

ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Efecto de los Metales Pesados Plomo (Pb), Cobalto (Co), Níquel (Ni), y Mercurio (Hg) en los Parámetros Hematológicos, y de Ciertos Marcadores Hepáticos en Personas que usan Tintes Capilares Effect of Heavy Metals Lead (Pb), Cobalt (Co), Nickel (Ni), and Mercury (Hg) in Hematological Parameters, and Certain Liver Markers in People Using Hair Dyes

Franklin Jesús Pacheco-Coello*, Héctor Lovera y Bibi Nazila Ali

Universidad de Carabobo, Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Metales Pesados y Solventes Orgánicos,
Centro de Estudio en salud de los Trabajadores (CEST-UC), Venezuela.

Article history:

Received February 8, 2024

Received in revised from

March 15, 2024

Accepted March 27, 2024

Available online

May 14, 2024

* Corresponding author:

Franklin Jesús Pacheco Coello

Electronic mail address:

fpacheco2@uc.edu.ve

ORCID: [http://orcid.org/0000-](http://orcid.org/0000-0002-2765-4069)

0002-2765-4069

R E S U M E N

Introducción: A lo largo del tiempo, los productos para resaltar la belleza han sido de gran utilidad, entre ellos los tintes de cabello. Actualmente, se emplean tintes de formulaciones complejas que podrían provocar un efecto nocivo a la salud. Entre los compuestos contenidos en los tintes, desatacan plomo, cobalto, níquel y mercurio. **Objetivo:** El objetivo de la investigación fue asociar la presencia de metales pesados (Pb, Co, Ni, Hg) con las posibles alteraciones en los parámetros hematológicos, fosfatasa alcalina, TGO y TGP en personas que usan tintes capilares. **Metodología:** Se llevó a cabo una investigación descriptiva y de corte transversal, con la participación de 20 personas del municipio Jiménez del estado Lara, que cumplieron los criterios establecidos en el trabajo. Para la determinación de metales, se empleó espectrofotometría de Absorción Atómica y Fotometría de Llama, y métodos automatizados para los parámetros hematológicos, fosfatasa alcalina, TGO y TGP. **Resultados:** Las concentraciones de los metales en los participantes, presentaron un incremento significativo respecto al grupo control. Se observó una asociación en el incremento de los metales pesados en el grupo estudio en función al tiempo de uso de los tintes (A $r=0,998$; B $r=0,999$; C $r=0,997$). Los valores de algunos parámetros hematológicos (hemoglobina, conteo de blancos y plaquetas) disminuyeron, indicativo de una asociación negativa en función al tiempo de uso de tintes capilares. Los biomarcadores hepáticos con respecto al tiempo de uso de tintes capilares, muestran una asociación positiva para fosfatasa alcalina, TGO y TGP. **Conclusiones:** Considerando estos resultados, se recomienda difundir los efectos que ocasiona el uso de tintes para el cabello entre el público en general y principalmente, entre los usuarios de los mismos.

Palabras clave: Metales pesados, Parámetros hematológicos, Fosfatasa alcalina, TGO, TGP, Tintes capilares.

A B S T R A C T

Introduction: Over time, products to enhance beauty have been very useful, including hair dyes. Currently, dyes with complex formulations are used that could cause harmful effects to health. Among the compounds contained in the dyes, lead, cobalt, nickel and mercury stand out. **Objective:** The objective of the research was to evaluate the association of heavy metal levels (Pb, Co, Ni, Hg) with hematological parameters, alkaline phosphatase, TGO and TGP in people who use hair dyes. **Methodology:** A descriptive and cross-sectional research was carried out, with the participation of 20 people from the Jiménez

municipality of Lara state, who met the criteria established in the work. For the determination of metals, atomic absorption spectrophotometry was used, and automated methods for hematological parameters, alkaline phosphatase, TGO and TGP. Results: The concentrations of metals in the participants presented a significant increase compared to the control group. An association was observed in the increase of heavy metals in the study group depending on the time of use of the dyes (A $r=0.998$; B $r=0.999$; C $r=0.997$). The values of some hematological parameters (hemoglobin, white and platelet counts) decreased, indicative of a negative association depending on the time of use of hair dyes. Liver biomarkers with respect to time of use of hair dyes show a positive association for alkaline phosphatase, TGO and TGP. Conclusions: Considering these results, it is recommended to disseminate the effects caused by the use of hair dyes among the general public and mainly among their users.

Keywords: Heavy metals, Hematological parameters, Alkaline phosphatase, TGO, TGP, Hair dyes.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, los productos para resaltar la belleza han sido de gran utilidad, y entre la gran variedad de éstos productos disponibles en el mercado, destacan los tintes de cabello. Estas tinturas están destinadas a dar color ya sea para un cambio de tonalidad o restituir el color original. En esta práctica, se han utilizado desde sustancias vegetales hasta compuestos químicos, tal y como ocurre en la actualidad; sin embargo, estos compuestos químicos constan de formulaciones complejas y no se dispone de información específica en los empaques comerciales (Hernández y Aldazabal, 2019), por lo que se desconoce su potencial efecto nocivo a la salud.

Es posible que el uso de sustancias para teñir el cabello, se remonte desde la época de la prehistoria. Es así como egipcios y griegos, ya utilizaban como tintura una pasta de origen vegetal, denominada henna. Los romanos, por su parte, además de utilizar este tipo de tintes, comenzaron a decolorar sus cabellos, utilizando pastas a base de cenizas de madera de haya y sebo de cabra, y también por primera vez utilizaron sales de plomo en las tinturas, que generaban una coloración progresiva hacia colores más oscuros, pero que tenían cierta toxicidad

En los últimos años, ha aumentado considerablemente la preocupación por el riesgo que para la salud representa la exposición a los tintes capilares (Luminancia, 2018). Estos productos, además de contener sustancias reactivas y colorantes, poseen otras con distintas funciones, como fijar el color, estabilizarlo o permitir que el colorante penetre en el cabello. Al

respecto, Hernández y Aldazabal (2019), realizaron estudios de sustancias potencialmente peligrosas presentes en tinturas para el cabello, llegando a la conclusión que los consumidores y trabajadores que manipulan los tintes, tienen poco conocimiento sobre los componentes y sus posibles efectos perjudiciales.

Los tintes capilares cada día están teniendo más aceptación en el mercado buscando mayores ganancias, sin tomar en cuenta los daños que pueden ocasionar. Éstos productos, son preparaciones de múltiples componentes, que no siempre suelen estar bien especificados por fabricantes y distribuidores y, por lo tanto, son poco conocidas por los consumidores y/o trabajadores del sector (Hernández y Aldazabal, 2019). Se calcula que en los tintes capilares pueden estar presentes más de 5.000 sustancias químicas diferentes, destacando las sustancias tóxicas, inorgánicas y orgánicas, siendo estas últimas las más dañinas ya que alteran la composición celular capaz de causar mutación dando paso al desarrollo de cáncer (Instituto Nacional del Cáncer, 2011).

