constante de proporcionalidad, absorptividad, es una propiedad intensiva de la materia y por tanto relacionada únicamente con la naturaleza de la misma.

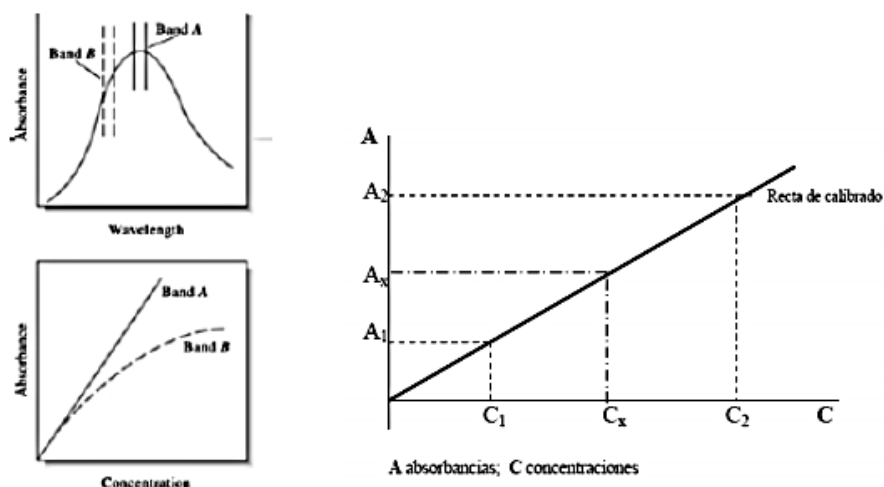
b=trayectoria de la radiación a través de la muestra (cm).

c=concentración (g/l), entonces tiene unidades de l·g⁻¹ ·cm⁻¹.

La absorptividad pasa a denominarse absorptividad molar y se expresa con el símbolo ϵ , cuando la concentración está en (moles/litro) y b en (cm), siendo sus unidades l·mol⁻¹ ·cm⁻¹.

Recta de calibrado: La ley de Lambert-Beer permite la determinación de concentraciones de disoluciones problema, a partir de una recta de calibrado obtenida midiendo las absorbancias de disoluciones patrón de concentraciones conocidas. Para hacer las determinaciones cuantitativas se elige, en general, la longitud de onda correspondiente a un máximo, pues el error de medición es mínimo y la sensibilidad máxima (Figura 18). Si es válida la ley de Beer para esa sustancia a esas concentraciones, la relación debe ser una recta que pase por el origen de los ejes cartesianos (Figura 18). A menudo se observan desviaciones debidas a diversos factores.

Figura N° 18: Ley de Lambert-Beer. Recta de calibrado



Fuente: http://www.upct.es/~minaees/espectro_electromagnetico.pdf

Limitaciones de la ley de Beer:

A concentraciones mayores de $< 0.01M$ la distancia promedio entre las especies disminuye hasta el punto en que cada una afecta a la distribución de carga de sus vecinas alterando la capacidad de absorción a una longitud de onda.

En soluciones de baja concentración del absorbente pero a concentraciones elevadas de otras especies, la gran proximidad de iones al absorbente altera la absortividad molar este efecto se reduce al diluir.

3.4.2 Instrumentos

El instrumento viene a ser el protocolo de procedimiento realizado por el laboratorio en donde se mandaron a analizar las muestras, este es el laboratorio CETOX. Certificada en sus procesos validados. Una vez obtenido los datos serán procesados por el programa de Excel. Los resultados obtenidos serán presentados en cuadros y gráfico estadísticos para su interpretación y análisis en base a lo expuesto en el marco teórico.

MATERIALES Y REACTIVOS:

- Agua ultra pura tipo I
- Peróxido de hidrogeno al 30%. Ultra puro FISCHER
- Ácido clorhídrico 35%. Ultra puro FISCHER
- Ácido nítrico 67%. Ultra puro FISCHER
- Pipetas de 5 y 10 mL
- Matraz aforado de 100 mL
- Beaker de 1000mL y 500 mL
- Baguetas
- PapelWhatman 0,45um
- Fiola clase A de 25mL y 100 mL
- Matraz de 100mL
- Pipetas automáticas de 100uL • 1000uL
- Pipetas automáticas de 500uL • 5000uL
- Tips de 100uL • 1000uL
- Tips de 500uL • 5000UI

CAPÍTULO IV

5.1. Parte Experimental

Determinación de Plomo, Cadmio y Cromo

El Cadmio será cuantificado a una longitud de onda de 228,8 nm, el Plomo será cuantificado a una longitud de onda de 283,3 nm y Cromo a una longitud de onda de 357,9 nm, por medio del equipo de Espectroscopia de Absorción Atómica con Horno de Grafito por su especificidad detectando concentraciones ppm.

PARÁMETROS DE LECTURA PARA CADMIO

Método: Determinación de Cadmio por Horno Grafito.

TABLA N°1: Parámetro de instrumento

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Cd
Matriz	Ácido Fosfórico.
Corriente de Lamp.	3.00mA
Longitud de Onda	228.80nm
Ancho de corte	2.00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

Fuente: Centro Toxicológico CETOX.

TABLA N°2: Parámetro de calibración.

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	ppb
Punto decimal de Conc.	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar.
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	Si

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°3: Parámetro de medición de muestra para cadmio

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
Modo de Medición	Área máxima.
Introducción de Muestras	Automático
Constante de Tiempo	0.00
Replicas	1

Fuente: Centro Toxicológico CETOX.

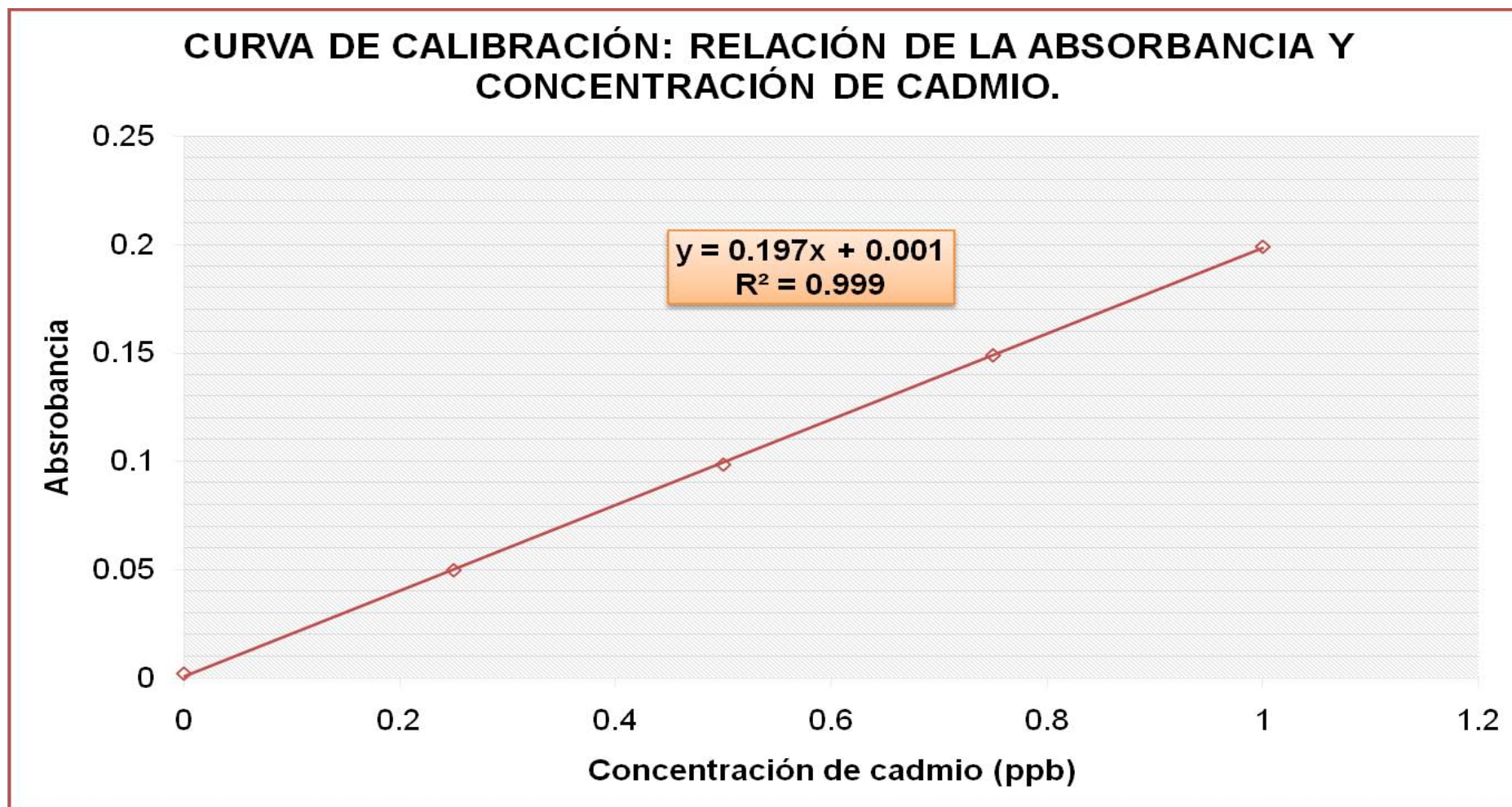
TABLA N°4: Calibración completa del equipo.

Modo de calibración: LS Lineal a través de Cero, **Error max:** 0.0037, **R²:** 0.9999, **R:** 1.0000, **Conc. = 5.0359 *Abs.**

Muestra Etiquetada	Conc. Cd (ppb)	Media Abs
Cal. Blanco	-----	0.0020
Estándar 1	0.25	0.0497
Estándar 2	0.50	0.0985
Estándar 3	0.75	0.1489
Estándar 4	1.00	0.1990

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°5: Curva de calibración para Cadmio.



Fuente: Centro Toxicológico CETOX

PARÁMETROS DE LECTURA PARA CROMO

Método: Determinación de cromo por Horno Grafito.

TABLA N°6: Parámetro de instrumento

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Cr
Matriz	Ácido Nitrico 0,5%.
Corriente de Lamp.	6.00mA
Longitud de Onda	357.90nm
Ancho de corte	0.20 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°7: Parámetro de calibración del instrumento para Cromo

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	ppb
Punto decimal de Conc.	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar.
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	Si

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°8: Parámetro de medición de muestra para Cromo

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
Modo de Medición	Área máxima.
Introducción de Muestras	Automático
Constante de Tiempo	0.00
Replicas	2

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

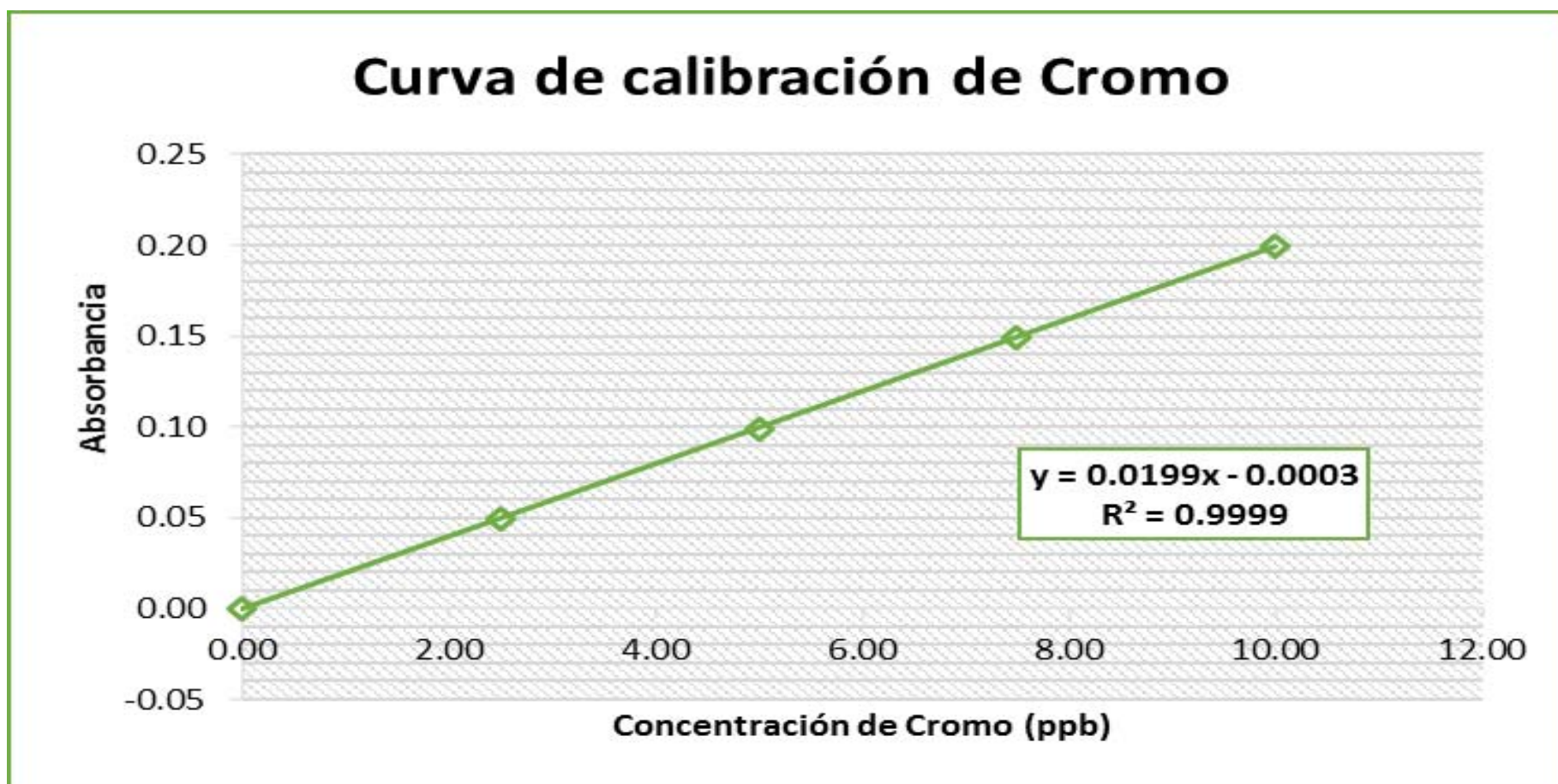
TABLA N°9: Calibración completa del equipo

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, **Error max:** 0.0037, **R²:** 0.9999, **R:**1.0000, **Conc. = 5.0359 *Abs.**

Muestra Etiquetada	Conc. Cd (ppb)	Media Abs
Cal. Blanco	-----	0.0020
Estándar 1	2.50	0.0497
Estándar 2	5.00	0.0985
Estándar 3	7.5	0.1489
Estándar 4	10.0	0.1996

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N° 10: Curva de calibración para Cromo.



Fuente: Centro Toxicológico CETOX

PARÁMETROS DE LECTURA PARA PLOMO

Método: Determinación de Plomo por Horno de grafito.

