

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DETERMINACIÓN DE CROMO, COBRE, PLOMO Y HIERRO EN PINTURAS PARA
SERIGRAFÍA UTILIZADAS EN LA ESCUELA DE ARTES DE LA UNIVERSIDAD DE
EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

YANIRA ESMERALDA LÓPEZ RAMÍREZ
ANA KRISTEL VALENCIA DE LA ROSA

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA Y FARMACIA

JUNIO 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORA

LICENCIADA ZENIA IVONNE ARÉVALO DE MÁRQUEZ

ASESORA DE ÁREA DE INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICOS,
VETERINARIA Y PRODUCTOS AFINES

MAESTRA ROCÍO RUANO DE SANDOVAL

DOCENTE ASESORA

MAESTRA ENA EDITH HERRERA SALAZAR

AGRADECIMIENTOS

A nuestros Docentes Asesores:

Licenciado Guillermo Antonio Castillo (Q.E.P.D), por brindarnos un tema de trabajo de grado, confiar en nosotras, orientarnos, apoyarnos y dedicar parte de su tiempo para el desarrollo de este.

Maestra Ena Edith Herrera Salazar, por la paciencia y habernos guiado durante la realización de nuestro trabajo de graduación, permitiendo con ello ampliar nuestros criterios y culminar este proceso.

A nuestras Asesoras del Tribunal Evaluador:

Licenciada Zenia Ivonne Arévalo de Márquez y Maestra Rocío Ruano de Sandoval, por su buena crítica, evaluación y guiarnos para obtener un excelente resultado en este trabajo de graduación.

A Laboratorio Geoquímico de LAGEO S.A. de C.V., ya que nos apoyaron con la realización de los Análisis Químicos, sin costo alguno y contribuyendo con la parte experimental de este trabajo.

Yanira y Kristel

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, guiándome con su sabiduría en todo momento durante el transcurso de este proceso académico y que gracias a Él he culminado.

A mi esposo, German Javier Ayala Amaya por ser tan especial y brindarme siempre su apoyo incondicional, motivándome para seguir adelante y finalizar esta etapa en mi vida.

Con amor y ternura.

A mis padres, Delia Esmeralda Ramírez de López y Wilfredo López Orellana por su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional que me brindaron en el transcurso de este proceso académico, un homenaje de amor imperecedero.

A mis hermanos Lester Wilfredo López Ramírez y Scarlet Gabriela López Ramírez por todo el apoyo y confianza que tuvieron en mí, para alcanzar esta meta, con profundo amor los llevo en mi corazón siempre.

A mi compañera de tesis, por su amistad que en cada momento compartimos un ánimo de calidez y bienestar.

Yanira Esmeralda López Ramírez

DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso, por darme el don de fortaleza, sabiduría y perseverancia para poder culminar esta etapa de mi vida, a pesar de todos los obstáculos presentados a lo largo de este proceso, por lo que definitivamente sin Él esto no hubiera sido posible.

A mis Padres, Ana Lidia De la Rosa de Valencia y Francisco Antonio Valencia, por su esfuerzo y apoyo incondicional para finalizar mis estudios, por lo que, les dedico este trabajo de graduación con mucho amor y agradecimiento, ya que siempre confiaron en mí, y han sido mi mayor motivación para culminar esta meta en mi vida.

A mis Hermanos y Colegas, Olman Ericson Valencia De la Rosa y Francisco Antonio Valencia De la Rosa, por su cariño y apoyo demostrado en mi superación personal y profesional.

A mi Compañera de Tesis, por su amistad, comprensión y complicidad, Dios nunca nos abandonó en todo este proceso de trabajo de grado, igualmente gracias a mis Amigas “Las Tontas” que siempre estuvieron animándome a finalizar mi trabajo de Graduación.

Ana Kristel Valencia De la Rosa

ÍNDICE GENERAL

Pág. N°

ABREVIATURAS

GLOSARIO

RESUMEN

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN	19
-------------------------	----

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS	20
----------------------	----

2.1 Objetivo General	20
----------------------	----

2.2 Objetivos Específicos	20
---------------------------	----

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO	21
--------------------------	----