Entre las sustancias químicas presentes en los tintes, se encuentra la parafenilendamina (PPD), utilizada como medio de contraste para los tonos de colores oscuros. La PPD es elaborada a base de alquitrán de hulla, producto químico derivado del petróleo, que incluye benceno, naftaleno, fenoles y anilina (Encabo Duran, 2018). Al respecto, Haussmann (1863), señaló que la PPD en combinación con peróxido de hidrógeno, es muy tóxico y puede conducir a la aparición de cáncer (Instituto Nacional de Cáncer, 2005). Así mismo, se ha descrito que los tintes capilares pueden

contener fenol, el cual, al entrar en contacto con la piel, podría provocar lesiones en hígado, orina de color oscuro y destrucción de glóbulos rojos (Hernández y Aldazabal, 2019).

Los otros elementos de gran importancia presentes en los tintes capilares, son los metales pesados, los cuales presentan masa atómica elevada y se encuentran en la atmósfera en concentraciones muy pequeñas. Los más comunes son Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Arsénico (As), Níquel (Ni), Cobre (Cu) y Manganeso (Mn) (Rodríguez, 2017).

En general, la toxicidad de los componentes de los tintes, no radica sólo en sus características químicas, sino en las concentraciones en las que están presentes, y más importante aún, en el tipo de compuesto o metabolito que forman (Rodríguez, 2019). Es por ello, que en diversos países como Costa Rica y España, está prohibido el uso de metales pesados en la composición de tintes para teñir el cabello. Sin embargo, en otros países, se ha establecido un límite máximo permitido ubicado en un rango no mayor de 10 ppm, como por ejemplo en Alemania, y de 20 ppm en el caso de Canadá, Brasil y Estados Unidos (SCCNFP, 2007). Estos límites son establecidos para evitar el daño toxicológico al ser humano por La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de EE.UU. y por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (siglas en inglés: CDC), entes regulatorios encargados de evaluar la presencia de metales en cosméticos y su concentración por encima de los límites establecidos en la norma (NOM-119-SSA1-1994). En lo que respecta a Venezuela, al indagar en la literatura disponible al respecto, se comprueba que no existe un límite máximo de la concentración de estos componentes en productos cosméticos y es escasa la información sobre los efectos adversos que pueden ocasionar.

En los últimos años, ha aumentado notablemente las ventas a nivel global de productos destinados para teñir el cabello, siendo comercializados principalmente los de origen asiático por sus bajos costos y sin ningún tipo de control sanitario

(Sebasssblogs.blogspot.com, 2016). Este fenómeno resulta preocupante aunado al auge en el uso de tintes para colorear el cabello para mejorar la autoestima, teñir las canas o por moda, costumbre que realizan los consumidores sin tener pleno conocimiento sobre el daño que esto les pueda causar. Es precisamente, esa falta de información, lo que motiva a realizar investigaciones a fin de documentar el uso de sustancias químicas como los metales pesados (Pb, Co, Ni, Hg), lo cual podría resultar perjudicial para el desarrollo de funciones bioquímicas y fisiológicas del organismo (Instituto Nacional del Cáncer, 2016). Por tales razones se planteó asociar la concentración de los metales pesados (Pb, Co, Ni) en muestras de cabello con los parámetros hematológicos, transaminasas TGO, TGP y fosfatasa alcalina en individuos que tienen el hábito de teñirse el cabello.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

El presente trabajo se enmarcó en el tipo de investigación descriptiva, de correlación y de corte transversal, el cual se llevó a cabo en el municipio Jiménez del estado Lara debido a la amplia distribución y el uso de forma recurrente de los tintes capilares

Población

La población estuvo constituida por sujetos que manifestaron usar tintes de cabello y que de forma voluntaria decidieron participar en el estudio.

Muestra

La muestra fue conformada por 20 personas que residen en el municipio Jiménez del estado Lara. Para la selección de la muestra se tomaron en consideración los siguientes criterios:

a. Criterios de inclusión

- Personas de ambos sexos dispuestas a participar en el estudio voluntariamente.

- Personas mayores de 18 años que tengan como mínimo 3 años usando tintes capilares.
- Individuos con buenos hábitos alimenticios, no fumadores y de poco o esporádico consumo de alcohol.

b. Criterios de exclusión

- Personas que padecen de enfermedades crónicas o hematológicas.
- Personas ocupacionalmente expuestas a metales pesados.

Grupo control

La población control estuvo constituida por 20 personas, 85 % mujeres y 15 % hombres, que cumplieron con los criterios previamente establecidos en la investigación.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una vez que los participantes firmaron el consentimiento informado (anexo A), se procedió a la recolección de información, mediante una encuesta (anexo B) con la cual se obtuvieron los datos sociodemográficos tales como edad, tiempo de uso de los tintes capilares y frecuencia de aplicación de los mismos. Una vez completado el cuestionario, se procedió a entregarles un instructivo explicativo para la correcta recolección de las muestras de orina. Adicionalmente, para la recolección de las muestras de sangre, se les informó abstenerse de consumir alcohol dos días antes de dicha recolección y asistir en ayuno el día fijado para tal fin.

Procedimiento experimental

Recolección de muestras sanguíneas y de cabello:

Para la extracción de las muestras sanguíneas, se procedió siguiendo las reglas de asepsia y antisepsia. Se extrajeron 10 mL de sangre de la vena antecubital con inyectora descartable de 12 mL y aguja de 21G x 1'', luego el contenido de la inyectora se depositó lentamente en dos tubos previamente identificado con los datos del paciente. Se colocó 5 mL de sangre en tubo con dos gotas de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para el análisis de hematología completa

y 5 mL en tubo estéril sin anticoagulante para obtener el suero que se utilizó para las determinaciones de TGO, TGP y fosfatasa alcalina.

Para la obtención de las muestras de cabello, se seleccionó la región occipital por ser la más recomendada del cuero cabelludo para este tipo de estudio. El corte se realizó lo más cerca posible del cuero cabelludo obteniendo aproximadamente de 20 a 30 hebras de cabello; las mismas fueron colocadas en bolsas estériles de polipropileno con su respectiva identificación, luego se colocaron en sobres de papel para evitar su extravío.

Transporte y almacenamiento:

Las muestras de sangre destinadas para los análisis bioquímicos, fueron centrifugadas a fin de separar el suero del paquete globular, Las muestras de cabello y suero fueron refrigeradas a 4 °C hasta su procesamiento.

Determinación de Plomo, cobalto, níquel en cabello por espectrofotometría de absorción atómica de llama:

En la espectrofotometría de absorción atómica, los elementos como el analito se transforman en estado libre atómico en un dispositivo de atomización con la adición de energía térmica. Estos átomos son capaces de absorber radiación específica según el elemento. Para ello, una lámpara específica de elemento con un cátodo hueco hecho con el elemento que se va a investigar se introduce en la trayectoria del rayo de un espectrómetro de absorción atómica con el dispositivo de atomización y un detector.