TABLA N°11: Parámetros de instrumento

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Pb
Matriz	Ácido Fosfórico 0,1%
Corriente de Lamp.	5.00mA
Longitud de Onda	283.30nm
Ancho de corte	0.50nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°12: Parámetros de calibración del instrumento para Plomo

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	ppb
Punto decimal de Conc.	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	No

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°13: Parámetros de medición de muestra para Plomo

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
Modo de Medición	Área máxima.
Introducción de Muestras	Automático
Constante de Tiempo	0.00
Replicas	2

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

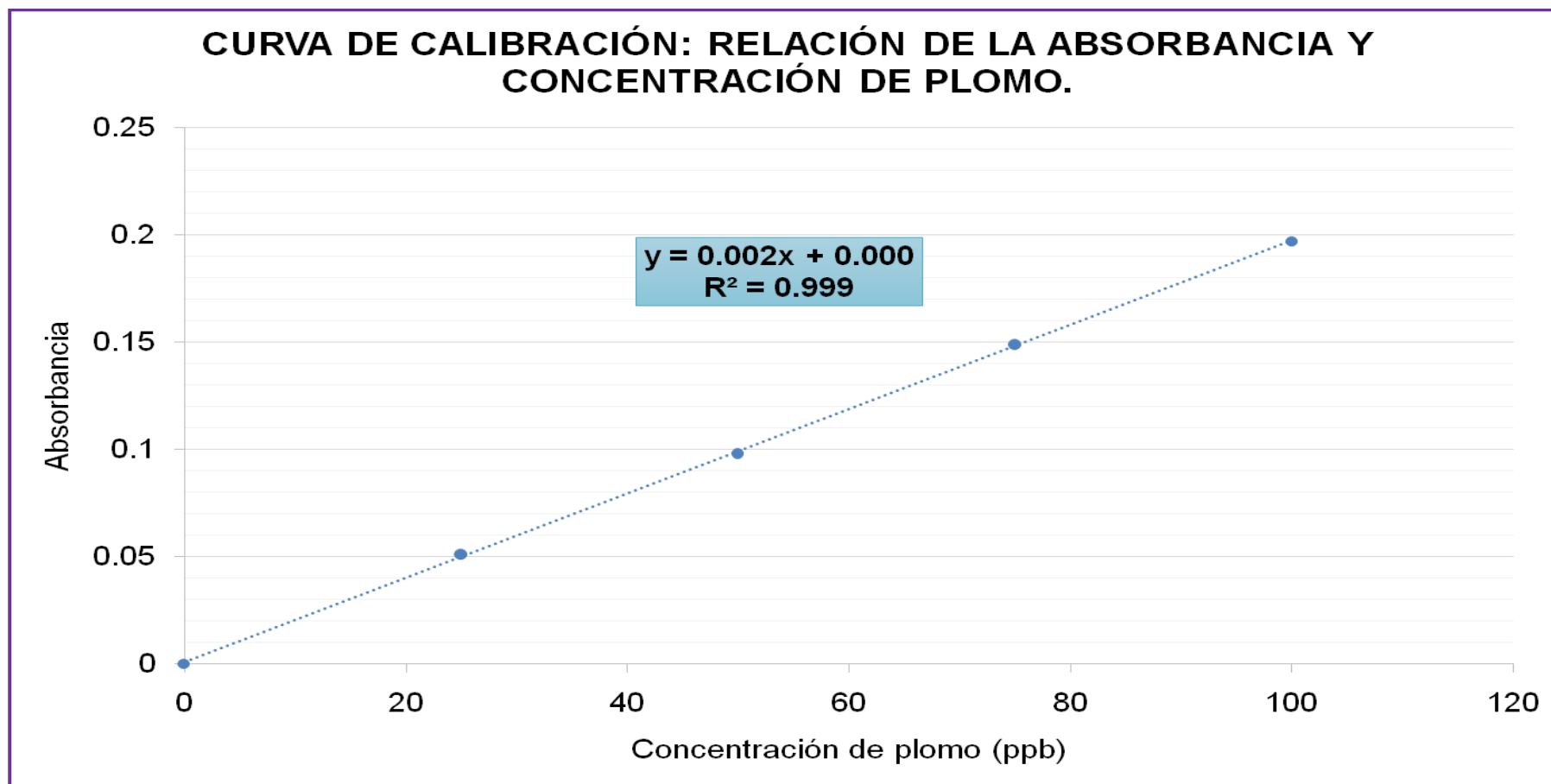
TABLA N°14: Calibración completa del equipo:

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, **Error max:** 0.8097, **R²:** 0.9996, **R:** 0.9998, **Conc. = 506.0729*Abs.**

Muestra Etiquetada	Conc. Pb (ppb)	Media Abs.
Cal Blanco	-----	0.0000
Estándar 1	25.00	0.0510
Estándar 2	50.00	0.0980
Estándar 3	75.00	0.1490
Estándar 4	100.00	0.1970

Fuente: Centro Toxicológico CETOX

TABLA N°15: Curva de calibración para Plomo



Fuente: Centro Toxicológico CETOX

CAPÍTULO V

5.1. Resultados y Discusión

5.1.1. Resultado

TABLA N° 16: Se expresa la concentración de Cromo en las tintas para tatuaje corporal en Lima metropolitana, Perú, otorgado por el Centro Toxicológico S.A.C. – Cetox.

Nombre del lugar de muestreo	N° de muestras	Marca	Color	Concentración de cromo (ppm)
Galería Canto Grande-San Juan de Lurigancho	1	RadiantColors	Amarillo	0.28
	2	RadiantColors	Negro	<0.010
	3	RadiantColors	Rojo	<0.010
	4	RadiantColors	verde	<0.010
BundingPiercing-San Juan de Lurigancho	5	Intenze	Amarillo	0.18
	6	Intenze	Negro	<0.010
	7	Intenze	Rojo	<0.010
	8	Intenze	verde	<0.010
CC. La Cachina-Breña	9	Internallnk	Amarillo	0.15
	10	Internallnk	Negro	<10
	11	Internallnk	Rojo	<0.010
	12	Internallnk	Verde	<0.010
Galería Vía Véneto-Cercado de Lima	13	Eternal Ink	Amarillo	0.22
	14	Eternal Ink	Negro	<0.010
	15	Eternal Ink	rojo	<0.010
	16	Eternal Ink	verde	<0.010

FUENTE: Presente estudio

TABLA N°17: Se expresa la concentración de Cadmio en las tintas para tatuaje corporal en Lima metropolitana, Perú otorgado por el Centro Toxicológico S.A.C. – Cetox.

Nombre del lugar de muestreo	N° de muestras	Marca	Color	Concentración de cadmio (ppm)
Galería Canto Grande-San Juan de Lurigancho	1	RadiantColors	Amarillo	0.25
	2	RadiantColors	Negro	0.36
	3	RadiantColors	Rojo	0.11
	4	RadiantColors	verde	0.02
BundingPiercing-San Juan de Lurigancho	5	Intenze	Amarillo	0.15
	6	Intenze	Negro	0.45
	7	Intenze	Rojo	0.14
	8	Intenze	verde	0.08
CC. La Cachina-Breña	9	Internallnk	Amarillo	0.59
	10	Internallnk	Negro	0.18
	11	Internallnk	Rojo	0.26
	12	Internallnk	Verde	0.03
Galería Vía Véneto-Cercado de Lima	13	Eternal Ink	Amarillo	0.85
	14	Eternal Ink	Negro	0.12
	15	Eternal Ink	rojo	0.22
	16	Eternal Ink	verde	0.12

FUENTE: Presente estudio

TABLA N°18: Se expresa la concentración de Plomo en las tintas para tatuaje corporal en Lima metropolitana, Perú otorgado por el Centro Toxicológico S.A.C – Cetox.

lugar de muestreo	N° de muestras	Marca	Color	Concentración de plomo (ppm)
Galería Canto Grande-San Juan de Lurigancho	1	RadiantColors	Amarillo	1.15
	2	RadiantColors	Negro	3.33
	3	RadiantColors	Rojo	0.96
	4	RadiantColors	Verde	0.28
BundingPiercing-San Juan de Lurigancho	5	Intenze	Amarillo	0.98
	6	Intenze	Negro	2.28
	7	Intenze	Rojo	1.29
	8	Intenze	verde	0.14
CC. La Cachina-Breña	9	Internallnk	Amarillo	1.28
	10	Internallnk	Negro	0.99
	11	Internallnk	Rojo	0.57
	12	Internallnk	Verde	0.35
GaleríaVía Véneto-Cercado de Lima	13	Eternal Ink	Amarillo	1.22
	14	Eternal Ink	Negro	2.82
	15	Eternal Ink	rojo	0.84
	16	Eternal Ink	verde	410

FUENTE: Presente estudio

TABLA N°19. Comparación entre la concentración de Cromo del presente estudio con el valor máximo, establecido por LA EPA 0128.

Marca	Color	Concentración (ppm)	Valor medio de cromo por marca (ppm)	Valor máximo establecido por la EPA para Cr (ppm)
RadiantColors	Amarillo	0.28	0.075	0.2
RadiantColors	Negro	< 0.01		
RadiantColors	Rojo	< 0.01		
RadiantColors	verde	< 0.01		
Intenze	Amarillo	0.18	0.053	
Intenze	Negro	< 0.01		
Intenze	Rojo	< 0.01		
Intenze	verde	< 0.01		
Internallnk	Amarillo	0.15	0.045	
Internallnk	Negro	< 0.01		
Internallnk	Rojo	< 0.01		
Internallnk	Verde	< 0.01		
Eternal Ink	Amarillo	0.22	0.063	
Eternal Ink	Negro	< 0.01		
Eternal Ink	rojo	< 0.01		
Eternal Ink	verde	< 0.01		

FUENTE: Presente estudio.

TABLA N°20. Comparación entre la concentración de Cadmio del presente estudio con el valor máximo, establecido por la EPA 0128.

Marca	Color	Concentración (ppm)	Valor medio de cadmio por marca (ppm)	Valor de la media para cadmio (ppm)	Valor máximo establecido por la EPA para Cd(ppm)
RadiantColours	Amarillo	0.25	0.185	0.2456	0.2
RadiantColours	Negro	0.36			
RadiantColours	Rojo	0.11			
RadiantColours	verde	0.02			
Intenze	Amarillo	0.15	0.205		
Intenze	Negro	0.45			
Intenze	Rojo	0.14			
Intenze	verde	0.08			
InternalInk	Amarillo	0.59	0.265		
InternalInk	Negro	0.18			
InternalInk	Rojo	0.26			
InternalInk	Verde	0.03			
Eternal Ink	Amarillo	0.85	0.3275		
Eternal Ink	Negro	0.12			
Eternal Ink	rojo	0.22			
Eternal Ink	verde	0.12			

FUENTE: Presente estudio

TABLA N°21. Comparación entre la concentración de Plomo del presente estudio con el valor máximo, establecido por la EPA 0128.

Marca	Color	Concentración (ppm)	Valor medio de plomo por marca (ppm)	Valor de la media para plomo (ppm)	Valor máximo establecido por la EPA para Pb (ppm)
RadiantColors	Amarillo	1.15	1.57	1.2156	2
RadiantColors	Negro	3.33			
RadiantColors	Rojo	0.96			
RadiantColors	verde	0.84			
Intenze	Amarillo	0.98	1.173		
Intenze	Negro	2.28			
Intenze	Rojo	1.29			
Intenze	verde	0.14			
InternalInk	Amarillo	1.28	0.798		
InternalInk	Negro	0.99			
InternalInk	Rojo	0.57			
InternalInk	Verde	0.35			
Eternal Ink	Amarillo	1.22	1.323		
Eternal Ink	Negro	2.82			
Eternal Ink	rojo	0.84			
Eternal Ink	verde	0.41			

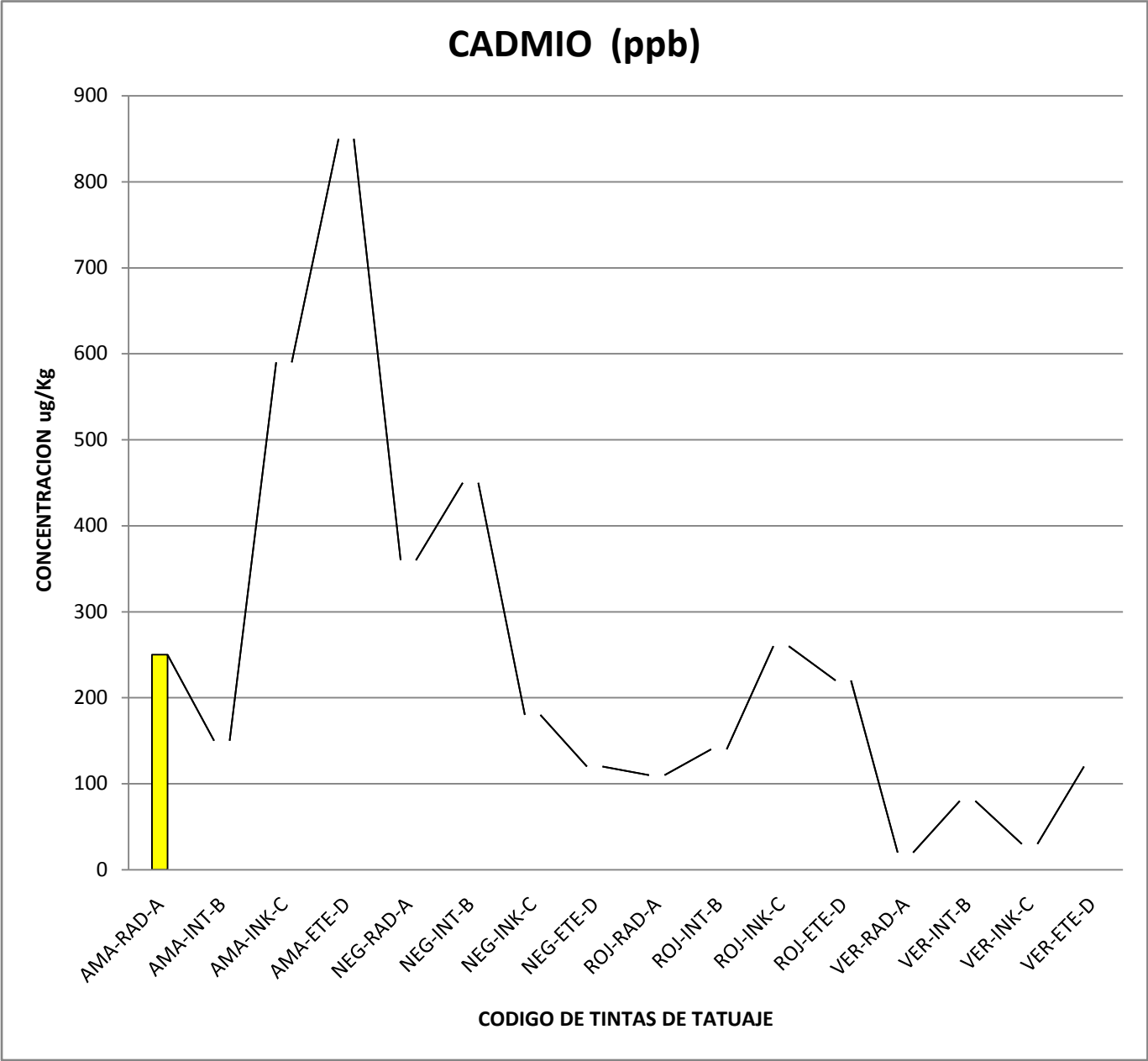
FUENTE: Presente estudio.