3.1 Definiciones	21
------------------	----

3.2 Tipos de Pinturas	22
-----------------------	----

3.3 Componentes de la Pintura	24
-------------------------------	----

3.4 Pigmentos Inorgánicos	25
---------------------------	----

3.4.1 Mordientes	27
------------------	----

3.4.2 Procedimiento de Tintura con los Colorantes para Mordiente	31
--	----

3.5 Estampados	32
----------------	----

3.6 Plomo	32
-----------	----

3.6.1 Generalidades del Plomo	32
-------------------------------	----

3.6.2 Propiedades Fisicoquímicas	33
----------------------------------	----

3.6.3 Efectos del Plomo sobre la Salud	35
--	----

3.6.4 Fuentes de Absorción del Plomo	37
--------------------------------------	----

3.7 Hierro	39
------------	----

3.7.1 Generalidades del Hierro	39
--------------------------------	----

3.7.2 Propiedades Fisicoquímicas	39
----------------------------------	----

3.8 Cobre	40
-----------	----

3.8.1 Generalidades del Cobre	40
-------------------------------	----

3.8.2 Propiedades Fisicoquímicas	41
3.8.3 Propiedades Mecánicas	42
3.9 Cromo	43
3.9.1 Generalidades del Cromo	43
3.9.2 Propiedades Fisicoquímicas	44
3.10 Espectrofotometría de Absorción Atómica	44
3.10.1 Espectroscopia de Absorción Atómica con Atomización en Flama	45
3.10.2 Espectroscopia de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica	46
3.11 Normativa	47
CAPÍTULO IV	
4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	49
CAPÍTULO V	
5.0 RESULTADOS	57
CAPÍTULO VI	
6.0 CONCLUSIONES	69
CAPÍTULO VII	
7.0 RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	Estructura molecular de Amarillo de alizarina 2G	27
2	Estructura molecular de Negroazul eriocromo R	28
3	Complejo Metálico	28
4	Estructura molecular de Rojo eriocromo B	29
5	Estructura molecular de Azorrubina	29
6	Estructura molecular de Ácido cromotrópico	30
7	Estructura molecular de Pardo monocromo	30
8	Estructura molecular de Negro diamante	30
9	Estructura molecular de Negro de alizarina ácido	31
10	Modelo metabólico de plomo en el ser humano	38
11	Componentes básicos de un espectrofotómetro de AA	45
12	Componentes básicos de un espectrofotómetro de Horno de Grafito	47
13	Resultados de la cuantificación de Cromo por Absorción Atómica con Llama en pinturas usadas en Serigrafía	60
14	Resultados de la cuantificación de Cobre por Absorción Atómica con Llama en pinturas usadas en Serigrafía	61
15	Resultados de la cuantificación de Hierro por Absorción Atómica con Llama en pinturas usadas en Serigrafía	62
16	Resultados de la cuantificación de Plomo por Horno de Grafito en pinturas usadas en Serigrafía	63
17	Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Azul.	64
18	Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Negro.	65

- 19 Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Rojo. 65
- 20 Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Amarillo. 66
- 21 Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Blanco. 66
- 22 Comparación del resultado de la cuantificación del metal pesado Plomo (Pb) y el valor límite máximo permisible que establece la NOM-003-SSA1-2006 presentes en las pinturas color Azul, Negro, Rojo, Amarillo y Blanco. 67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Propiedades Físicas del Plomo	33
2	Límites Permisibles de Plomo	38
3	Propiedades Físico-Químicas del Hierro	39
4	Propiedades Físico-Químicas del Cobre	41
5	Características Mecánicas del Cobre	42
6	Propiedades Físico-Químicas del Cromo	44
7	Concentraciones promedio de Metales en los cinco colores de pintura más utilizados	59
8	Comparación de los Metales Pesados analizados con respecto a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes.	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°

- 1 Instrumento de la Entrevista
- 2 Fotografías de Parte Experimental
- 3 Hojas de Especificaciones de los Metales Cromo, Cobre, Plomo y Hierro del Espectrofotómetro de Absorción Atómica Utilizado (Proporcionado Por El Laboratorio LaGeo S.A. de C.V.)
- 4 Informe de Análisis de los Metales en Estudio
- 5 Carta de Remisión del Documento Informativo a la Escuela de Artes
- 6 Díptico “Medidas de prevención con Pinturas para Serigrafía”

ABREVIATURAS

Cr:	Cromo
Cu:	Cobre
Pb:	Plomo
Fe:	Hierro
CO₂:	Anhídrido Carbónico
PbCrO₄:	Cromato de Plomo
ALA:	Ácido delta-aminolevulínico
CP:	Coproporfirinas
OMS:	Organización Mundial de la Salud
FeCr₂O₄:	Cromita de Hierro
ICP:	Plasma de Acoplamiento Inductivo
LCD:	Límite de Cuantificación
nm:	Nanómetro
ppm:	Partes por millón
mL:	Mililitro
g:	Gramo
cm³:	Centímetro cúbico
atm:	Atmosférica
°C:	Grado Celsius
J/(kg.K):	Joule por Kilogramo Kelvin
J/g:	Joule por Gramo
kPa:	Kilopascal
W/(m.K):	Vatios por Metro-Kelvin
mN/m:	Milínewton por Metro
mPa.s:	Milipascal Segundo
OPS:	Organización Panamericana de la Salud

GLOSARIO

Aglutinantes: Son los líquidos o sólidos encargados de retener los pigmentos una vez se ha formado la película.

Cobre: es un metal de color rojizo, inerte y muy resistente a la corrosión, lo que explica que sea uno de los metales que puede tenerse en estado más puro.

Cromo: es un metal de color blanco, duro, brillante y frágil.

Disolventes: Son sustancias encargadas de la disolución del aglutinante en caso de que este sólido; y fluidificarlo en caso de un aglutinante líquido.

Espectrofotometría de Absorción Atómica: proceso conocido como atomización, consiste en volatilizar la muestra y descomponerla en sus átomos y quizá algunos iones gaseosos.

Espectroscopia de Absorción Atómica con Atomización en Flama: la adsorción de radiación por átomos libres (aquellos átomos del analito desprovistos de su ambiente químico, pero no ionizado) involucra una transición de estos átomos desde el altamente poblado estado basal hasta un estado electrónico excitado.