Dependiendo de la concentración del elemento investigado en la muestra, parte de la intensidad de radiación de la lámpara de cátodo hueco es absorbida por los átomos formados. Dos fotomultiplicadores miden la intensidad de la radiación no atenuada y 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

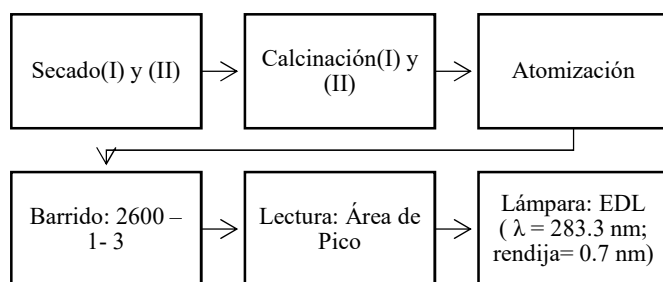
calcularse a partir de la diferencia entre las dos intensidades Beaty, (1993).

Para caracterizar la cantidad de energía absorbida en Espectrofotometría de Absorción, se utiliza la Absorbancia. Este parámetro sigue una relación lineal con la concentración, siguiendo la ley de Lambert-Beer (Martínez, 2020). Para determinar concentraciones de analito en una muestra, primero deben determinarse las absorbancias de disoluciones estándar o patrones de concentraciones de analito conocidas.

Seguidamente se grafica el valor de estas absorbancias *versus* las concentraciones, obteniéndose de esta forma la “curva de calibración”. Generalmente, se utilizan las concentraciones de analito que tienen una relación lineal con la absorbancia, pasando a llamarse la relación absorbancia/concentración “Recta de calibración”. Una vez establecida la recta de calibración se puede obtener la concentración del analito (Martínez, 2020).

Determinación de Hg en cabello por espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito:

El procedimiento consistió en construir una curva de calibración a partir de una solución estándar del metal de 1 µg/mL (equivale a 100 µg/dL), con los siguientes patrones: 0, 5, 10 y 20 µg/dl. Las muestras se sometieron a las siguientes etapas:



Se midieron las absorbancias de los patrones, así como de las muestras que posteriormente, por medio de la curva de calibración, se obtuvieron las concentraciones (Mañay, 2015).

Determinación de los parámetros hematológicos:

Los parámetros hematológicos (leucocitos,

hemoglobina, VCM, HCM, CHCM, hematocrito y conteo diferencial) se realizó mediante un equipo automatizado COULTER T 890, el cual contabiliza con rapidez las células sanguíneas midiendo cambios en la conductancia eléctrica a medida que las células suspendidas en un fluido conductor atraviesan un pequeño orificio (Beckman Coulter, 2023).

Determinación de Transaminasas TGO, TGP y Fosfatasa alcalina:

El método analítico para la medida de la enzima hepática TGO, TGP, Fosfatasa alcalina fue de la casa comercial (Clínica, S. Wiener Lad 2000). Para realizar la lectura, se utilizó un espectrofotómetro semiautomático, marca Génesis 20.

Fundamento metodológico de transaminasas TGO y TGP:

Las enzimas TGO y TGP presente en la muestra de suero. La TGO cataliza la siguiente reacción: TGO l-aspartato + α-cetoglutarato para formar glutamato + oxalacetato. La TGP cataliza la siguiente reacción:

TGP l-alanina + α-cetoglutarato para formar glutamato + piruvato. El piruvato formado (el oxalacetato es inestable y se transforma en piruvato), reacciona con 2,4-dinitrofenilhidracina produciéndose, en medio alcalino, un compuesto coloreado que se mide a 505 nm.

Fundamento metodológico de Fosfatasa alcalina:

Fosfatasa alcalina presente en la muestra de suero desdobra al fenilfosfato de sodio en medio alcalino tamponado con aminometil propanol (AMP). El fenol liberado se determina por reacción con 4-aminoantipirina y ferricianuro como agente oxidante. El color desarrollado es directamente proporcional a la actividad enzimática y se mide a 520 nm.

Consideraciones éticas

En el presente estudio estuvo dentro de los principios de la quinta modificación de la Declaración de Helsinki (Edimburgo, 2000).

Análisis de datos

Se realizó un análisis estadístico descriptivo empleando medidas de dispersión y tendencia central como media y desviación estándar. Posteriormente, se aplicó la prueba de Chi-cuadrado de Pearson, prueba paramétrica de correlación que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica, permitiendo asociar los niveles de metales pesados con parámetros hematológicos, fosfatasa alcalina, TGO y TGP en personas que usan tintes capilares, empleando como programa estadístico, Statistix10.0 para Windows.

RESULTADOS

Características demográficas y frecuencia de uso de tintes capilares de los participantes en estudio

Para llevar a cabo la presente investigación, se logró la participación de 20 mujeres con un promedio de edad de 32 años, de las cuales 100% manifestó el uso frecuente de tintes capilares. El grupo control estuvo constituido por 20 personas, 85% mujeres y 15% hombres, que cumplieron los parámetros previamente establecidos en la investigación. En cuanto el tiempo de uso de los tintes capilares, 60% de las mujeres manifestó tener más de 6 años utilizando tintes para el cabello (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de los participantes de acuerdo con el tiempo de uso de los tintes capilares

Table 1. Distribution of participants according to the time of use of hair dyes

Tiempo de uso (años)	Participantes	
	n	%
1-5	8	40
6-11	4	20
12-17	5	25
≥18	3	15
Total	20	100

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de la concentración de metales pesados en muestras de cabello de personas que utilizan tintes capilares

Las concentraciones promedio de los metales plomo, mercurio y cobalto, resultaron ser mayores en las 20 mujeres participantes en el estudio con respecto al grupo control. Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,032$) entre las concentraciones promedio de plomo en muestras de cabello del grupo de estudio con respecto al grupo control, así mismo con mercurio ($p=0,041$) y cobalto ($p=0,037$). No se detectó la presencia de níquel en ninguna de las muestras evaluadas, por lo menos a las concentraciones mínimas de detección de los métodos aplicados (Tabla 2).

Tabla 2. Determinación de la concentración de metales pesados en muestras de cabello de personas que utilizan tintes capilares

Table 2. Determination of the concentration of heavy metals in hair samples from people who use hair dyes

Metal ($\mu\text{g/g}$)	Grupo estudio ($M \pm DS$)	Grupo control ($M \pm DS$)	P
Plomo	$4,24 \pm 0,36$	$1,02 \pm 0,28$	0,032 *
Mercurio	$1,8 \pm 0,96$	$0,92 \pm 0,13$	0,041 *
Cobalto	$0,66 \pm 0,26$	$0,09 \pm 0,04$	0,037 *
Níquel	ND	ND	-

(*) Significativo si $P < 0,05$; M = media; DS = desviación estándar; ND: No detectable. Fuente: Elaboración propia.