TABLA N°22: Codificación de las muestras analizadas.

Lugar de toma de muestra	Marca de la tinta de tatuaje	Códigos de las muestras analizadas	Costo de las marcas de tintas de tatuaje por onza(oz)
Galería Canto Grande-San Juan de Lurigancho	RadiantColors	AMA-RAD-A	S/ 45 la onza
	RadiantColors	NEG-RAD-A	S/ 45 la onza
	RadiantColors	ROJ-RAD-A	S/ 45 la onza
	RadiantColors	VER-RAD-A	S/ 45 la onza
BundingPiercing-San Juan de Lurigancho	Intenze	AMA-INT-B	S/ 55 la onza
	Intenze	NEG-INT-B	S/ 55 la onza
	Intenze	ROJ-INT-B	S/ 55 la onza
	Intenze	VER-INT-B	S/ 55 la onza
CC. La Cachina-Breña	Internallnk	AMA-INK-C	S/ 60 la onza
	Internallnk	NEG-INK-C	S/ 60 la onza
	Internallnk	ROJ-INK-C	S/ 60 la onza
	Internallnk	VER-INK-C	S/ 60 la onza
GaleríaVía Véneto-Cercado de Lima	Eternal Ink	AMA-ETE-D	S/ 47 la onza
	Eternal Ink	NEG-ETE-D	S/ 47 la onza
	Eternal Ink	ROJ-ETE-D	S/ 47 la onza
	Eternal Ink	VER-ETE-D	S/ 47 la onza

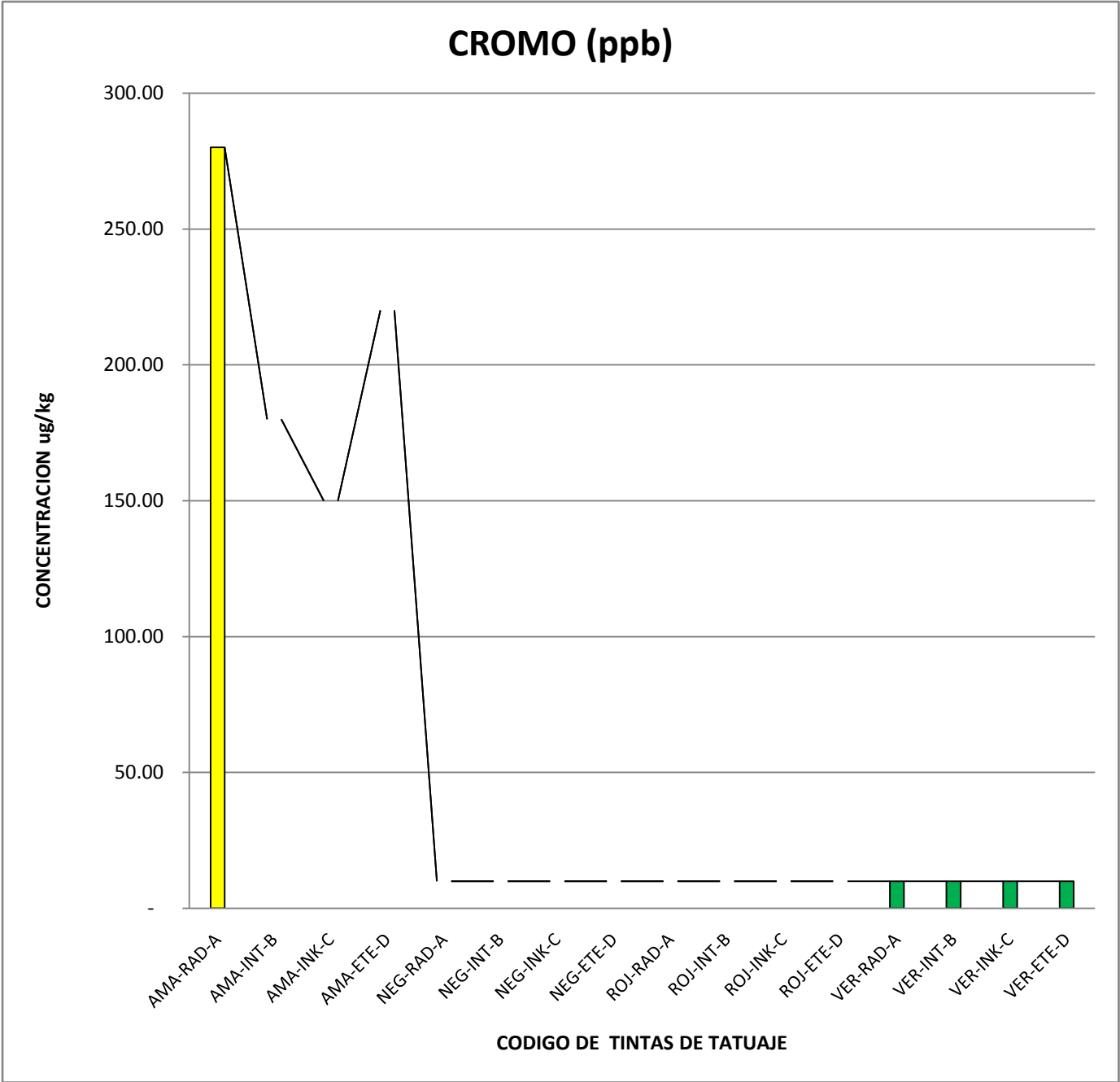
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICON°1:Niveles de Cd hallados en las diferentes marcas de tintas de tatuaje elegidos, del presente estudio.



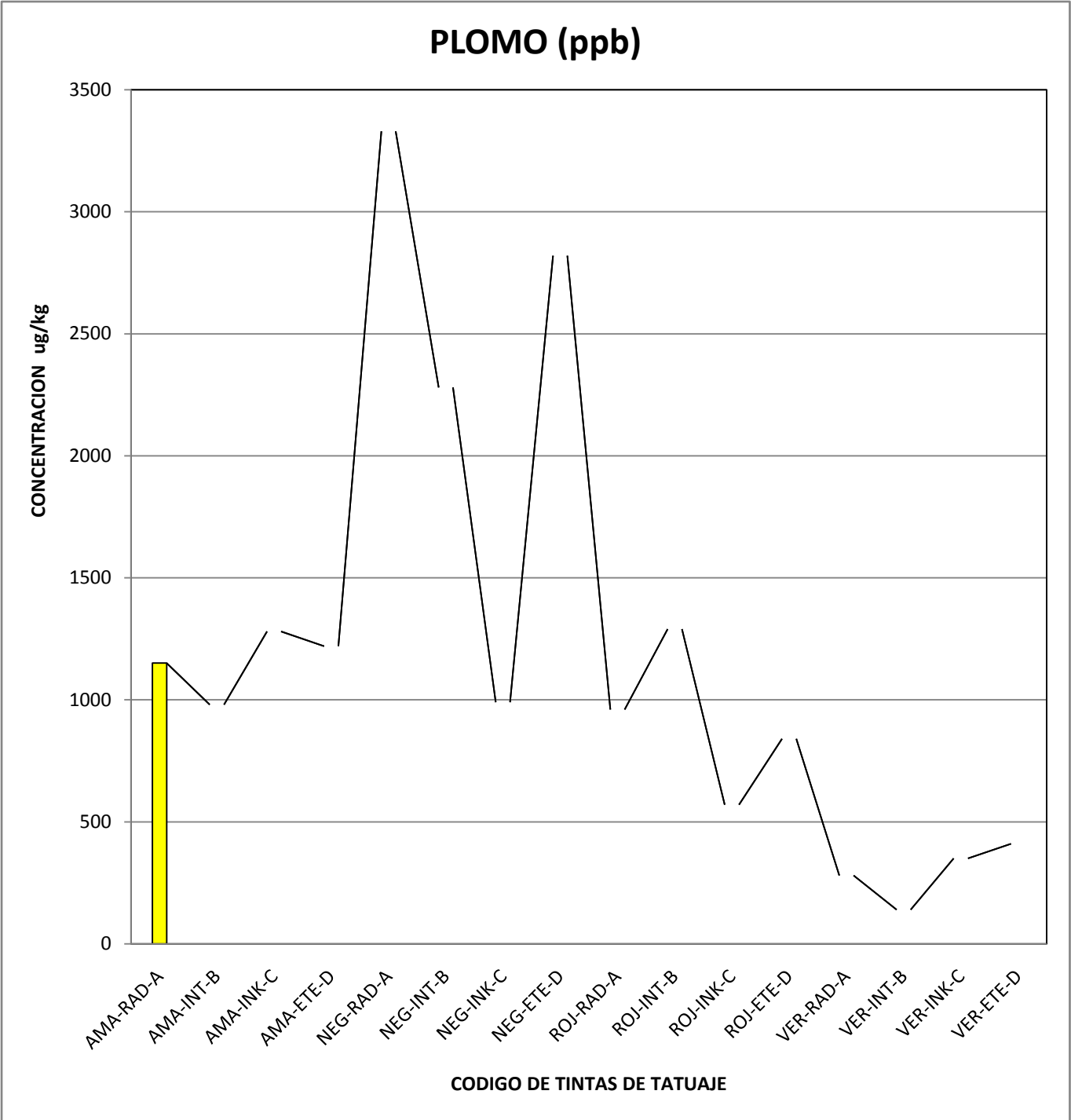
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°2:Niveles de Cr hallados en las diferentes marcas de tintas de tatuaje elegidos, del presente estudio.



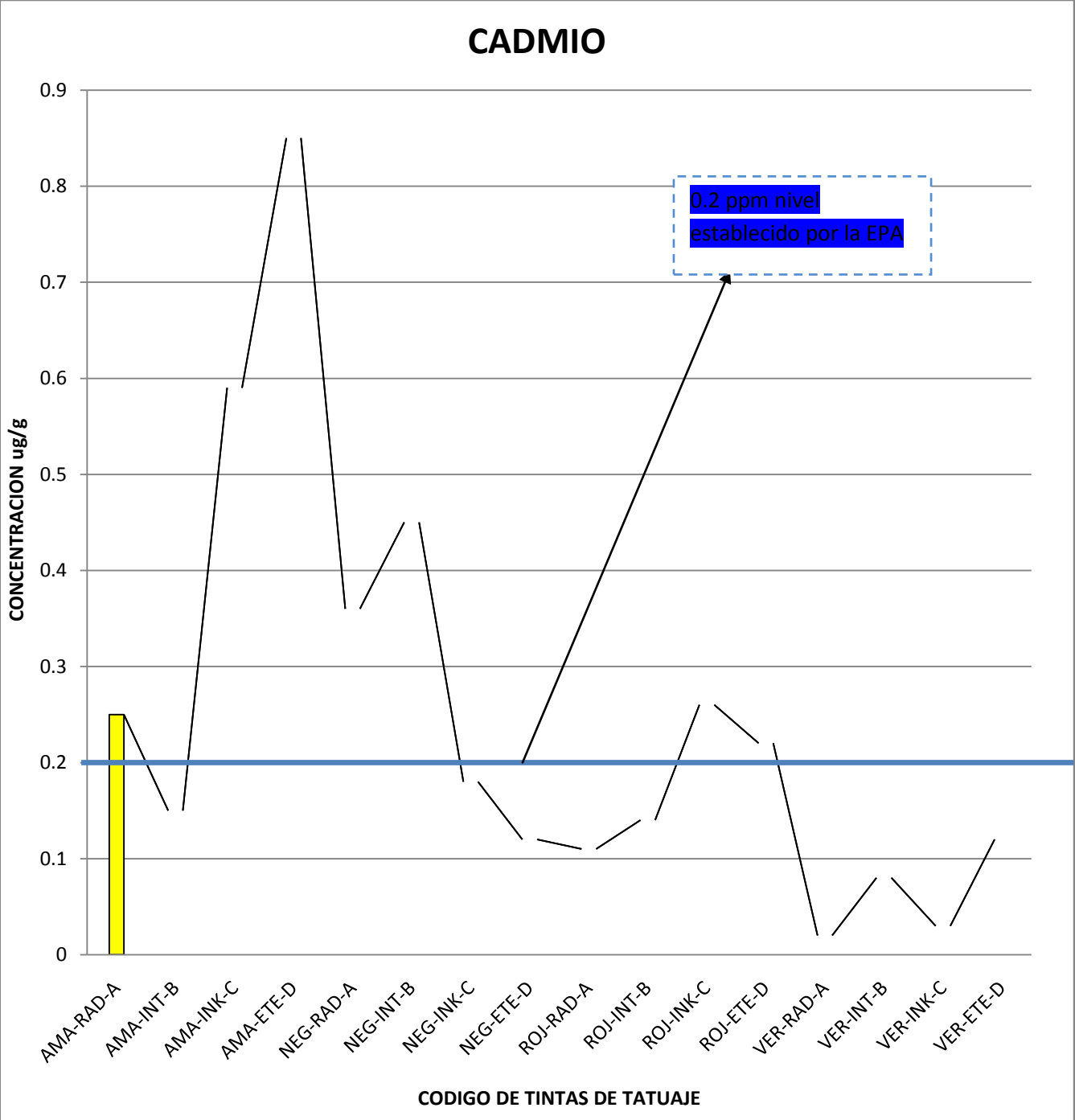
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°3:Niveles de Pb hallados en las diferentes marcas de tintas de tatuaje elegidos, del presente estudio.