Espectroscopia de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica: utiliza un atomizador electrotérmico en lugar de un quemador. Se toman pequeños volúmenes de muestra, normalmente unos microlitros, se depositan en el horno.

Hierro: es un elemento químico de aspecto metálico brillante con un tono grisáceo y pertenece al grupo de los metales de transición.

Pigmentos: Son materiales en forma de polvo que, al aportarse en el producto, le aportan color y opacidad.

Pintura: es un producto fluido que, aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, se transforma al cabo del tiempo en una película sólida que se adhiere a dicha superficie, de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado.

Plasma: es un gas ionizado a alta temperatura que funciona como buen atomizador.

Plastificante: El efecto del plastificante es hacer que el material al que se agrega sea más maleable, adquiera una mayor plasticidad y por tanto sea más sencillo su tratamiento industrial. Su concentración final suele ser muy baja.

Plomo: es un metal blando de color gris azulado o plateado.

Serigrafía: es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, y consiste en transferir una tinta a través de una malla tensada en un marco.

Tinte o tintura: es una sustancia con la que se le da o se cambia el color a un objeto (usualmente tejido, ropa o cabello) por lo que se usa en ámbitos domésticos para cambiar el aspecto de la ropa.

RESUMEN

La serigrafía es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, y consiste en transferir tinta a través de una malla tensada en un marco, como tinta se usan pinturas de varios colores que pueden contener metales tóxicos, perjudiciales para la salud humana. Diversas investigaciones han encontrado presencia de plomo en juguetes, estampados de ropa y cosméticos cuya presencia puede deberse al tipo de pintura que se utiliza para su fabricación.

En la realización de esta investigación, se entrevistó al docente encargado de la asignatura de Serigrafía en la Escuela de Artes de la Universidad de El Salvador, para conocer los colores de pinturas más utilizados, dando como resultado a la entrevista que son los colores primarios (azul, rojo, blanco, amarillo y negro) y que dichas pinturas no cuentan con certificado de análisis de control de calidad fisicoquímico.

Conociendo lo expuesto anteriormente, esta investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados como Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en las pinturas utilizadas para Serigrafía en la Escuela de Artes de la Universidad de El Salvador; Las pinturas analizadas se compraron en el lugar donde los estudiantes las adquieren.

La determinación de los metales pesados Cromo, Cobre y Hierro fueron analizados por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama, y la determinación del metal Plomo mediante el método de Espectrofotometría de Horno de Grafito, ya que permiten la detección de los metales en soluciones. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio Geoquímico de LaGeo S.A. de C.V., ubicado en Santa Tecla, La Libertad.

Los resultados obtenidos en la parte experimental se compararon con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Encontrándose que el color amarillo presenta la mayor concentración del metal Plomo.

Esta investigación es de interés para incentivar prácticas de seguridad que disminuyan el riesgo de afectación a la salud de los estudiantes de la Escuela de Artes, al tiempo que sienta las bases para futuras investigaciones y la implementación de políticas que promuevan el uso de materiales seguros y pinturas ecológicas, así como prácticas más responsables y sostenibles en el ámbito de la serigrafía.

En este trabajo se concluye que es importante que los Organismos de Salud encargados elaboren una normativa obligatoria que incluya los límites máximos permisibles de los metales en pinturas para evitar riesgos a la salud personal y ambiental.

La comercialización de las pinturas debe ser respaldada con su certificado de análisis respectivo, y adicionalmente que se regule el etiquetado de estas pinturas en nuestro país.

Se recomienda la medición de niveles de metales pesados Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en otros colores de pinturas usados para la técnica de impresión Serigrafía.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

La serigrafía es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, y consiste en transferir pintura a través de una malla tensada en un marco. El paso de la pintura se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde pasará. Las pinturas pueden contener metales tóxicos, perjudiciales para la salud humana. Diversas investigaciones han determinado la presencia de plomo en juguetes, estampados de ropa y cosméticos cuya presencia puede deberse al tipo de pintura que se utiliza para su fabricación.

Para la realización de esta investigación, se entrevistó al docente encargado de la asignatura de Serigrafía en la Escuela de Artes, para saber los colores de pinturas más utilizados y si éstos tienen certificados de análisis de control de calidad físico químico donde se declare su composición. Posteriormente, se realizó la determinación de Cromo, Cobre y Hierro, por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama, y la determinación de Plomo mediante el método de Espectrofotometría de Horno de Grafito. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio Geoquímico de LaGeo S.A. de C.V., ubicado en Santa Tecla, La Libertad. Cada muestra se analizó por triplicado, en los colores de pinturas más utilizados en la Escuela de Artes.

En este trabajo de investigación se presenta información sobre los efectos tóxicos del plomo en el organismo humano y se determinó que de los cinco colores de pinturas analizadas (azul, rojo, blanco, amarillo y negro) el color azul presenta las concentraciones más bajas en cuanto al contenido de los metales Cromo y Plomo, Sin embargo, la concentración de plomo no cumple con el valor permitido según la Normativa Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Además, los cinco colores de pinturas analizadas contienen Cromo, Cobre, Plomo y Hierro.