Determinación de parámetros hematológicos en personas que se tiñen el cabello

Los parámetros hematológicos GR, HB, HCT, HCM y VCM mostraron valores dentro de los rangos de referencia sin diferencia estadísticamente significativa entre el grupo estudio y el grupo control. Sin embargo, la prueba de t-Student arrojó diferencia estadísticamente significativa en relación a los valores de Glóbulos blancos ($p= 0,0392$) y plaquetas ($p = 0,0312$) respecto al grupo control (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros hematológicos en personas que usan tintes capilares**Table 3.** Hematological parameters in people who use hair dyes

Prueba	Grupo estudio (M ± DS)	Grupo control (M ± DS)	P
GB (10 ³ /μL)	7,05 ± 2,92	7,40 ± 1,92	0,0392 *
GR (10 ⁶ /μL)	4,07 ± 0,55	4,31 ± 0,38	0,0652
HB (g/dL)	11,95 ± 1,33	12,40 ± 1,06	0,1625
HCT (%)	36,90 ± 4,09	37,55 ± 3,77	0,3644
VCM (fL)	91,10 ± 8,40	87,85 ± 6,98	0,2138
HCM (pg)	29,80 ± 2,76	29,40 ± 2,47	0,3122
PLT (10 ³ /μL)	244,00 ± 81,21	284,25 ± 52,30	0,0312 *

(*) Significativo si $P < 0,05$ M = media; DS = desviación estándar. GB: glóbulos blancos, GR: glóbulos rojos, HB: hemoglobina, HCT: hematocrito, HCM: hemoglobina corpuscular media, VCM: volumen corpuscular medio, PLT: plaquetas. *Fuente:* Elaboración propia.

Determinación de fosfatasa alcalina, TGO y TGP (U/L) en personas que se tiñen el cabello

En relación con los valores obtenidos para la fosfatasa alcalina (Tabla 4), el grupo en estudio arrojó un mínimo de concentración 105,99 U/L y un máximo de 158,11 U/L, a su vez la determinación para el grupo control tiene un mínimo de 82,77 U/L y un máximo de 110,53 U/L. Del mismo modo, se realizó la determinación de transaminasas para el grupo en estudio y control, permitiendo tener valores mínimos de TGO de 18,91 U/L y máximo 47,71 U/L, mientras que para el control el mínimo fue de 19,46U/L y como valor máximo 36,38U/L. Referente a TGP, la población en estudio tuvo como concentración mínima 19,90 U/L y máxima de 55,40 U/L así mismo, el control arrojó una concentración mínima 17,62 U/L y máximo 36,06 U/L.

La prueba estadística aplicada arrojó un valor significativo para fosfatasa alcalina, TGO y TGP ($p = 0,0086$), ($p = 0,0252$) y ($p = 0,0064$) respectivamente, es decir que existe diferencias estadísticamente significativa entre los dos grupos estudiados para los analitos determinados (tabla 4).

Tabla 4. Valores fosfatasa alcalina, TGO y TGP en personas usan tintes capilares**Table 4.** Alkaline phosphatase, TGO and TGP values in people who use hair dyes

Prueba	Concentración grupo estudio (U/L, M ± DS)	Concentración grupo control (U/L, M ± DS)	P
Fosfatasa Alcalina	132,05 ± 26,06	96,65 ± 13,88	0,0086 *
TGO	33,31 ± 14,40	27,92 ± 8,46	0,0252 *
TGP	37,65 ± 17,75	26,84 ± 9,22	0,0064 *

(*) Significativo $P < 0,05$; M = media; DS = desviación estándar. *Fuente:* Elaboración propia.

Asociación de los niveles de metales pesados (Pb, Hg, Co) con el tiempo de uso de los tintes capilares en el grupo estudiado

En la Figura 1, se muestra la asociación de los niveles de Pb, Hg y Co en función al tiempo de uso de los tintes capilares. En todos los casos existe una asociación positiva significativa (A $r=0,998$; B $r= 0,999$; C $r=0,997$), esto indica que las concentraciones de estos metales aumentan paralelamente al aumentar el tiempo de uso del tinte.

Asociación de los marcadores bioquímicos TGO, TGP y Fosfatasa Alcalina con el tiempo de uso de tintes capilares del grupo estudiado

En la Figura 2, se muestra la asociación de los niveles de TGO, TGP y Fosfatasa en función al tiempo de uso de los tintes capilares. En todos los casos existe una asociación positiva significativa (A $r=0,987$; B $r= 0,998$; C $r=0,957$), esto indica que la concentración de cada parámetro bioquímico aumenta con el tiempo de uso de los tintes capilares.

Asociación de los parámetros hematológicos con el tiempo de uso de tintes capilares del grupo estudiado

Los parámetros hemoglobina, conteo de blancos y plaquetas fueron los más relevantes en función al tiempo de uso de tintes capilares (Figura 3). En todos los casos existe una asociación negativa significativa (A $r=-0,742$; B $r=-0,875$; C $r=-0,721$), esto indica que el valor de cada parámetro

disminuye a medida que se incrementa al tiempo de uso.

Asociación de conteje plaquetario con las concentraciones de Pb, Hg y Co en muestras de cabello

Al relacionar las concentraciones de los metales pesados con el conteje plaquetario en el grupo en estudio, se observó una asociación negativa significativa con plomo ($r=-0,897$), mercurio ($r=-0,89$) y cobalto ($r=-0,897$), esto indica que el conteje de plaquetas tienden a disminuir a medida

que las concentraciones de plomo, mercurio y cobalto aumentan (Figura 4).

Asociación de los niveles de TGO, TGP y fosfatasa alcalina con las concentraciones de metales pesados en cabello de personas que usan tintes

Se encontró que en todos los casos se incrementan los niveles de TGO, TGP y fosfatasa alcalina, conforme aumenta la concentración de plomo, mercurio y cobalto en el cabello. El valor de r estuvo entre 0,981 y 0,978 en todas las asociaciones (Figura 5).