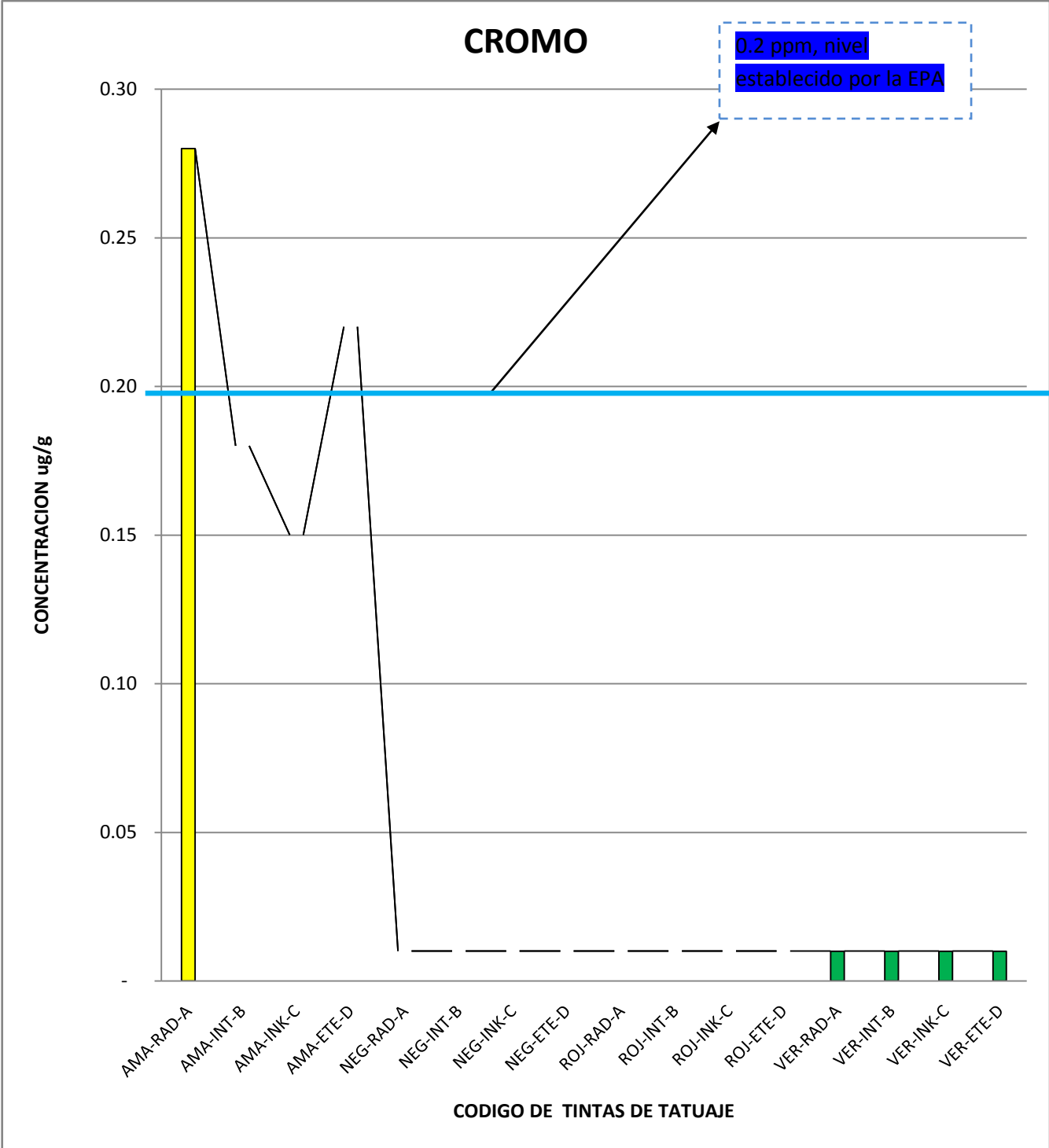
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°4: Comparación de la concentración de Cadmio, hallados en las tintas de tatuaje con los niveles establecidos por EPA 0128.



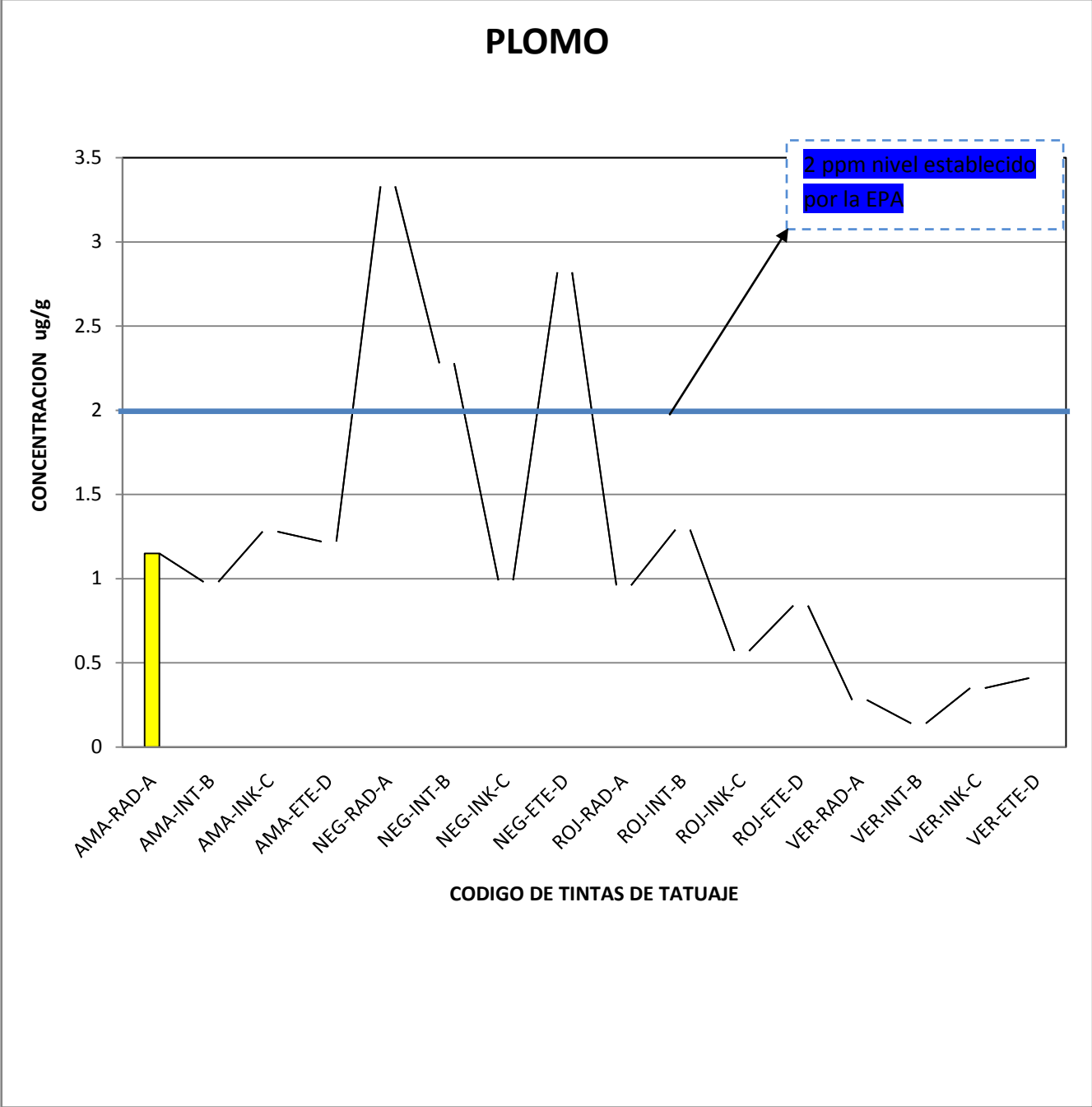
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°5: Comparación de la concentración de Cromo, hallados en las tintas de tatuaje, con los niveles establecidos por EPA 0128.



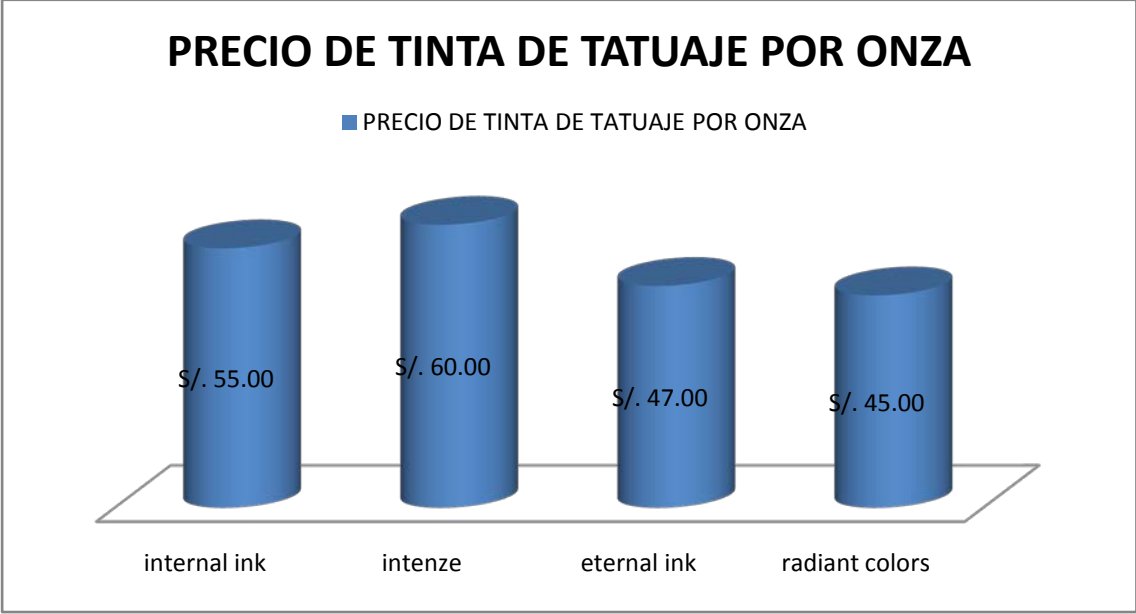
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°6: Comparación de la concentración de Plomo, hallados en las tintas de tatuaje, con los niveles establecidos por EPA 0128



FUENTE: Presente estudio

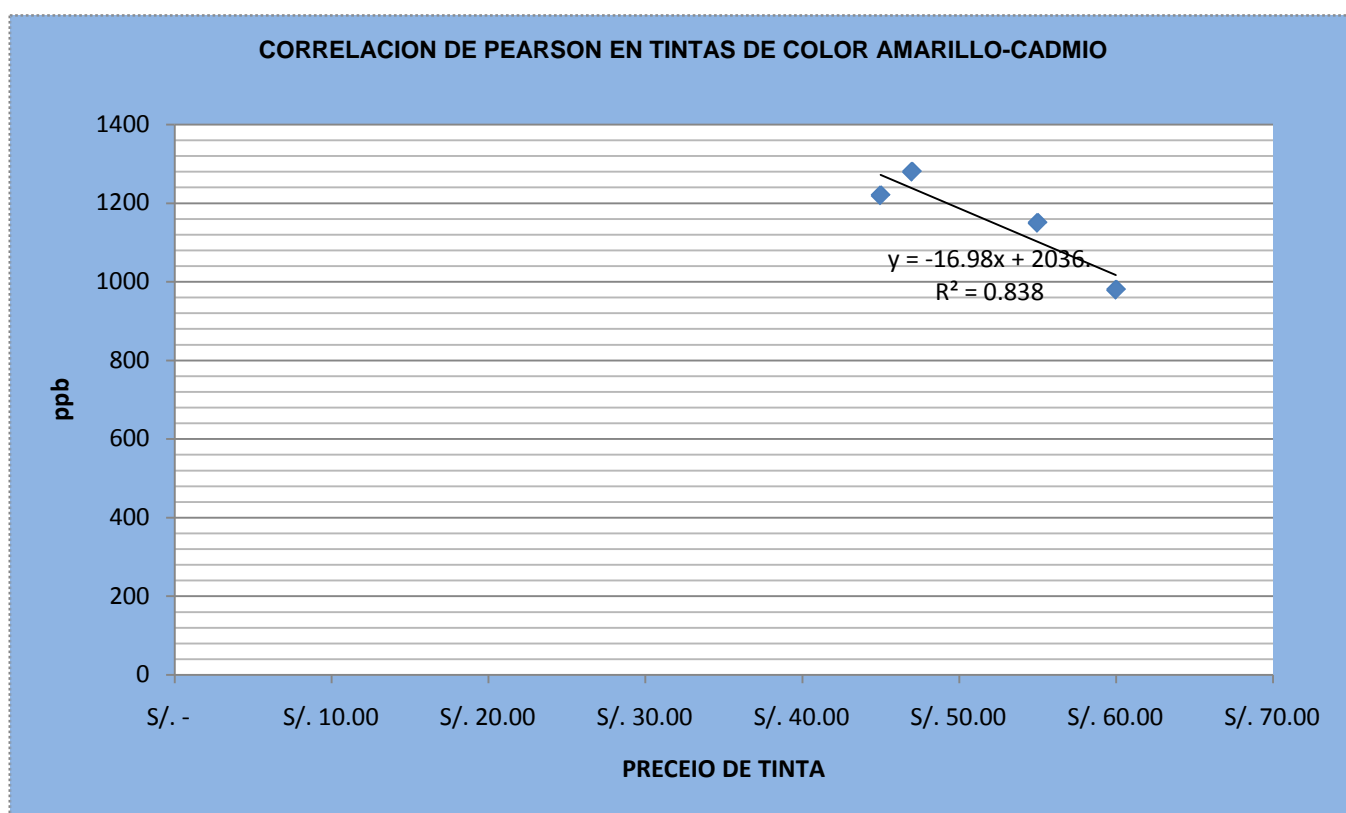
GRÁFICO 7: Comparación de precios por marca de tintas de tatuaje.



FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°8: Correlación de Pearson entre la concentración (Cd) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tinta de color amarillo.

	costo s/	ppb			
marca	x	y	x 2	y2	xy
internalink	55	1150	3025	1322500	63250
intenze	60	980	3600	960400	58800
eternal ink	47	1280	2209	1638400	60160
radiantcolors	45	1220	2025	1488400	54900
total	207	4630	10859	5409700	237110



FUENTE: Presente estudio

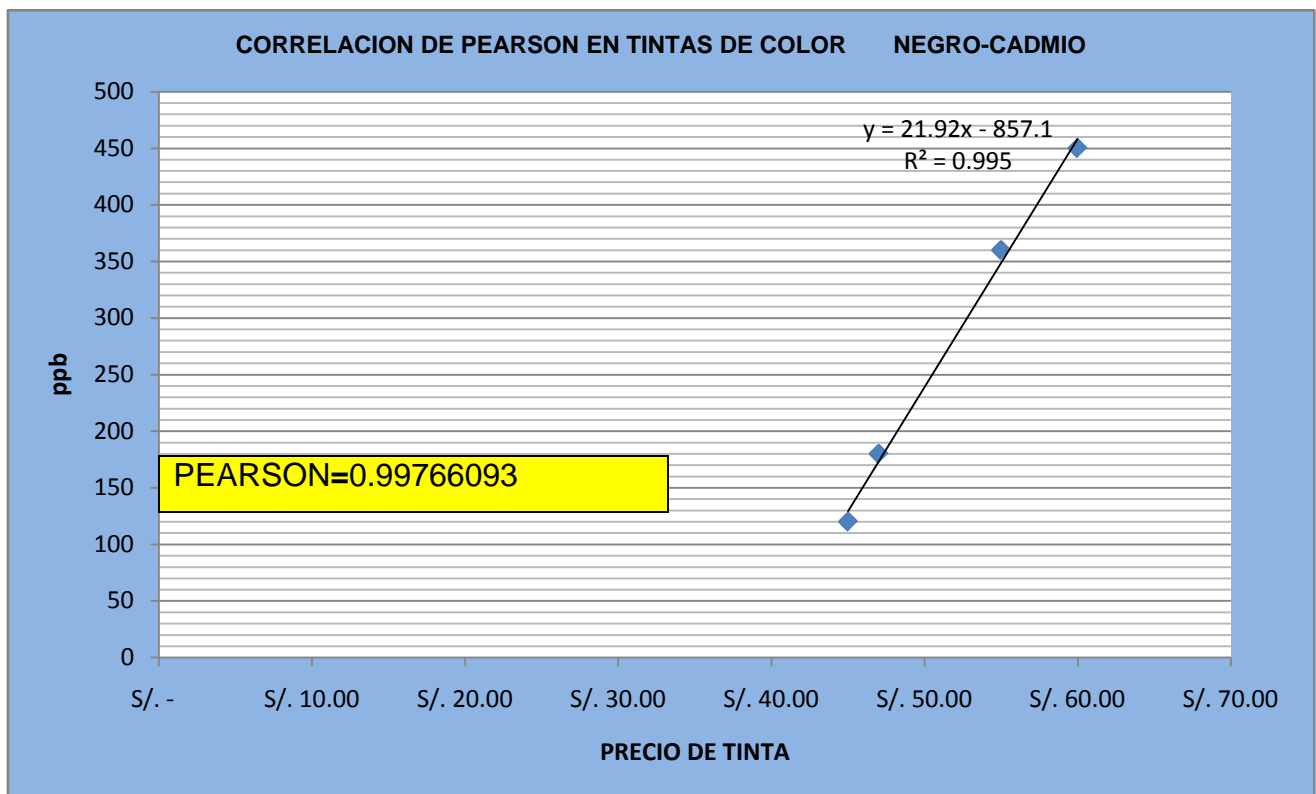
CORRELACION DE PEARSON.

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$r_{xy} = -0.91581541$

GRÁFICO N°9: Correlación de Pearson entre la concentración (Cd) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color negro.

marca	Costo s/	ppb	x ²	y ²	Xy
internalink	55	360	3025	129600	19800
intenze	60	450	3600	202500	27000
eternal ink	47	180	2209	32400	8640
radiantcolors	45	120	2025	1440	5400
total	207	1110	10859	365940	60840



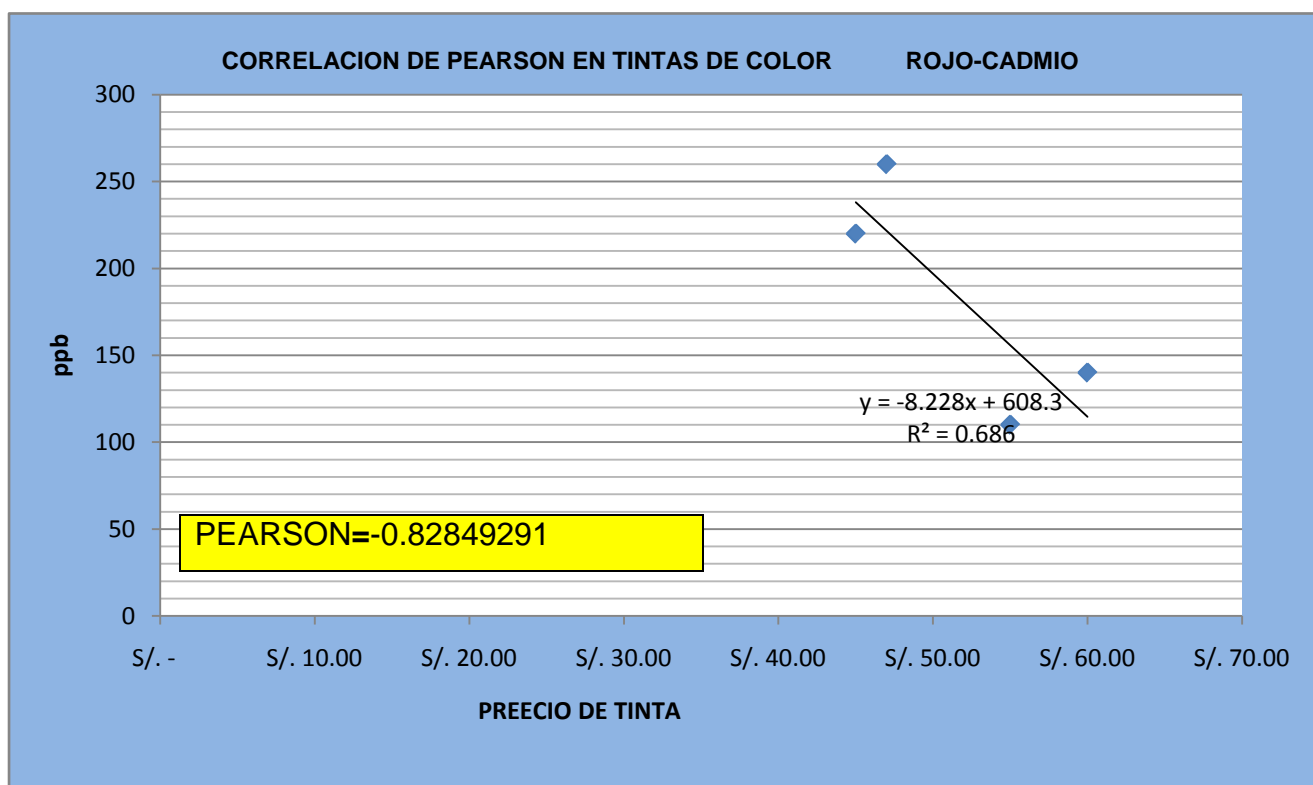
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

r_{xy} **0.99766093**

GRÁFICO N°10: Correlación de Pearson entre la concentración (Cd) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color rojo.

marca	Precio s/		ppb		
	x	y	x ²	y ²	Xy
internalink	55	110	3025	12100	6050
intenze	60	140	3600	19600	8400
eternal ink	47	260	2209	67600	12220
radiantcolors	45	220	2025	48400	9900
total	207	730	10859	147700	36570



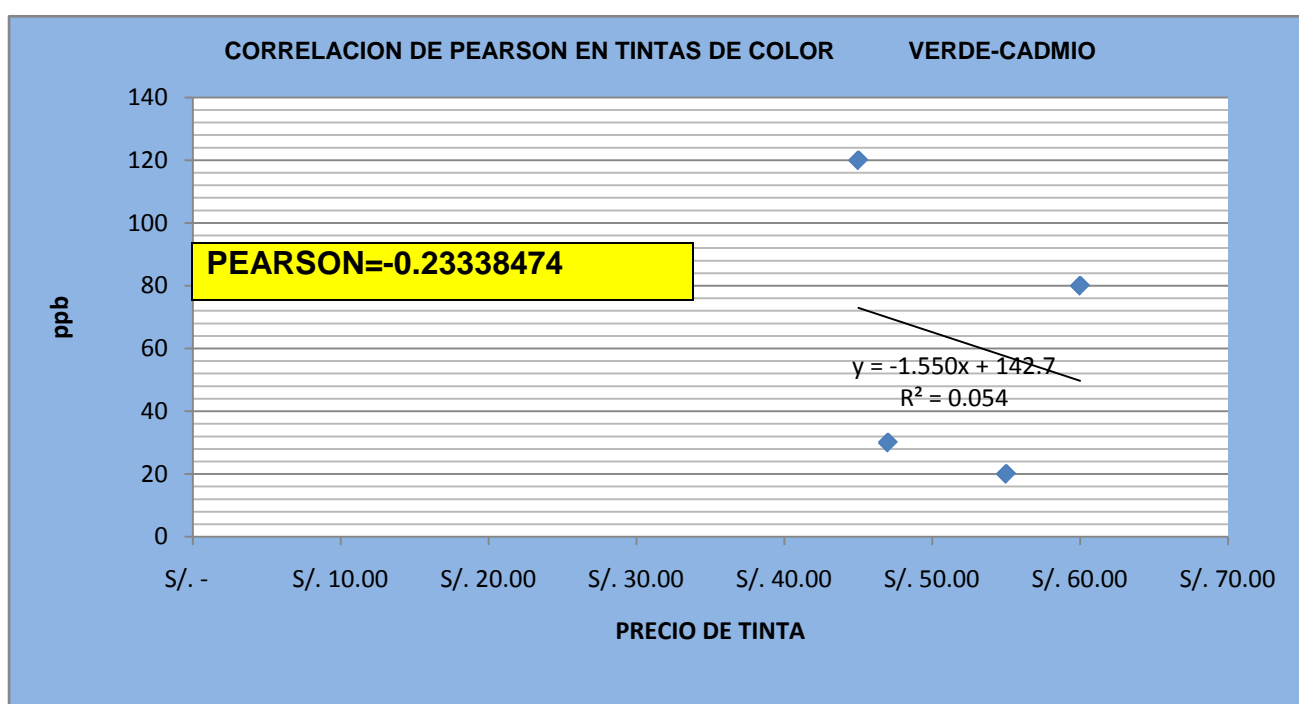
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$$r_{xy} = -0.82849291$$

GRÁFICO N°11: Correlación de Pearson entre la concentración (Cd) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color verde.

marca	Precio s/ x	ppb y	x ²	y ²	xy
internalink	55	20	3025	400	1100
intenze	60	80	3600	6400	4800
eternal ink	47	30	2209	900	1410
radiantcolors	45	120	2025	14400	5400
total	207	250	10859	22100	12710



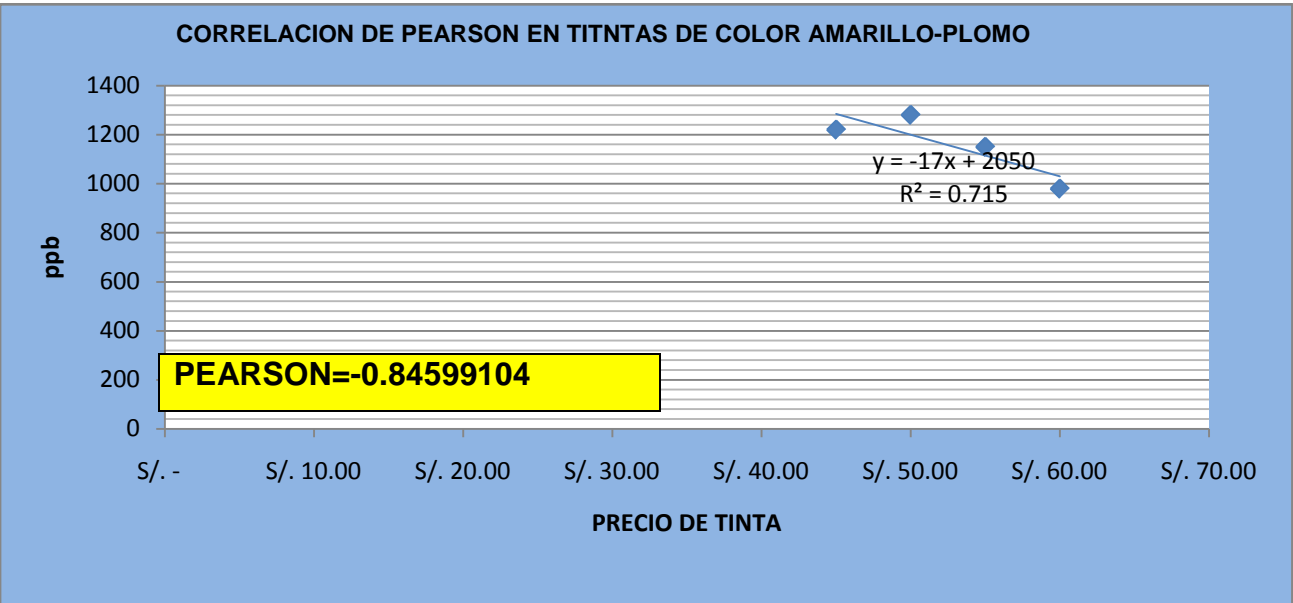
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$$r_{xy} = -0.23338474$$

GRÁFICO N°12:Correlación de Pearson entre la concentración (Pb) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color amarillo.

marca	Precio s/	ppb	x2	y2	xy
	x	y			
internalink	55	1150	3025	1322500	63250
intenze	60	980	3600	960400	58800
eternal ink	50	1280	2209	1638400	64000
radiantcolors	45	1220	2025	1488400	54900
total	210	4630	10859	4545340	240950



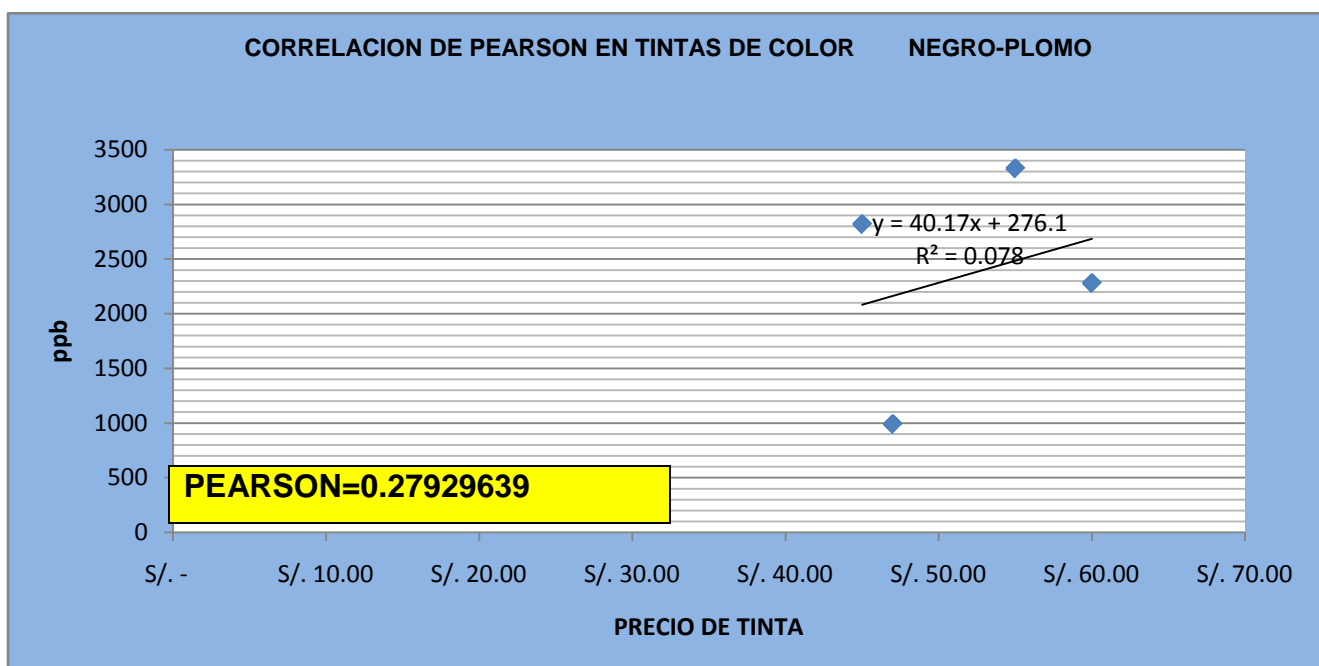
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$r_{xy} = -0.84599104$

GRÁFICO N°13: Correlación de Pearson entre la concentración (Pb) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color negro.