Se sugiere a los organismos correspondientes que se elabore una Normativa obligatoria para el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes para El Salvador (Organismo Salvadoreño de Normalización) o en la región, que incluya los Límites Máximos Permisibles de los metales, porque los niveles altos de estos metales podrían ser perjudiciales para quienes están expuestos a este tipo de pinturas, y el medio ambiente.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en pinturas para Serigrafía utilizadas en la Escuela de Artes de la Universidad de El Salvador.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Realizar una entrevista al docente responsable de la Unidad de Aprendizaje de Serigrafía en Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador.

2.2.2 Investigar la presencia de Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en cada uno de los colores más utilizados de pinturas en la asignatura de Serigrafía.

2.2.3 Comparar los resultados de los análisis con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes.

2.2.4 Dar a conocer los resultados de la presente investigación al docente responsable de la asignatura Serigrafía de la Escuela de Artes.

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Definiciones

Pinturas¹

La pintura es un producto fluido que, aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, se transforma al cabo del tiempo en una película sólida que se adhiere a dicha superficie, de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado.

Tintes y Pinturas^{2,3}

El tinte o tintura es una sustancia con la que se le da o se cambia el color a un objeto (usualmente tejido, ropa o cabello) por lo que se usa en ámbitos domésticos para cambiar el aspecto de la ropa. Aunque existen multitud de tintes naturales, la mayoría de los tintes usados hoy en día contienen productos químicos.

Tanto la pintura como la tinta funcionan como agentes de color en trabajos de arte, pero difieren en su función primaria. La pintura da una protección de color en superficies como paredes y techos, mientras que la tinta es una sustancia usada en impresiones.

Las pinturas y los tintes tienen diferentes agentes de color.

Las pinturas están hechas de pequeños trozos de minerales con color como arcilla o talco, suspendido en una matriz incolora como el poliéster y el vinilo. Una unión química de ácido tánico y de sulfato de hierro disuelto en agua o en alcohol forma el agente de color de algunos tintes. Otros usan tintes como anilina.

La tinta se remoja en la superficie que colorea, pero la pintura no lo hace (sino que protege la superficie con una cubierta). De hecho, una base de pintura se aplica a menudo a la superficie antes de pintar para que esta no se remoje. Por esta razón, la pintura en ocasiones debilita la superficie que cubre, pero esto nunca ocurre en el caso de la tinta.

La pintura no solo colorea la superficie, sino que ofrece a la superficie una cubierta protectora que le evitará que se deteriore cuando se exponga a agentes como el viento y la lluvia. La tinta no ofrece dicha protección.

3.2 Tipos de Pinturas¹

Existen diferentes tipos de pinturas, tales como barnices, esmaltes, lacas, colorantes, entonadores y selladores entre otros; cada uno con unas propiedades físicas y químicas que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir el producto adecuado, ya sea por el tipo de superficie a aplicar, el carácter estético o las inclemencias a la que va a estar sometido.

Las pinturas más comunes son las siguientes:

- Temple

Es el tipo de pintura más utilizado para paredes interiores. Es una pintura permeable, porosa, de aspecto mate. No se puede lavar, ni colocar en zonas expuestas a la lluvia ni condensaciones de agua.

- Pintura plástica

Es una pintura de la cual se pueden limpiar las manchas que pueda recibir. Se usa en ambientes, comedores, dormitorios, etc. No conviene usarla en ambientes donde se produce vapor, como baños o cocinas, pues debido a que genera una capa impermeable no permite el pasaje de los vapores, por esa razón es común que se formen ampollas en su superficie. En estos recintos conviene usar pinturas de menor calidad que permitan el pasaje de los gases. Se aplica principalmente sobre revoques yeso o cemento y derivados.

Para aplicarlo sobre otros materiales como metal o madera, es necesaria un tratamiento especial llamado imprimación, aunque la durabilidad no es buena, y para los acabados, tiene cierta tendencia a dejar las marcas de la herramienta usada para su aplicación. Para estos sustratos hay pinturas específicas que se conocen como esmalte sintético.

También se le conoce como pintura de emulsión o pintura de caucho (principalmente en Venezuela). Otra característica que la distingue es el hecho de ser soluble en agua, por lo cual no precisa solventes sintéticos como el thinner.

- Esmalte graso

Se utiliza tanto para el interior como exterior, y tanto para paredes y techos como para muebles, puertas, ventanas, metales, etc.

Ofrece resistencia al agua, pierde brillo si está expuesto al sol, es fácilmente lavable, buena resistencia al frote, secado lento, especialmente a bajas temperaturas, y buena extensibilidad.

- Esmalte sintético

Este es el tipo de pintura que mejor conserva el brillo, incluso a la intemperie. El acabado es liso, con aspecto mate, satinado o brillante. Se utiliza mucho para proteger superficies de metal y de madera, tanto en el exterior como interior.

- Pintura al cemento

Es de aspecto mate, y relativamente resistente al desgaste y a las erosiones provocadas por la lluvia, viento, etc. Se utiliza en el exterior, en superficies que deben ser rugosas para que se adhiera sin problemas. Se compran en polvo y se mezclan con agua, es importante aplicarlo justo después de mezclarlo con agua, ya que se endurecen rápidamente. Este tipo de pinturas cementicias ha sido superado ampliamente desde hace unos años por pinturas específicas para exteriores, entre las que podemos encontrar las pinturas de piso, etc. Éstas, más modernas, presentan mucha mayor resistencia a los agentes atmosféricos y su acabado es muy superior que las cementicias. No obstante, aún se siguen usando las derivadas del cemento blanco por su bajo costo comparado con las mencionadas. En climas tropicales y subtropicales, en caso de usar pinturas cementicias, es necesario repintar todos los años luego de la temporada de lluvias.