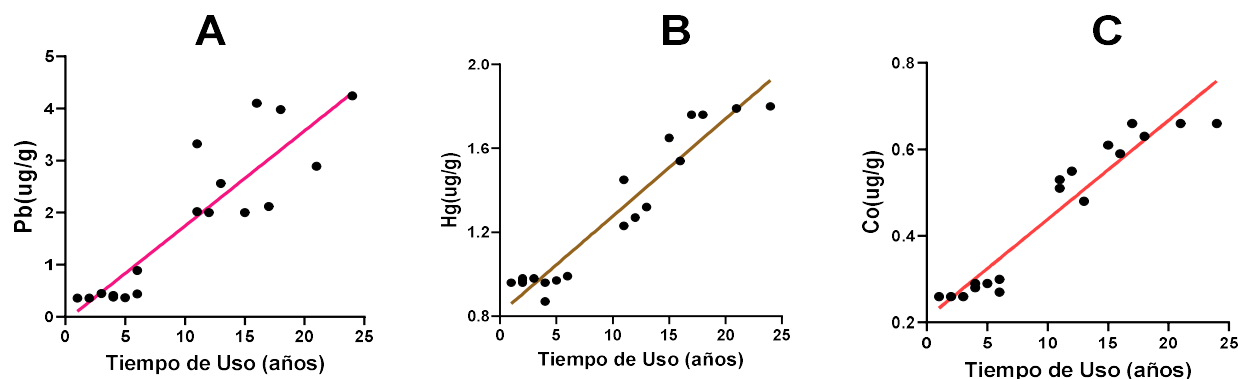


Figura 1. Asociación de la concentración de plomo, mercurio y cobalto en cabello con el tiempo de uso de tintes capilares

Figure 1. Association of the concentration of lead, mercury and cobalt in hair with the time of use of hair dyes

Fuente: Elaboración propia.

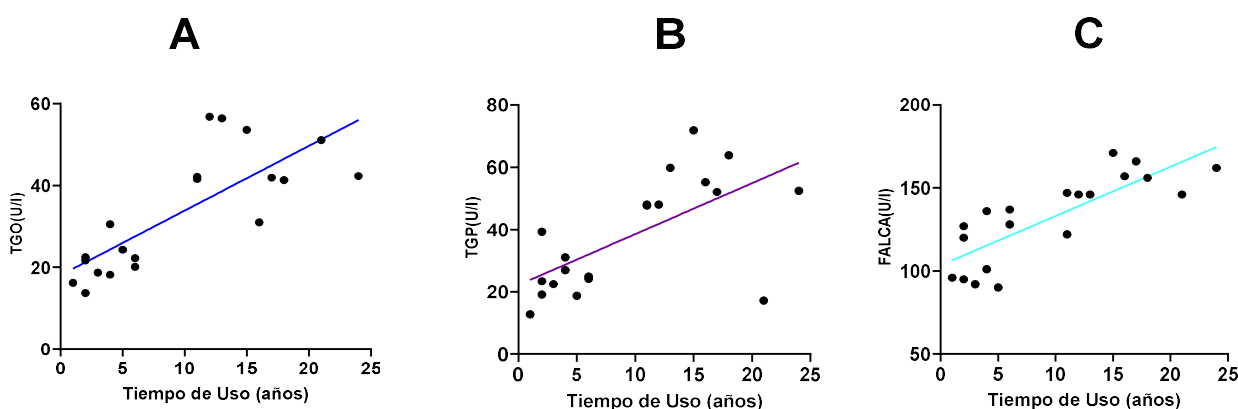


Figura 2. Asociación de las concentraciones de TGO, TGP y Fosfatasa Alcalina con el tiempo de uso de tintes capilares

Figure 2. Association of TGO, TGP and Alkaline Phosphatase concentrations with time of use of hair dyes

Fuente: Elaboración propia.

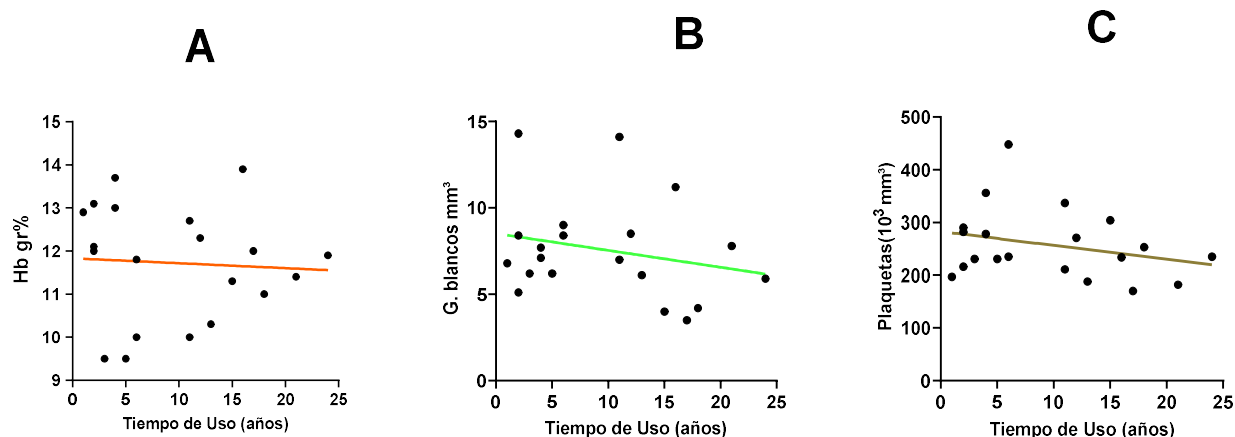


Figura 3. Asociación de los parámetros hemoglobina, conteaje de blanco y plaquetas con el tiempo de uso de tintes capilares

Figure 3. Association of the parameters hemoglobin, white count and platelets with the time of use of hair dyes

Fuente: Elaboración propia.

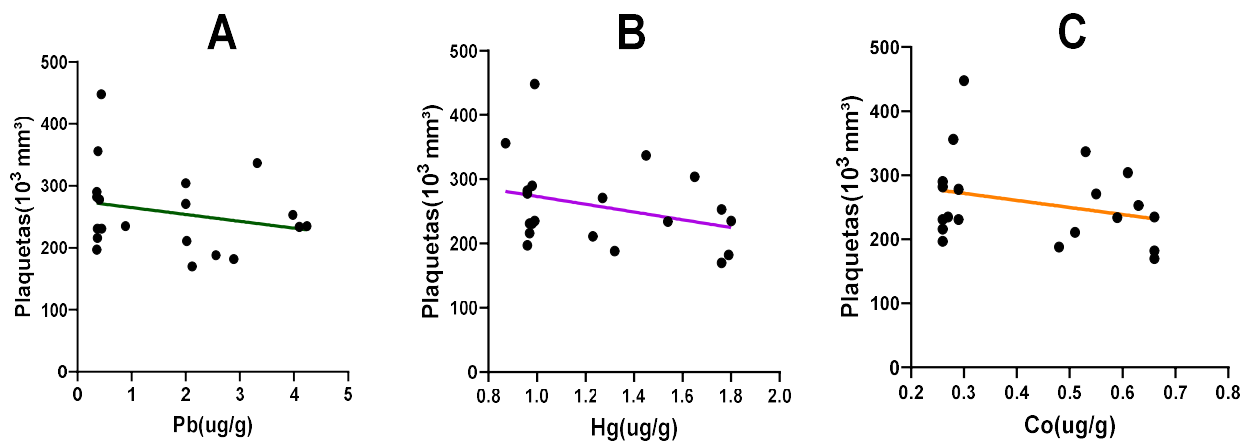


Figura 4. Asociación del recuento de plaquetas con la concentración de plomo, mercurio y cobalto en cabello del grupo estudio

Figure 4. Association of platelet count with the concentration of lead, mercury and cobalt in hair of the study group

Fuente: Elaboración propia.