	Precio s/	ppb			
marca	x	y	x2	y2	xy
internalink	55	3330	3025	11088900	183150
intenze	60	2280	3600	5198400	136800
eternal ink	47	990	2209	980100	46530
radiantcolors	45	2820	2025	7952400	126900
total	207	9420	10859	25219800	493380



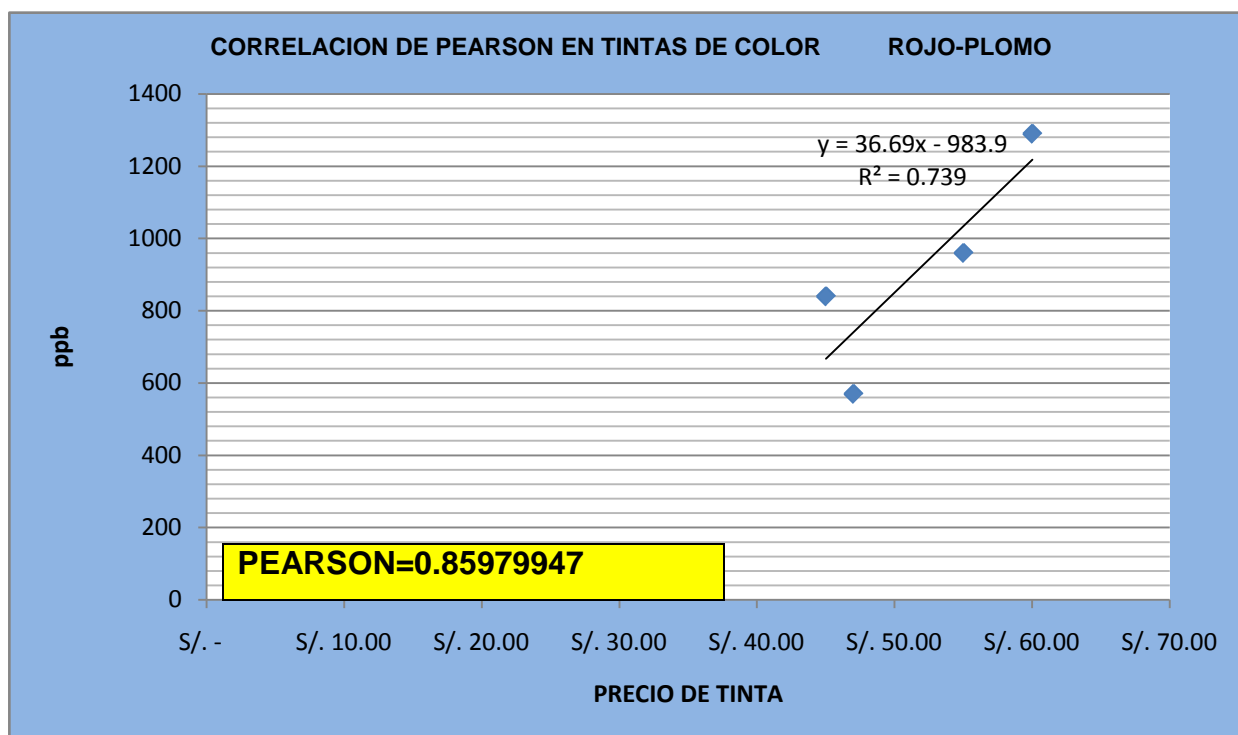
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$$r_{xy} = 0.27929639$$

GRÁFICO N°14: Correlación de Pearson entre la concentración (Pb) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color rojo.

	Precio s/		ppm		
marca	x	y	x2	y2	xy
internalink	55	960	3025	921600	52800
intenze	60	1290	3600	1664100	77400
eternal ink	47	570	2209	324900	26790
radiantcolors	45	840	2025	705600	37800
total	207	3660	10859	3616200	194790



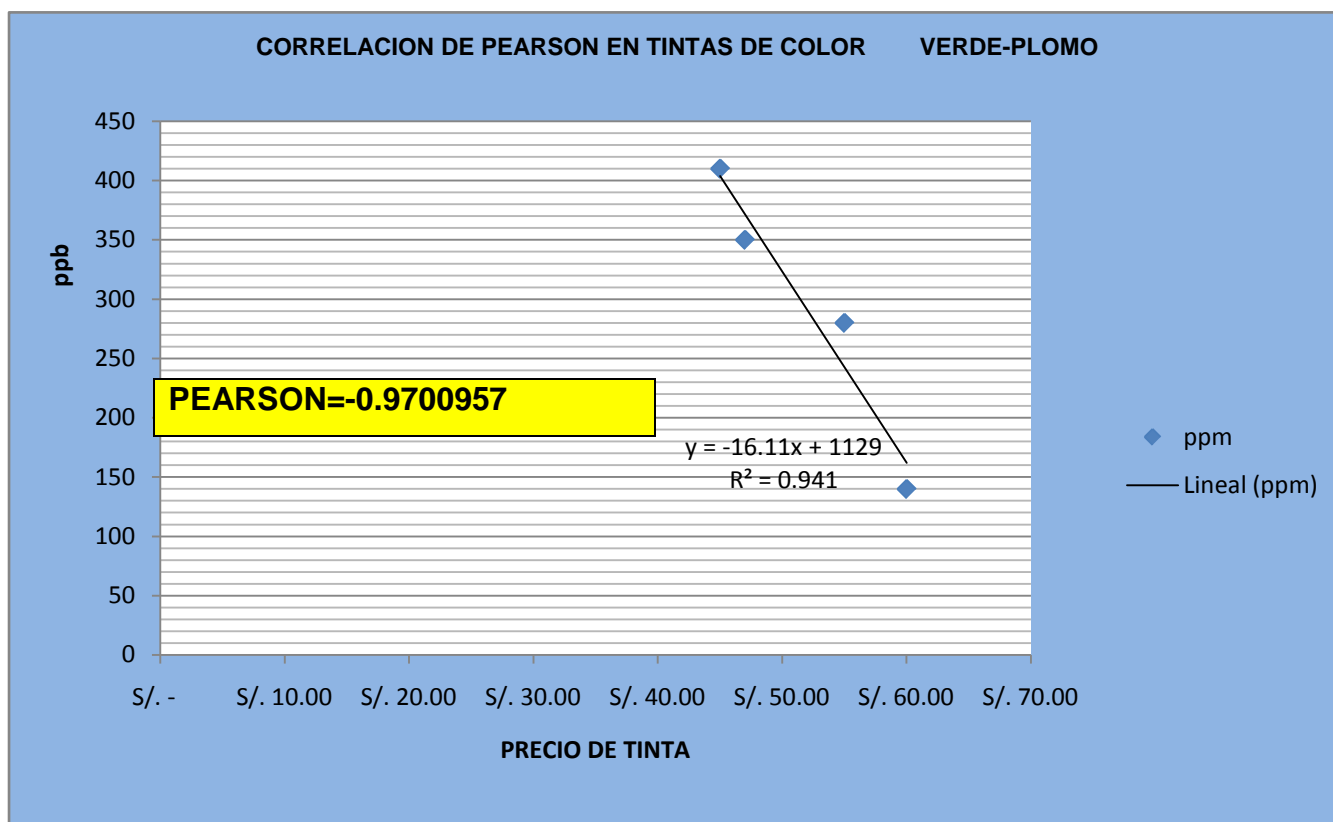
FUENTE: Presente estudio.

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$$r_x = 0.85979947$$

GRÁFICO N°15: Correlación de Pearson entre la concentración (Pb) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color verde.

marca	Precio s/		ppb		
	x	y	x ²	y ²	xy
internalink	55	280	3025	78400	15400
intenze	60	140	3600	19600	8400
eternal ink	47	350	2209	122500	164500
radiantcolors	45	410	2025	168100	184500
total	207	1180	10859	388600	372800



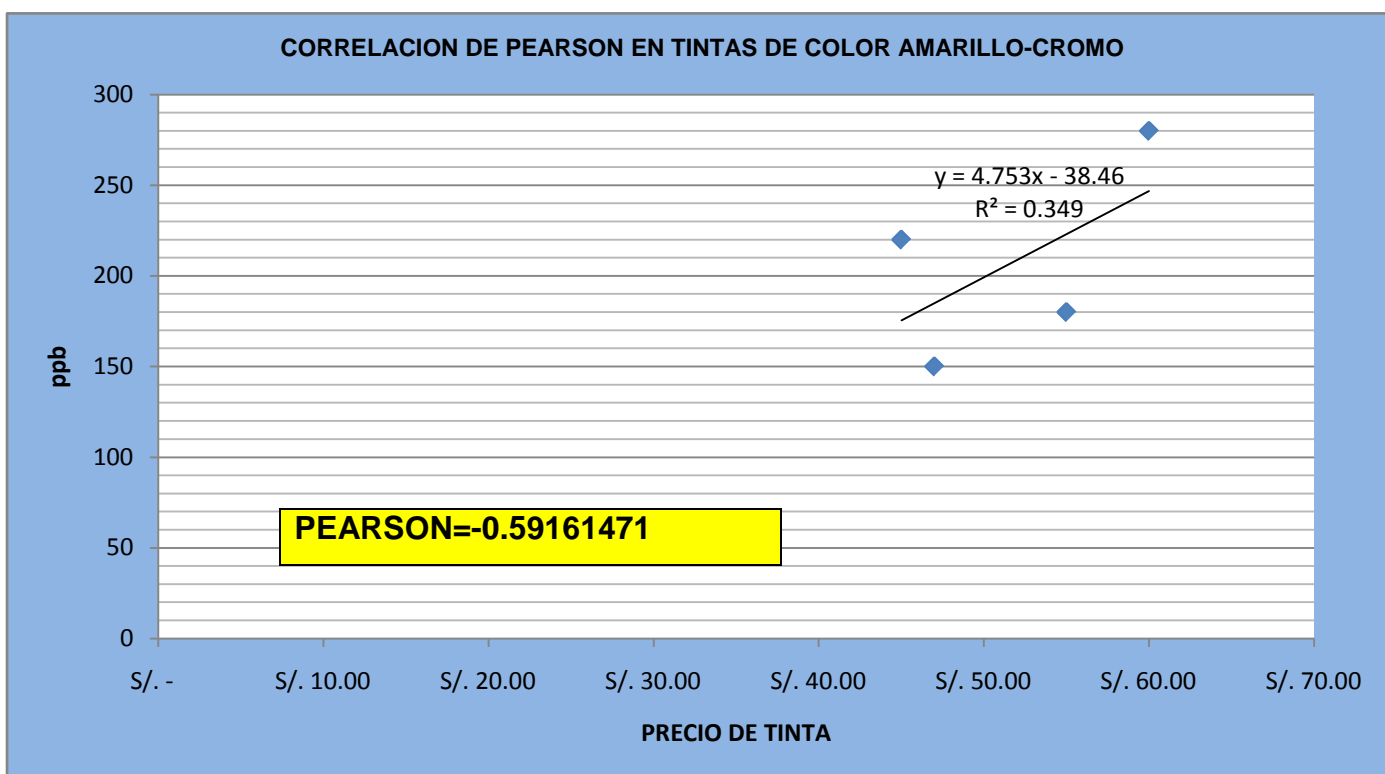
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$$r_{xy} = -0.0095797$$

GRÁFICO N°16: Correlación de Pearson entre la concentración (Cr) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color amarillo.

marca	Precio s/		ppb		
	x	y	x ²	y ²	Xy
internalink	60	280	3025	78400	16800
intenze	55	180	3600	32400	9900
eternal ink	47	150	2209	22500	70500
radiantcolors	45	220	2025	48400	9900
total	207	830	10859	181700	107100



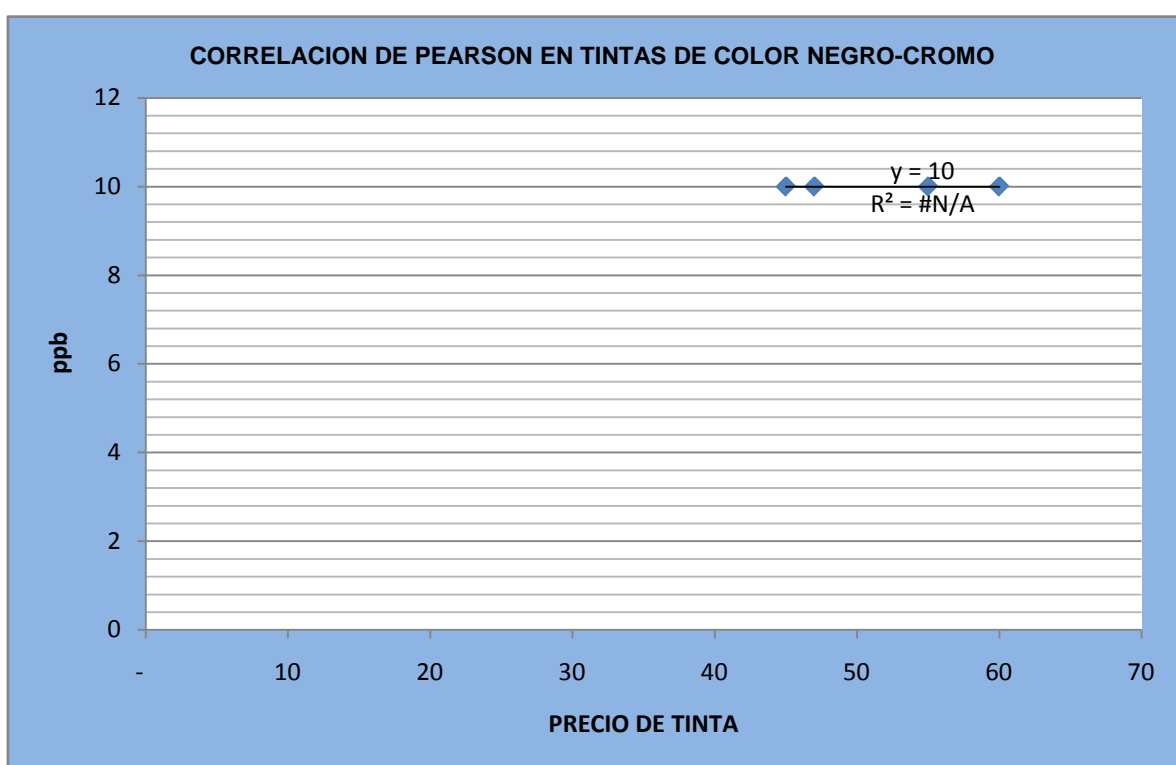
FUENTE: Presente estudio

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

$$r_{xy} = -0.59161471$$

GRÁFICO N°17: Correlación de Pearson entre la concentración (Cr) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color negro.