- Pintura a la cal

La gran ventaja de esta pintura, además de la economía, es que debido a su alcalinidad tiende a destruir la materia orgánica, por lo tanto, es útil para pintar habitaciones de casas abandonadas o que no se han usado por tiempo donde existe la presencia de insectos. Es antiséptica. No es adecuada para el exterior, pues, el agua de lluvia tiende a eliminarla, aunque se le agreguen aditivos comúnmente llamados fijadores. El proceso de carbonatación, es decir de formación de la capa sólida, se da exclusivamente en presencia del anhídrido carbónico del aire (CO₂). Demora en fijarse los días lluviosos o de mucha humedad. Presenta también la gran ventaja adicional de

permitir el pasaje de los vapores por eso es apta para ser usada en baños y cocinas, pues permite la "respiración" del paramento, disminuyendo así la posibilidad de formación de hongos (pues éstos se producen en ambientes anaeróbicos, es decir sin presencia de aire). Esa condición también hace que este tipo de pintura no se ampolle. De todas formas, es una pintura de baja calidad, esto se nota por su aspecto y en particular porque al recostarse queda en parte adherida a la ropa. Existen pinturas llamadas para "cielorosas", más económicas que las plásticas que son específicas para baños y cocinas y ofrecen un aspecto más agradable, pero no tienen la propiedad antiséptica de las pinturas a la cal. El aspecto es mate. No se debe emplear sobre yesos, maderas o metales. Hay que tener cuidado al usar este tipo de pintura, ya que es corrosiva, y puede quemar las manos.

- Lacado

La superficie queda totalmente lisa y brillante. Es un tipo de pintura muy popular, sobre todo para pintar muebles, puertas, etc. Hay que saber utilizar bien esta técnica, ya que se dan varias capas de productos distintos y pueden surgir problemas de adherencia entre ellas, si no se aplican correctamente. A diferencia de los barnices, se usan para interiores.

- Pinturas decorativas

Para lograr un aspecto diferente, existen pinturas especiales que imitan el mármol o el estuco, o que semejan acabados antiguos, rústicos o multicolores.

- Vinilo

El vinilo se encuentra presente en la pintura acrílica o vinílica, tiene la misma función que el aceite en la pintura de oleo. Es un medio que permite al (Pigmento) adherirse a las superficies. Es incoloro y es soluble en agua. Tiene menor tiempo de secado que la pintura óleo, y mayor resistencia a la intemperie, aunque todavía no se ha determinado su durabilidad frente al óleo.

3.3 Componentes de la pintura¹

Todas las pinturas se componen a su vez de una serie de subproductos:

- **Pigmentos:** Son materiales en forma de polvo que, al aportarse en el producto, le aportan color y opacidad.

- Aglutinantes: Son los líquidos o sólidos encargados de retener los pigmentos una vez se ha formado la película.
- Disolventes: Son sustancias encargadas de la disolución del aglutinante en caso de que este sea sólido; y fluidificarlo en caso de un aglutinante líquido.
- Plastificante: El efecto del plastificante es hacer que el material al que se agrega sea más maleable, adquiera una mayor plasticidad y por tanto sea más sencillo su tratamiento industrial. Su concentración final suele ser muy baja.

Estos recubrimientos tienen las siguientes propiedades en grados variables, dependiendo de la composición del recubrimiento: buen flujo y nivelación; proporción de aspersion y grosor de película satisfactorios; secado rápido, alta impermeabilidad, buena adhesión, flexibilidad y dureza, resistencia a la abrasión y durabilidad.

3.4 Pigmentos Inorgánicos⁴

Los pigmentos inorgánicos naturales, obtenidos principalmente de fuentes minerales, se han utilizado como colorantes desde los tiempos prehistóricos y unos pocos, especialmente los óxidos de hierro son aún de cierta importancia en la actualidad. El origen de la industria de los pigmentos inorgánicos sintéticos se remonta a los productos rudimentarios producidos por los antiguos egipcios, que preceden en muchos siglos a la industria de los colorantes sintéticos. El abanico de los pigmentos inorgánicos modernos fue desarrollado, en su mayor parte, a lo largo del siglo XX y abarca los pigmentos blancos, de los cuales, con mucho, el más importante es el dióxido de titanio, los pigmentos negros, especialmente el negro de humo, los pigmentos coloreados de una variedad de familias químicas, que incluyen los óxidos (por ejemplo, de hierro o de cromo), los sulfuros de cadmio, los cromatos de plomo y los estructuralmente más complejos azul ultramar y azul de Prusia.