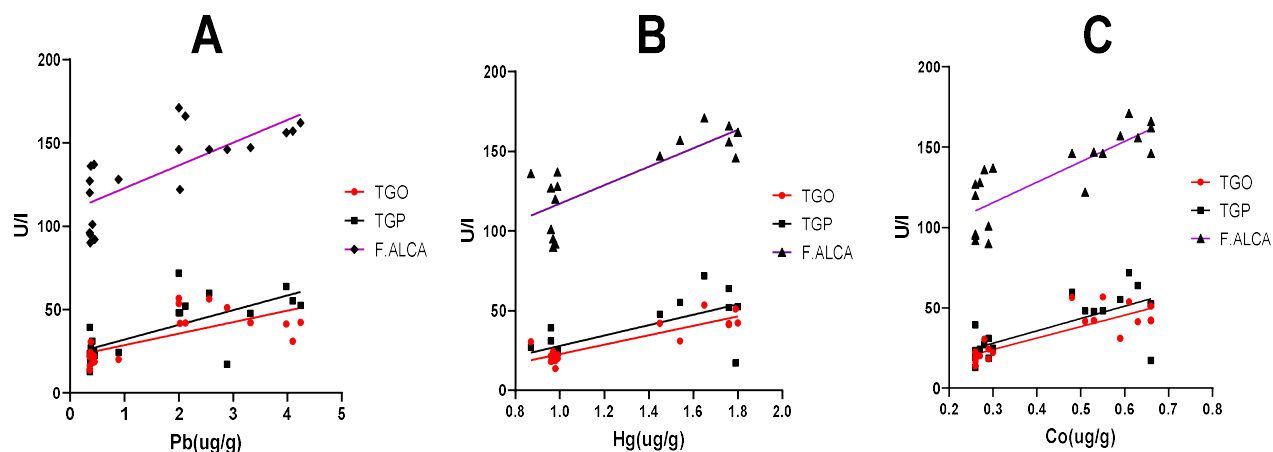


Figura 5. Asociación de las concentraciones de TGO, TGP, Fosfatasa alcalina con la contracción de plomo, mercurio y cobalto en cabello

Figure 5. Association of concentrations of TGO, TGP, Alkaline Phosphatase with the contraction of lead, mercury and cobalt in hair

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En muchos países industrializados ha aumentado considerablemente la disponibilidad en el mercado de productos para resaltar la belleza, uno de ellos son los tintes para el cabello, la adquisición aumenta cada vez más por sus bajos costos generando mayor repercusión laboral y efectos sobre la salud debido a los elementos tóxicos que los componen (Liang *et al.*, 2017; Pacheco *et al.*, 2018).

En esta investigación se observó que las concentraciones de los metales pesados Pb, Co, Hg en cabello, presentaron valores superiores en el grupo de estudio que hacen uso de los tintes capilares en comparación con el grupo control. Estos valores son estadísticamente significativos con un valor de $p \leq 0,05$ ($p = 0,032$ para Pb; $p = 0,041$ para Co; $p = 0,037$ para Hg). Según el Instituto Nacional del Cáncer (2016), el uso de sustancias químicas como los metales pesados (Pb, Co, Ni, Hg), podría resultar perjudicial para el desarrollo de funciones bioquímicas y fisiológicas del organismo.

En el análisis comparativo de los parámetros hematológicos en personas que usan tintes capilares, se encontró que tanto el promedio de los contejes de glóbulos blancos como de plaquetas fueron menores a los del grupo control, con el valor de p para glóbulos blancos de 0,039 y plaquetas 0,031, siendo valores $\leq 0,05$ expresando un resultado estadísticamente significativo con un intervalo de confianza de 96,8 % para glóbulos blancos y 96,9 % para plaquetas. Estos resultados coinciden con lo que refiere la literatura en cuanto a las alteraciones hematológicas que pueden producir los metales pesados en el organismo. En este mismo orden de idea, resultados similares encontró Moreno (2019), en su investigación en cuanto a los parámetros hematológicos, en la población de la cuenca del río Atrato Colombia, concluyendo que al estar expuesto o el uso de productos como los tintes capilares que contienen metales pesados como Pb, Hg y Co, produce disminución en el recuento de plaquetas y de los glóbulos blancos.

En la determinación de fosfatasa alcalina, TGO y TGP, para el grupo de estudio que usan tintes capilares, los valores promedios fueron superiores (132 U/L, 33,1 U/L y 37,6 U/L respectivamente) que al grupo control (96,6 U/L, 27,9 U/L y 26,8 U/L respectivamente). La prueba estadística de t-Student arrojó diferencia significativa para Fosfatasa alcalina, TGO y TGP con un valor de p de 0,0086, 0,0252 y 0,0064, respectivamente, con intervalos de confianza de 99,1% para fosfatasa alcalina, 97,5% para TGO, y 99,4% para TGP, el incremento de las concentraciones de estas enzimas, pudieran indicar alteraciones o lesiones hepáticas por exposición a elementos tóxicos tales como el plomo y mercurio, fármacos, lesiones musculares o cardíacas, infecciones virales, ingesta de alcohol, pancreatitis, infarto, embarazo y ejercicio. En relación a esto, Ferrer (2003), en su trabajo de investigación manifiesta que las dianas de toxicidad de los metales son proteínas, muchas de ellas con actividad enzimática, afectando a diversos procesos bioquímicos y membranas celulares.

En la asociación de los niveles de Pb, Hg y Co en muestras de cabello, con el tiempo de uso de tintes capilares en las personas bajo estudio, se pudo evidenciar mediante la aplicación de la prueba de correlación de Pearson, una asociación de tendencia positiva, es decir que entre las dos variables existe una relación directa para el Pb $r=0,998$; Hg $r=0,999$; Co $r=0,997$, por lo tanto, a mayor tiempo de uso de los tintes, mayor es la concentración de metales. En relación a estos hallazgos, Navarro (2007), manifiesta que se debe a la imposibilidad, por parte del organismo afectado, de mantener los niveles necesarios de excreción del contaminante, por lo que se produce retención del mismo (Méndez *et al.*, 2019).

Al realizar la asociación de los marcadores bioquímicos TGO, TGP y fosfatasa alcalina, con el tiempo de uso de los tintes capilares del grupo estudio, se encontró que existe una asociación positiva significativa para los tres marcadores (TGO $r=0,987$; TGP $r=0,998$; Fosfatasa alcalina $r=0,957$) esto indica que los valores para cada parámetro bioquímico analizado aumentan en

proporción al tiempo de uso reflejando entre las dos variables una relación directa. Con respecto a estos resultados, Higuero(1990), refiere que el hígado es un órgano fundamental en el metabolismo de los metales pesados, entre ellos el plomo. El autor concluyó que las alteraciones de la función hepática se producen por acción del plomo sobre la función celular, así como el metabolismo de otros metales, ocasionando hepatopatías cirróticas y no cirróticas significativamente mayores que el grupo control.