marca	Precio s/		ppb		
	x	y	x ²	y ²	xy
internalink	60	10	3025	100	600
intenze	55	10	3600	100	550
eternal ink	47	10	2209	100	470
radiantcolors	45	10	2025	100	450
total	207	40	10859	400	2070

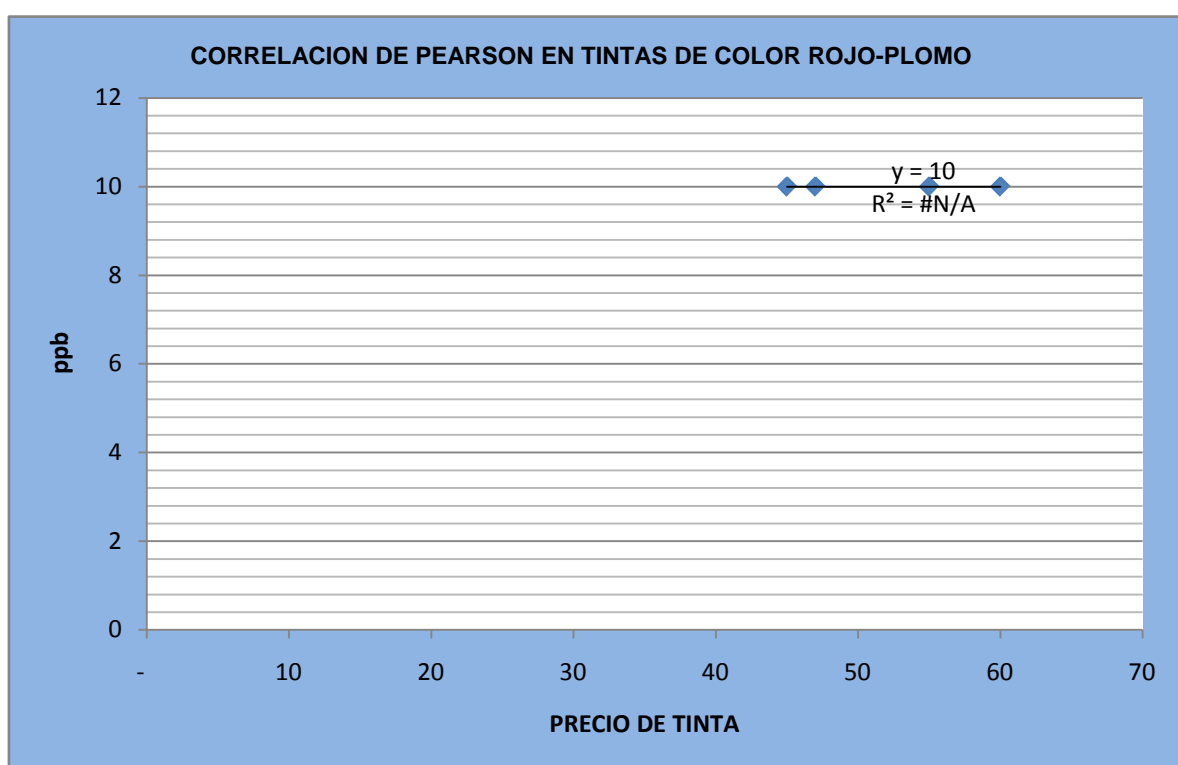


FUENTE: Presente estudio

- No es posible establecer correlación de Pearson porque los valores obtenidos del análisis no están dentro del rango de lectura del equipo (valores muy por debajo de la sensibilidad de detección del equipo).

GRÁFICO N°18: Correlación de Pearson entre la concentración (Cr) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color rojo.

marca	Precio s/		ppb		
	x	y	x ²	y ²	xy
internalink	60	10	3025	100	600
intenze	55	10	3600	100	550
eternal ink	47	10	2209	100	470
radiantcolors	45	10	2025	100	450
total	207	40	10859	400	2070

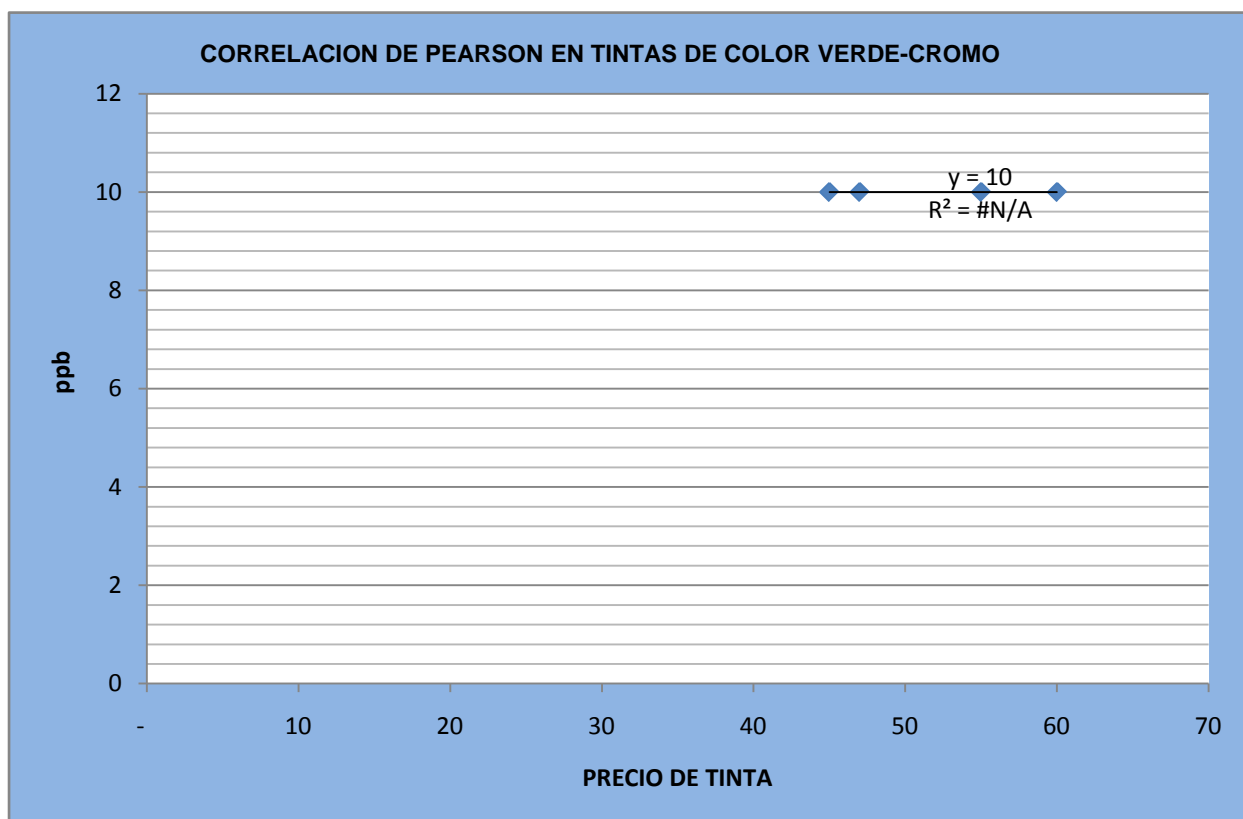


FUENTE: Presente estudio

- No es posible establecer correlación de Pearson, porque los valores obtenidos del análisis, no están dentro del rango de lectura del equipo (valores muy por debajo de la sensibilidad de detección del equipo).

GRÁFICO N°19: Correlación de Pearson entre la concentración (Cr) y el precio de tinta de tatuaje por marca, en tintas de color verde.

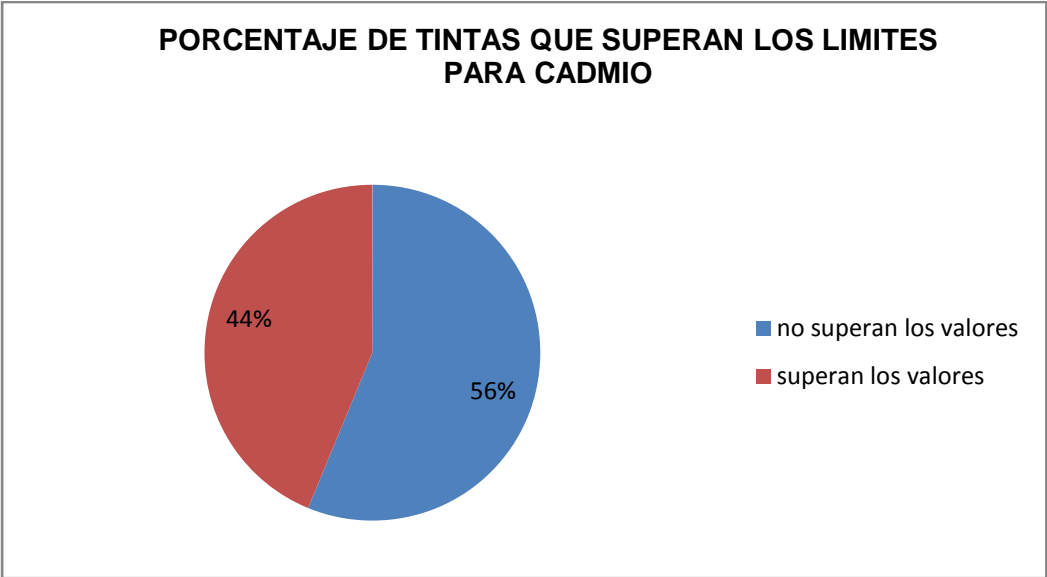
marca	Precio s/		ppb		
	x	y	x ²	y ²	xy
internalink	60	10	3025	100	600
intenze	55	10	3600	100	550
eternal ink	47	10	2209	100	470
radiantcolors	45	10	2025	100	450
total	207	40	10859	400	2070



FUENTE: Presente estudio

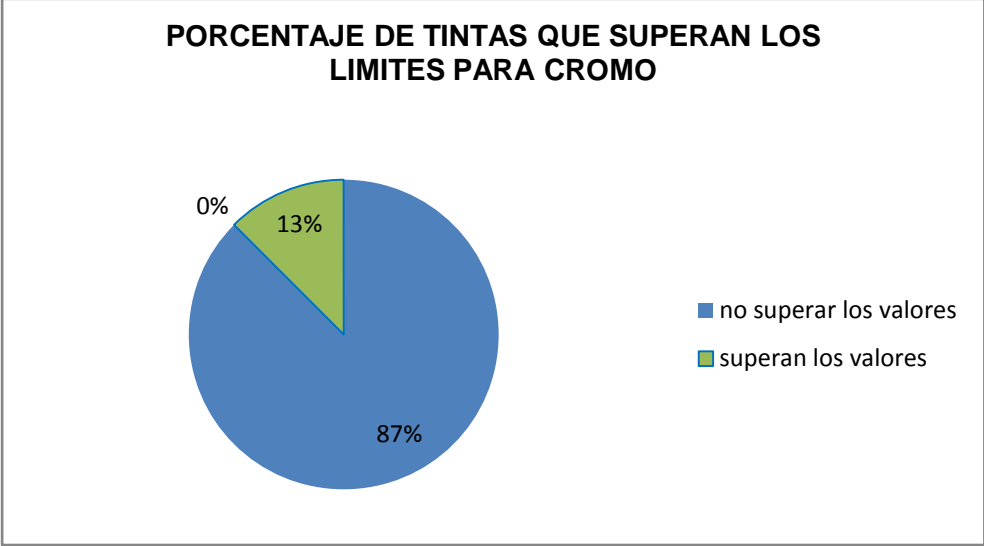
- No es posible establecer correlación de Pearson porque los valores obtenidos del análisis no están dentro del rango de lectura del equipo (valores muy por debajo de la sensibilidad de detección del equipo).

GRÁFICO N°20: Porcentaje de muestras que superan los límites para Cadmio, establecidos por EPA 0128.



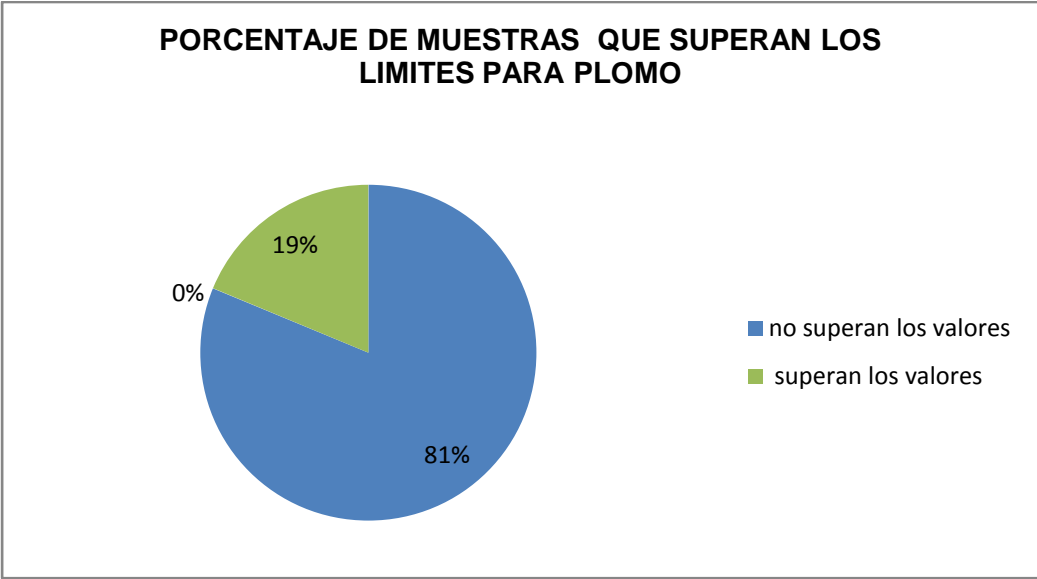
FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°21: Porcentaje de muestras que superan los límites para Cromo, establecidos por EPA 0128.