El color de los pigmentos inorgánicos procede de transiciones electrónicas que son muy variadas en su naturaleza y diferentes de las causantes del color en los colorantes orgánicos. Por ejemplo, pueden incluir transiciones de transferencia de carga, bien sean ligando-metal (por ejemplo, en los cromatos de plomo) o bien entre dos metales en estados de oxidación diferentes (como en el azul de Prusia). Los colores ultramarinos son debidos a la presencia de radicales aniónicos atrapados en la red cristalina. Generalmente, los pigmentos inorgánicos muestran una opacidad

inherente alta, una propiedad que se puede atribuir al elevado índice de refracción que resulta de la disposición atómica compacta en su estructura cristalina. En la fabricación de los pigmentos inorgánicos se emplean varios métodos sintéticos. Con frecuencia, los procesos químicos se llevan a cabo en disolución acuosa, de la cual se pueden precipitar directamente los pigmentos en un estado de agregación adecuado. En algunos casos, se hace uso de reacciones en estado sólido a temperatura alta (por ejemplo, para los óxidos en fase mixta o los ultramarines), mientras que los procesos en fase gas, a causa de su adecuación para la fabricación en continuo a gran escala, son de importancia para la obtención de los dos pigmentos de los que toneladas se producen: en concreto el dióxido de titanio y el negro de humo.

Los pigmentos de cromato de plomo proporcionan una gama de colores que va desde el amarillo-verdoso hasta el rojo-amarillento pasando por el naranja. Muestran unas propiedades de solidez buenas, una viveza de color notablemente alta para ser pigmentos inorgánicos y una opacidad elevada a un coste relativamente bajo. Históricamente, se encontró que los pigmentos de cromato de plomo mostraban cierta tendencia a oscurecerse, tanto por exposición a la luz (debido a la formación de cromito de plomo) como en lugares de elevada polución atmosférica industrial (debido a la formación de sulfuro de plomo). Estos problemas primitivos fueron superados mediante el tratamiento de las superficies con óxidos, por ejemplo, con sílice, y actualmente la serie moderna de pigmentos muestra una durabilidad excelente. La variación en el matiz de los pigmentos de cromato de plomo se logra mediante la formación de disoluciones sólidas. En este aspecto se parecen a los sulfuros de cadmio, aunque, estructuralmente, los pigmentos de cromato de plomo presentan una situación más compleja por la existencia de variedades polimórficas. Los productos amarillos con un matiz medio son, esencialmente, PbCrO_4 puro (C.I. Pigment Yellow 34) en su forma cristalina monoclinica, la más estable. La incorporación de iones sulfato a la red, reteniendo simultáneamente la forma cristalina monoclinica, da lugar a algunos cromatos de tonalidad algo más verde-limón. Del mismo modo, los matices más verdes (cromatos prímula) consisten en disoluciones sólidas ortorrómbica metaestable. La incorporación de aniones molibdato a la red conduce a la formación de cromo molibdatos naranjas y rojos claros (C.I. Pigment Red 104). Habitualmente, los cromo molibdatos también contienen pequeñas cantidades de iones sulfato, de los que se piensa que desempeñan cierto papel como promotores a la hora de la formación de la variedad apropiada del cristal.

3.4.1. Mordientes⁵

Son colorantes azoicos, una vez fijos sobre la lana por el método usado para los colorantes ácidos, forman compuestos metálicos complejos por tratamiento con sales metálicas, como el dicromato sódico, cromato sódico o fluoruro de cromo. Se forman lacas de cromo insolubles. Este tratamiento suele producir efecto batocrómico y da colorantes con mejores propiedades de fijeza. Las sales de cromo pueden aplicarse a la fibra antes del tinte (premordentado), junto con el colorante (método metacrómico) o después de la tintura.

Casi todos los colorantes que pertenecen a este grupo son colorantes monoazoicos, pero existen algunos bisazoicos. Su importancia se debe a su elevada fijeza a la luz y al lavado, y al hecho de que, exceptuando el violeta, el azul y el verde muy claro, abarcan todo el resto del espectro. Cuando se tratan estos colorantes con sales de cromo forman complejos metálicos muy estables, el metal se halla en un anillo de quelato y es eliminable del complejo por ácidos o álcalis débiles.

La producción de colorantes para mordiente requiere ciertas constituciones químicas, como se ve en los siguientes ejemplos de colorantes monoazoicos:

- Un grupo hidroxilo en posición orto con respecto a un grupo carboxílico; por ejemplo: el amarillo de alizarina 2G (ver Fig. N°1), amarillo de cromo 2G, C.I., que se prepara copulando ácido salicílico con *m*-nitroanilindiazoada. Al formar el complejo metálico, el metal M del mordiente entra en un anillo de quelato.

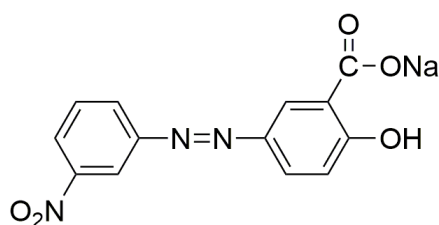


Figura N°1. Estructura molecular de Amarillo de alizarina 2G⁵

- Sustitución en las dos posiciones orto con respecto al grupo azoico, donde X representa -OH, -OCH₃, -OCH₂COOH, -COOH, -COOC₂H₅, -NH₂ y grupos similares. Cuando X representa -OCH₃, -COOC₂H₅ y sustituyentes semejantes, la conversión a los grupos libres hidroxilo y carboxilo se produce antes de que se forme el complejo metálico. Por ejemplo: el negro azul eriocromoR (ver

Fig. N°2) se prepara copulando 2-naftol con ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico diazoado. Este colorante tiñe la lana de color violeta pardusco en baño ácido y es convertido en negro-azul intenso al cromar después.