En la asociación de los parámetros hematológicos con el tiempo de uso de tintes capilares del grupo estudiado, se encontró para Pb, Hg y Co una asociación de tendencia negativa significativa, es decir que existe una correlación inversa (Hb $r=-0,742$; GB $r=-0,875$; PLT $r=-0,721$) al aumentar el tiempo de uso disminuyen los niveles de Hemoglobina, el conteo de glóbulos blancos y el recuento de plaquetas. Aunque la prueba de t-Student no arrojó diferencia estadísticamente significativa al comparar el grupo estudio y el grupo control en la determinación de hemoglobina ($p \geq 0,1625$), se encontró una asociación negativa significativa con un valor de $r=-0,742$ en relación a los años de uso de los tintes capilares. El plomo inhibe la actividad de la enzima ácido d-amino levulinico dehidratasa y la actividad de la ferroquelatasa, inhibiendo así la formación del grupo hemo de la hemoglobina, lo que afecta la capacidad del organismo en producir dicha proteína (Poma, 2008).

En cuanto al recuento plaquetario y las concentraciones de Pb, Hg y Co, se encontró una asociación negativa significativa Pb ($r=-0,0897$), Hg ($r=-0,89$) y Co ($r=-0,897$) en los tres casos, lo cual significa que el recuento plaquetario tiende a disminuir conforme aumenta la concentración de los metales. Estos resultados se comparan con lo publicado por Hernández (2023), sobre los efectos de la exposición a plomo, el estatus antioxidante de plaquetas y su relación con la eritrosis en trabajadores. Altas concentraciones de plomo en el organismo se relacionan con la generación de radicales libres y daño oxidativo, así mismo como alteraciones en la función de proteínas e

incremento de la eriptosis cuyos mecanismos no han sido descritos en su totalidad, se ha propuesto la participación de mediadores exógenos como la PGE2 producida por las plaquetas (D'Andrea et al., 2107).

Al asociar los niveles de TGO, TGP y fosfatasa alcalina con las concentraciones de metales pesados (Pb, Hg y Co) en cabello de personas que usan tintes, se evidenció incrementos en los parámetros bioquímicos señalados conforme aumenta las concentraciones de los metales. El coeficiente de correlación de Pearson muestra una relación directa entre las tres variables y el valor de r estuvo entre 0,981 y 0,978 para todos los casos analizados. Los resultados obtenidos indican que éstos metales producen alteraciones hepáticas, que pueden causar desde hepatitis tóxica hasta cirrosis hepática por el uso prolongado de los tintes. Aunque no se encontraron estudios en seres humanos relacionadas a éstas variables, si se encontraron en ratones de experimentación, como el realizado por Salih El Amin *et al.*, 2014, quienes estudiaron el efecto toxico de tintes capilares sobre la función hepática en animales de experimentación, sus resultados mostraron un incremento estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) en los niveles de las enzimas hepáticas TGO, TGP y fosfatasa Alcalina en comparación al grupo control. Estos hallazgos coinciden con los encontrado en la presente investigación, los cuales confirman la toxicidad de los metales pesados sobre las células hepáticas, por mecanismos de suplantación de cationes esencialmente calcio y zinc (Garza, 2005).

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones promedio de plomo, mercurio y cobalto en cabello entre el grupo de estudio y el grupo control. Así mismo la concentración de los metales pesados plomo, mercurio y cobalto en cabello de los participantes en el estudio, estuvo relacionada con el tiempo de uso de los tintes para teñir el cabello. Por último Se evidenció alteraciones en los parámetros

hematológicos (conteo de blancos y plaquetas) en relación con las concentraciones de los metales Pb, Co y Hg en muestras de cabello, lo cual se asoció significativamente al tiempo de uso, al igual notables incrementos de los valores de TGO, TGP y Fosfatasa alcalina, en relación con las concentraciones elevadas de los metales Pb, Co y Hg.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Alvarado, M. (2014) Determinación de protoporfirina eritrocítica unida a zinc y otros valores hematológicos en donadores de sangre del Hospital San Juan de Dios. *Revista costarricense de ciencias medicas*. <https://repositorio.binasss.sa.cr/repositorio/handle/20.500.11764/3880>
2. Beaty (1993). Determinación de plomo en sangre - Método de quelación-extracción /Espectrofotometría de absorción atómica, en sangre total- Repositorio institucional de la universidad sudad de salvador. (s.f). <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/29847/>
3. Beckman Coulter, (2023). Life Sciences. (s.f). <https://www.beckma.es/>
4. Benaiges, A. (2007). Tintes capilares. Evolución histórica y situación actual. *Offarm*, 26(10), 68–72. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-tintes-capilares-evolucion-historica-situacion-13112892>
5. Clinica, S. (s/f). Determinación de transaminasa Glutamico Oxalacetica (GOT) y transaminasa Glutamico Piruvica (GPT). Wiener-lab.com
6. Comisión de Salud Pública-Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los/as trabajadores expuestos a plomo. Madrid; 1999.
7. Colangelo, C. H. (2013). Mercurio. En: Rojas Martínez, Maritza, coord. Toxicología ambiental y ocupacional.