FUENTE: Presente estudio

GRÁFICO N°22: Porcentaje de muestras que superan los límites para Plomo, establecidos por EPA 0128



FUENTE: Presente estudio

5.2. Discusión de los Resultados

- ✓ La Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para tatuaje y maquillaje permanente(EPA 0128) establece la concentración para Cadmio 0.2ppm, mientras que en el presente estudio se observa que 7 muestras de tintas de tatuaje superan los valores establecidos, el cual representa el 44% de las muestras. Siendo 0.85 ppm el valor máximo encontrado procedente de la galería víaveneto(Jr. de la unión N° 835-cercado de lima).
- ✓ La Autoridad de Protección Ambiental de Directrices para tatuaje y maquillaje permanente (EPA 0128) establece la concentración para Cromo 0.2ppm, mientras que en el presente estudio se observa que 2 muestras de tintas de tatuaje superan los valores establecidos, el cual representa el 13% de las muestras. Siendo 0.28 ppm el valor máximo encontrado procedente de la Galería canto grande AV. Canto grande S/N-San Juan de Lurigancho.
- ✓ Autoridad de Protección Ambiental Directrices para tatuaje y maquillaje permanente(EPA 0128) establece la concentración para Plomo 2.0 ppm,mientras que en el presente estudio se observa que 3 muestras de tintas de tatuaje superan los valores establecidos, el cual representa el 19% de las muestras. Siendo 3.33 ppm el valor máximo encontrado procedente de la Galería canto grande AV. Canto grande S/N-San Juan de Lurigancho.
- ✓ En la Resolución ResAP(2008)1 se establece los requisitos y criterios de seguridad de los tatuajes y maquillaje permanente. Adoptada por el Comité de Ministros el 20 de febrero 2008 en la reunión 1018a de Delegados de los Ministros. Esta Resolución incluye las especificaciones sobre su composición aceptable, el envasado, etiquetado, esterilidad, las condiciones de aplicación y la obligación de informar al público y al consumidor sobre los riesgos para la salud de los tatuajes y maquillaje permanente y la práctica de tatuaje.

CAPITULO VI

6.1. Conclusiones y Recomendaciones

6.1.1. Conclusiones

- Primera: Se observó que el 44% de las muestras de tinta de tatuaje corporal expendidas en Lima Metropolitana superan los límites para Cadmio (0.2ppm) establecidos por la EPA 0128, siendo el valor más alto 0.85 ppm.
- Segunda: Se observó que el 13% de las muestras de tinta de tatuaje corporal expendidas en Lima Metropolitana superan los límites para Cromo (0.2ppm) establecidos por la EPA 0128, siendo el valor más alto 0.28ppm.
- Tercera: Se observó que el 19% de las muestras de tinta de tatuaje corporal expendidas en Lima Metropolitana superan los límites para Plomo (2.0ppm) establecidos por la EPA 0128, siendo el valor más alto 3.33 ppm.
- Cuarta: Se observó que si existe correlación con la cantidad de Cadmio, Cromo, y Plomo y el precio de las tintas de tatuaje corporal en los colores rojo, verde, amarillo y negro. Comercializados en Lima metropolitana. Ya que los tintes de tatuaje de más bajo costo son los que contienen mayor concentración de metales pesados.
- Quinta: La concentración para Cromo en los colores negro, rojo y verde de todas las marcas analizadas, presentan valores mínimos, indetectables por el equipo. Excepto colores amarillos.

6.1.2. Recomendaciones

- Primera: Establecer una normativa técnica nacional la cual indique los valores mínimos y máximos de las concentraciones permisibles de Cadmio, Cromo, Plomo y otros metales pesados en las tintas de tatuaje corporal.
- Segunda: Determinar la concentración de cadmio, cromo y plomo que se encuentran en las tintas de tatuaje corporal expendidos en Lima metropolitana, de esta manera identificar el grado de influencia que tienen estos metales en la salud de la población.
- Tercera: Identificar la concentración de Cadmio, Cromo y Plomo que se encuentra presente en personas que están tatuadas, realizando análisis en sangre y orina que es posible por el método de espectrofotometría de absorción atómica con Horno de Grafito.
- Cuarta: Promover información detallada sobre la composición de las tintas de tatuaje corporal y los efectos sobre salud de las personas.

CAPITULO VII

7.1. Referencias bibliográficas.

1. U.S. Food and Drug Administration de E.U.U. [internet].FDA. EEUU.31.augt.2011 [citado 03 marz 2014]. Disponible desde: <http://www.environmentalhealthnews.org/ehs/news/2011/tattoo-inks-face-scrutiny>
2. Resolución ResAP (2008) 1. [internet]. Consejo de europa. 20 febr. 2008.[citado el 214feb. 2014]. Disponible desde: <https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?id=1254065>
3. British Journal of Dermatology. T. Høgsberg,K. Loeschner ,D. Løf yJ. Serup. Tintas de tatuaje en el uso general contienen nanopartícula[internet].2011 nov.24. disponible desde: <http://www.foe.org.au/sites/default/files/TattooInksScarredForLife2.pdf>
4. *Agency for Research on Cancer*. [internet].IARC.8 jun. 2010 [citado el 8 dicem. 2013].disponible desde: www.fda.gov/downloads/.../UCM215717.pdf
5. Think Before You Ink: Are Tattoos Safe?. FDA.[internet].FDA.EUU.EE.UU. Departamento de Salud y Servicios Humanos. [citado oct. 2009]. disponible desde: <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm048919.htm>
6. Eva Jacobsen, KatheTønning, Eva Pedersen og Nils Bernth, Danish,Technological Institute (TeknologiskInstitut),JørgenSerupog Trine Høgsberg, BispebjergHospital,Elsa Nielsen, The National Food Institute, Technical University of Denmark. Chemical Substances in Tattoo Ink Kemiskestoffer i tatoveringfarver. [internet].dic.2011.[citado 14.febr.2014]. disponible: <http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2012/03/978-87-92779-87-8.pdf>


7. Ministry of Health. 2013. *Survey of Selected Samples of Tattoo Inks for the Presence of Heavy Metals*, [internet]. Ministry of Health New Zealand. [citado marzo 2014]. Disponible desde: http://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/survey-selected-samples-tattoo-inks-presence-of-heavy-metals-july13_0.pdf
8. Tattoo inks are some of the finer things in life. 16 May. 2012 [internet]. Disponible desde: <http://news.health.ufl.edu/2012/19237/multimedia/health-in-a-heartbeat/tattoo-inks-are-some-of-the-finer-things-in-life/>
9. Scarred For Life – Tattoo Inks and Your Health. [internet]. Australia. October. 2013. [citado marzo. 2014]. Disponible desde: <http://www.foe.org.au/sites/default/files/TattooInksScarredForLife2.pdf>
10. Guidelines for tattoo and permanent makeup substances. EPA0128. [internet]. Marzo 2012. [citado marz 2014]. Disponible desde : <http://www.epa.govt.nz/publications/tattoo-permanentmakeupguidelines.pdf>
11. Dermond, Colin G. Toxic tattoo inks may raise cancer risk: Experts. Set. 2009 [citado marzo. 2014]. Disponible desde: <http://timesofindia.indiatimes.com/home/science/Toxic-tattoo-inks-may-raise-cancer-risk-Experts/articleshow/22899418.cms>
12. Serup J. *Tattoo Inks and Your Health*. August 2012. [citado abr. 2014]. European. Disponible desde: <http://www.foe.org.au/sites/default/files/TattooInksScarredForLife2.pdf>
13. CALERO, G. OLLAGUE, J. *Dermatología Práctica Actualización y Experiencia Docente*. 2da Ed. Ecuador. Ed Interpharm. 2007. Pág. 15-28, 32-40, 456.

14. Eva J, Kathe T, Eva P. Nils Bernth, Danish, Technological Institute .Serup J. og Trine Høgsberg, BispebjergHospital.Elsa Nielsen, The National Food Institute, Technical University of Denmark.
Chemical Substances in Tattoo Ink Kemiske stoffer i tatoveringsfarver.[internet]. 2012. [citado el 23 de mar]. Disponible desde:<http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2012/03/978-87-92779-87-8.pdf>
15. Explicación científica sobre cómo se hace un tatuaje. [internet]. 20 oct. 2012. [citado el 20 marz. 2014]. Disponible desde:<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/15785281/Asi-se-hace-un-tatuaje-explicacion-cientifica.html>
16. Madrigal A. Representación Social del Tatuaje en Jóvenes Tatuados entre 18 y 25 Años de Edad. [internet]. Oct. 2005. [citado el 11 de abr 2014]. Disponible desde. <file:///F:/jovenes-tatuados-19112010.pdf>
17. Nava-Ruiz, Méndez M. Efectos neurotóxicos de metales pesados. Mexico. 140 | Vol. 16 | No. 3 julio-septiembre 2011.
18. Saldivar L. Tovar A. tortoul Van de Goes T. Cap 13 Cadmio. Mexico. [internet]. Disponible desde: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a13.pdf>
19. Bioquímica Ambiental. Contaminación por Metales. [internet]. Mexico. disponible desde: http://www2.uah.es/tejedor_bio/bioquimica_ambiental/T11-metales.pdf
20. Ramirez A. Toxicología del Cadmio. UNMS. [internet]. 2002 [Citado el 25 de abril 2014]. Disponible desde: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf
21. PerezGarcia P. Azcona Cruz M. Los efectos del cadmio en la salud. [internet]. Set. 2012. Mexico. [citado el 25 de may. 2014]. Disponible desde: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47324564010>
22. Lilia A. Albert. Cap.14 cromo. Mexico. [internet]. Disponible desde: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a14.pdf>

23. Cuberos E, Alba I. Rodriguez, Prieto E. [internet]. Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. 13 de marz.2009 [citado 10 de abr 20014]. Disponible desde: <http://www.scielosp.org/pdf/rsap/v11n2/v11n2a12>
24. Nava-Ruíz, Méndez M. Efectos neurotóxicos de metales pesados. Mexico. 140 | Vol. 16 | No. 3 julio-septiembre 2011.
25. Melinda M. Valdivia Infanta. Intoxicacion por Plomo. [internet].2005. [citado el 12 de Abril 2014]. Disponible desde: http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf
26. Capítulo 4. 4. Fase Toxicodinamica. OMS.[internet]. OMS. [Citado el 25 de abril del 20014]. Disponible desde: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/eco/021542/021542-05.pdf>
27. Wolfgang Bäumlér, University of Regensburg, Germany.[internet].junio 2013 [Citado el 29 de abril del 2014]. Diponible desde: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/bfr-symposium-first-international-conference-on-tattoo-safety-abstracts.pdf>

7.2. Anexos:

7.2.1. Informe del análisis cuantitativo de las muestras, emitido por el CENTRO TOXICOLOGICO CETOX.



CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX
Resolución Directoral R.D. N° 354-2006-AG-SENASA-DIAIA
Inscrito en Registro de Laboratorios de Control de Calidad de Plaguicidas Agrícolas
N° 001-AG-SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Ministerio de Agricultura

Jr. Pisac 192 – Oficina 102 – Urb. Residencial Higuiereta – Santiago de Surco
Telefax: (511) 273-2318 www.cetox.com.pe servicios@cetox.com.pe

INFORME DE ENSAYO

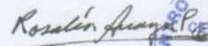
TIT - 14 - 0074


1. Solicitante : Sr. Jean Rosendo Cárdenas Alcazar
2. Análisis solicitado : Cuantificación de cromo, plomo y cadmio
3. Muestra : Tintes para tatuaje (muestras proporcionadas por el solicitante)
4. Fecha de Recepción : 02/05/2014
5. Fecha de Emisión : 19/05/2014

RESULTADOS

N°	CÓDIGO	CROMO (ug/g)	PLOMO (ug/g)	CADMIO (ug/g)
01	AMA-A	0.28	1.15	0.25
02	AMA-B	0.18	0.98	0.15
03	AMA-C	0.15	1.28	0.59
04	AMA-D	0.22	1.22	0.85
05	NEG-A	< 0,010	3.33	0.36
06	NEG-B	< 0,010	2.28	0.45
07	NEG-C	< 0,010	0.99	0.18
08	NEG-D	< 0,010	2.82	0.12
09	ROJ-A	< 0,010	0.96	0.11
10	ROJ-B	< 0,010	1.29	0.14
11	ROJ-C	< 0,010	0.57	0.26
12	ROJ-D	< 0,010	0.84	0.22
13	VERD-A	< 0,010	0.28	0.02
14	VERD-B	< 0,010	0.14	0.08
15	VERD-C	< 0,010	0.35	0.03
16	VERD-D	< 0,010	0.41	0.12

MÉTODO:
Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito


Dra. Rosalía Anaya Pajuelo
Gerente Técnico



Prohibida su reproducción total o parcial. Si se requiere copias solicitarlas por escrito al ente emisor 1/1

Cuadro : Lista de aminas aromáticas, en particular con respecto a sus propiedades cancerígenas, mutagénicas, tóxicas para la reproducción y sensibilizantes, las cuales no deben estar presentes en los tatuajes y productos PMU ni liberados de colorantes azoicos.

CAS número	CE-número	Sustancias
293733-21-8		6-amino-2-ethoxynaphthaline
		4-amino-3-fluorofenol
60-09-3		4-aminoazobenceno
97-56-3	202-591-2	o-aminoazotoluene
90-04-4	201-963-1	o-anisidina
92-87-5	202-199-1	La bencidina
92-67-1	202-177-1	Bifenil-4-ilamina
106-47-8	203-401-0	4-cloroanilina
95-69-2	202-411-6	4-cloro-o-toluidina
91-94-1	202-109-0	3,3 '-D-diclorobencidina
119-90-4	204-355-4	3,3 '-dimetoxibencidina
119-93-7	204-358-0	3,3 '-dimetilbencidina
120-71-8	204-419-1	6-metoxi-m-toluidina
615-05-4	210-406-1	4-metoxi-m-fenilendiamina
101-14-4	202-918-9	4,4 '-metilen-bis (2-cloroanilina)
101-77-9	202-974-4	4,4 '-metilendianilina
838-88-0	212-658-8	4,4 '-metilendi-o-toluidina
95-80-7	202-453-1	4-metil-m-fenilendiamina
91-59-8	202-080-4	2-naftilamina
99-55-8	202-765-8	5-nitro-o-toluidina

Fuente: Resolución ResAP (2008) 1 Disponible en: <http://translate.google.com.pe/translate?hl=es&sl=en&u=https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp%3Fid%3D1254065&prev=/search%3Fq%3DRESOLUTION%2BAP%2B2008%2B1%26biv%3D1366%26bih%3D641>

Cuadro 2: Las concentraciones máximas permitidas de impurezas en productos para tatuaje y maquillaje permanente.

Elemento o compuesto	ppm	ppb
Arsénico (As)	2	
Bario (Ba)	50	
El cadmio (Cd)	0.2	
El cobalto (Co)	25	
Cromo (Cr)	0.2	
Cobre (Cu) soluble ^L	25	
De mercurio (Hg)	0.2	
Níquel (Ni) ^g	Tan bajo como sea técnicamente factible	
Plomo (Pb)	2	
El selenio (Se)	2	
El antimonio (Sb)	2	
Estaño (Sn)	50	
Zinc (Zn)	50	
Hidrocarburos aromáticos Policyclic (PAH)	0.5	
El benceno-a-pireno (BaP)		5

Fuente: Resolución ResAP (2008) 1 Disponible en: <http://translate.google.com.pe/translate?hl=es&sl=en&u=https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp%3Fid%3D1254065&prev=/search%3Fq%3DRRESOLUTION%2BAP%2B2008%2B1%26biw%3D1366%26bih%3D641>