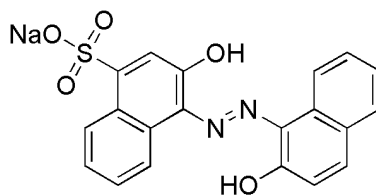


Figura N°2. Estructura molecular de Negroazul eriocromo R⁵

Se han ideado diferentes teorías de la quelación. Según Drew y Fairbairn, la quelación o del tipo, menos probable, quinona-hidrazona. Pauli aboga por el tipo quinonoide. En algunos casos dos moléculas del colorante se asocian con un átomo de cromo y se cree que el complejo metálico (ver Fig. N°3)

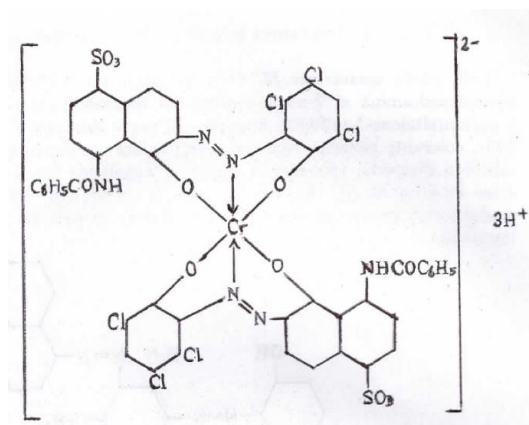


Figura N°3. Complejo Metálico⁵

El rojo eriocromo B (ver Fig. N°4) se produce copulando la 3-metil-1-fenil-5-pirazolona con ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico diazoado. Se cree que existen dos formas tautómeras; la forma ceto (a) domina en solución ácida y la forma enol (b) en solución alcalina.

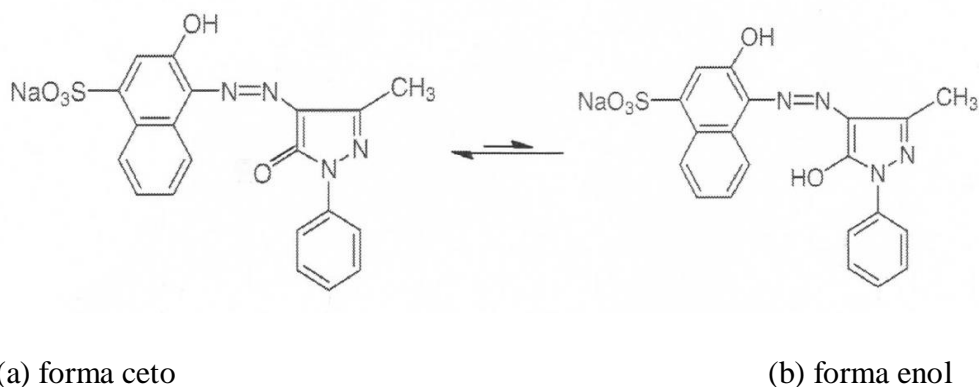


Figura N°4. Estructura molecular de Rojo eriocromo B⁵

a) Ciertos colorantes tienen que ser oxidados por el ácido crómico antes de que se forme el complejo metálico; por ejemplo: la azorrubina (ver Fig. N°5). En este caso, se introduce en la molécula del colorante, en la posición marcada con un asterisco, un segundo grupo hidroxilo como consecuencia de la oxidación, y después se forma el complejo metálico de la manera usual.

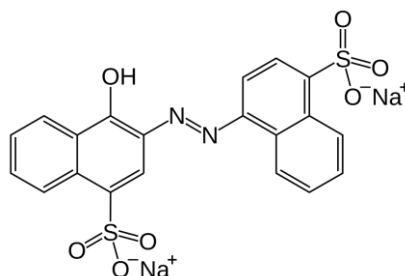


Figura N°5. Estructura molecular de Azorrubina⁵

b) Un grupo hidroxilo peri con respecto a otro grupo hidroxilo, como en el ácido 1,8-naftalenodiol-3,6-disulfónico (ácido cromotrópico (ver Fig. N°6)). Aunque este agrupamiento está incluido en el estudio de los colorantes para mordiente, tiene poca importancia comercial. Sin embargo, es interesante observar que cuando el ácido cromotrópico es copulado con el diazonio de uno-aminofenol, se obtienen azules y verdes importantes. No obstante, estos colorantes pertenecen al grupo en forma enol.

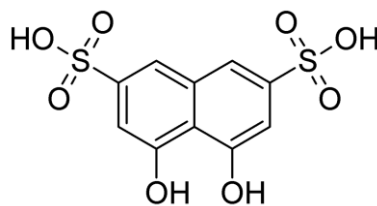


Figura N°6. Estructura molecular de Ácido cromotrópico⁵

Ejemplos de colorantes bisazoicos de los grupos en forma ceto y enol.