- Bogotá: Universidad del Rosario. pp. 237-256
8. D'Andrea, M. A. y Reddy, G. K. (2017). Benzene exposure from the BP refinery flaring incident alters hematological and hepatic functions among smoking subjects. *International journal of occupational medicine and 31 environmental health*, 30(6), 849–860. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00985>
 9. Dermofarmacia. (s/f). Usal.es. Recuperado el 18 de octubre de 2022, de <https://guias.usal.es/node/16548> (Dermosalud, 2000).
 10. Dunia R. Metales pesados. (s/f). Gob.es. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx.
 11. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, (2020). (s/f). Insst.es <https://www.insst.es/documents/94886>
 12. El-Amin, E. I. S., & Mo. (s/f). Toxicity effects of hair dye application on liver function in experimental animals. *Journal of clinical toxicology*. Recuperado el 13 de noviembre de 2023, de <https://www.scholarscentral.com/abstract/toxicity-effects-of-hair-dye-application-on-liver-function-in-experimental-animals-35978.html>
 13. Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 26, 141–153. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008
 14. Garza, A., Chávez, H., Vega, R., & Soto, E. (2005). *MECANISMOS CELULARES Y MOLECULARES DE LA NEUROTOXICIDAD POR PLOMO*. Org.mx. <https://www.scielo.org.mx/pdf/sm/v28n2/0185-3325-sm-28-02-48.pdf>
 15. Hernández, S. A., Lloret Aldazabal, R., & Kraser, R. B. (2019). Estudio de sustancias potencialmente peligrosas presentes en tinturas para el cabello. *Aportes a la cosmética desde un enfoque CTS. V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales (Ensenada, 8 al 10 de mayo de 2019)*.
 16. Hernández García, S. (2023). *Efecto de la exposición a plomo sobre el estatus antioxidante de plaquetas y su relación con la eriptosis en trabajadores intoxicados*. Tesis (D.C.) Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Departamento de Bioquímica.
 17. Heredia, (2017). Exposición a metales pesados y su relación con el ambiente y la salud (s/f). <http://www.udistrial.edu.co>
 18. Higuero, L. C. (1990). *Hígado y plomo. Aspectos del metabolismo del plomo en diversas hepatopatías. Estudio de su posible influencia en la patogenia de la hepatopatía alcohólica*. Universidad de Sevilla.
 19. Laquinta Mendez, F., Álvarez, C., Cousillas, A., & Mañay, N. (2019). Desarrollo y optimización de una metodología para la determinación de metales y semimetales en cabello. *INNOTECH*, 142–153.
 20. Instituto Nacional del Cáncer (2011) El sitio web del Instituto Nacional del Cáncer (<https://www.cancer.gov/espanol>).
 21. Instituto nacional del cáncer. (2016). <http://www.cancer.gov/newscenter/qa/2011/ReportNation2016QandA>
 22. Liang, G., Pan, L. y Liu, X. (2017). Assessment of typical heavy metals in human hair of different age groups and foodstuffs in Beijing, China. En: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(914), pp.1-10.
 23. Luminancia, (2018). Aumento de la luminancia reduciría la dosis de radiación. (s/f). [Catalogodelasalud.com](http://catalogodelasalud.com). Recuperado el 11 de octubre de 2022.
 24. Martínez, (2020). Aplicación de la ley de Lambert-Beer en espectroscopia UV-visible <https://m.riunet.uvp.es/handle/10251/16360>
 25. Mañay, (2015). Internacional inc. Al rights resered. análisis de trazas de metal:

- preparación de muestras y patrones.
<https://www.mt.com/es/es/home/applications/Laboratory-weigh>
26. Moreno, R., Federico, C., Castaño, M., Luis, J., & Negrete, M. (2019). *Parámetros hematológicos y de la función renal asociados a la exposición al mercurio en pobladores del Bajo Atrato*. Edu.Co. Retrieved November 9, 2023.
27. Navarro, (2007). Estudio químico en la determinación de metales pesados. Ucv. <https://www.saber.ucv.ve/bitstream/10872/12106>
28. Principio Coulter, recuento y medición de partículas. (s/f). Beckman.mx. Recuperado el 23 de febrero de 2023, de <https://www.beckman.mx/resources/technologies/flow-cytometry/history/coulter-principle>.
29. Pacheco, F., De Jesús, L., Parejo E., Montero, K. y Mendoza, A. (2016). Fenol y niveles plaquetarios por exposición ocupacional a benceno en trabajadores de estaciones de servicio de la Parroquia Pedro José Ovalles, Maracay, Venezuela, 2016. *Revista Saber*, Universidad de Oriente, 29, 674-678.
30. Panteghini, M. (2004). The future of laboratory medicine: understanding the new pressures. *The Clinical Biochemist. Reviews*, 25(4), 207–215.
31. Pérez Caro, (2015). Evaluación del efecto de extractos etanolito. Upc.edu <https://upcommos.upc.edu>
32. Pelayo, (2011). Contaminación por metales pesados en suelos y agua. Uam.mx <https://repositorio.xoc.uam.mx>
33. Poma, P. A. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de La Facultad de Medicina (Lima, Peru: 1990)*, 69(2), 120–126.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011
34. Rodríguez, (2017). Rodríguez-Barranco, M., Lacasaña, M., Aguilar-Garduño, C., Alguacil, J., Gil, F., González-Alzaga, B., & Rojas-García, A. Association of arsenic, cadmium and manganese exposure with neurodevelopment and behavioural disorders in children: a systematic review and meta-analysis. *The Science of the Total Environment*, 454–455, 562–577. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.04>.
35. Rodríguez, (2019). Rodríguez, V. M., Jiménez-Capdeville, M. E., & Giordano. The effects of arsenic exposure on the nervous system. *Toxicology Letters*, 145(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/s0378-4274\(03\)00262-5](https://doi.org/10.1016/s0378-4274(03)00262-5).
36. Silva-Trejos, P. (2008). Validación de la metodología para la determinación cuantitativa de plomo en tintes cosméticos disponibles en el mercado nacional por espectroscopia de absorción atómica con llama. *Revista Tecnología en Marcha*, 21(3), pág. 42-ág. 42. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tecnologia/article/view/183>
37. Sebasssblogs.blogspot.com, (2016). Coloración del cabell. Conceptos generales. *Affarm*, 21(7), 137-139
38. Skoog DA, Holler FJ, Nieman TA. Principios de Análisis Instrumental. 5a ed. Barcelona: Mc Graw-Hill; 1993. p. 227-50.
39. Suárez (2015). Productos para el cabello y el riesgo de cáncer. Instituto nacional del cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer>
40. Tahe. (2021). Tipos de tintes para el pelo: todo lo que debes saber sobre coloración. Blog de Tahe; Tahe Productos Cosméticos, S.L.
41. Tarazona *et al.* (2019). Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima <https://core.ac.uk/download/pdf/323347663.pdf>
42. Occupational Safety and Health Administration. (1987). Zinc protoporphyrin as an indicator of lead exposure: precision of zinc protoporphyrin measurements. *Int Arch Occup Environ Health*, 59: 613-21.
43. Valdebenito, G. A., 2008. Desarrollo de un método para la determinación directa de plomo mediante espectrometría de absorción atómica electrotermia (ETAAS)

en suspensiones de pelo y uña, como biomarcadores de exposición. En línea. s.I: Universidad de Chile. (Tesis de pregrado) consulta: (11 de noviembre, 2017) <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105699>

44. Encabo Duran, B., Romero, Pérez & Silvestre Salvador, J. F (2018). Actualización de la dermatitis de contacto alérgica por parafenilendiamina, 109(7), 602-609.
45. Wordpress.com Site. (s.f.). Química en tintes para el pelo. Obtenido de <https://diana30102010.wordpress.com/marco-teórico>



community and accessing exclusive benefits. the first step is to obtain your membership. Join us and stay up to date with advances in health education.

MEMBERSHIP SUBSCRIPTION IS FREE.
Request your membership to the
<https://forms.gle/kVYBYRdRnYZff14y9>

Mexican Academy of Health Education A.C.
Membership: Our commitment is to keep professionals and students in training updated in this constantly evolving area. If you are interested

in being part of our community and accessing exclusive benefits. the first step is to obtain your membership. Join us and stay up to date with advances in health education.