El pardo monocromo (ver Fig. N°7), colorante bisazoico primario, se produce copulando con m-fenilenodiamina el 2-amino-4-nitrofenol diazoado, y copulando el producto con el ácido 5-aminonaftaleno-1-sulfónico diazoado. El negro diamante (ver Fig. N°8). Colorante bisazoico secundario, se produce copulando con 1-naftilamina el ácido 5-amino-salicílico diazoado, volviendo a diazoar y copulando con ácido 1-naftol-4-sulfónico. El negro ácido de alizarina (ver Fig. N°9). Colorante bisazoico terciario, se produce copulando con dos moles de 2-naftol un mol del ácido 2,6-diaminofenol-4-sulfónico tetrazoado.

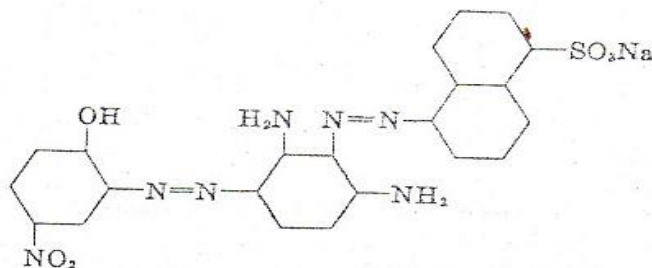


Figura N°7. Estructura molecular de Pardo monocromo⁵

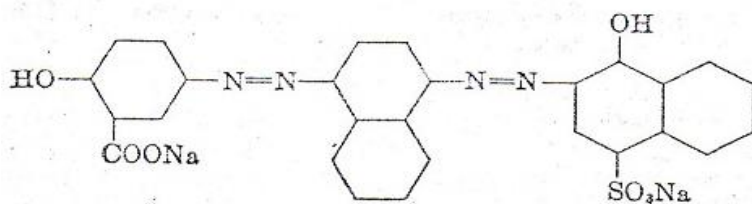


Figura N°8. Estructura molecular de Negro diamante⁵

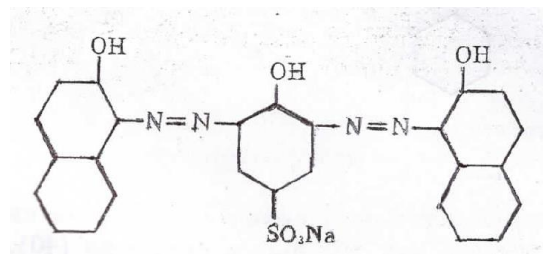


Figura N°9. Estructura molecular de Negro de alizarina ácido⁵

3.4.2 Procedimiento de tincura con los colorantes para mordiente⁵

- Método del premordentado crómico

Se sumerge la lana en un baño que contiene aproximadamente 3% de dicromato de potasio y una pequeña cantidad de crémor tártaro, o ácido oxálico, o ácido fórmico (es preferible el crémor), y se calienta a ebullición para precipitar óxido de cromo sobre la fibra. El tejido impregnado con el mordiente se lava, se sumerge en un baño del colorante con 1-8% de ácido acético y se calienta lentamente hasta la ebullición. Durante la operación del mordentado, es reducido el cromato al estado crómico.

- Método del poscromado

La lana, después de teñida con el colorante se trata en solución ácida con un compuesto de cromo.

- Método metacrómico o monocromo

Por ser un método de un solo baño, este procedimiento es sencillo y menos costoso. Se añade cromato sódico al baño de colorante juntamente con una sal de ácido fuerte y base débil, como el sulfato de amonio, inmediatamente antes de introducir la fibra, para producir simultáneamente el mordentado y el tinte.

3.5 Estampados⁵

Colorantes para estampados

En la estampación sobre algodón se emplean diferentes tipos de colorantes según el método que se use:

- Estampación con colorantes sustantivos que pueden formar pastas de estampación muy concentradas sin precipitación debido a su elevada solubilidad.
- Estampación con colorantes ácidos para mordiente que forman un complejo de cromo, insoluble, durante la operación del estampado o después de ella.
- Estampación con colorantes al hielo o formación de un colorante azoico insoluble directamente sobre la fibra.
- Estampación con pigmentos insolubles muy dispersados en presencia de una sustancia que liga el colorante a la fibra formando una película resinosa insoluble.

3.6 Plomo

3.6.1 Generalidades del Plomo⁶

El plomo es un elemento esencial en la industria moderna; ocupa el quinto lugar en toneladas consumidas después del hierro, el cobre, el aluminio y el zinc. Sus propiedades que le hacen sobresalir son un punto de fusión bajo, la facilidad de moldearse, alta densidad, baja resistencia, facilidad de fabricación, resistencia al ácido, la reacción química con el ácido sulfúrico, estabilidad química al aire, en agua y como antidetonante en motores de gasolina. Los principales usos del plomo y sus compuestos son, en orden descendente, baterías, tetraetilo de plomo, pigmentos, municiones, plomería, recubrimiento de cables, cojinetes y calafateo. Además, el empleo del plomo para atenuar las ondas sonoras, la radiación atómica y la vibración mecánica indican que sus usos se amplían. Gracias a su suavidad y alta densidad, el plomo es empleado como una aleación en estas aplicaciones.

El plomo y sus compuestos son venenos acumulativos y deben ser manipulados según ciertas medidas de precaución. No debe utilizarse en elementos que están en contacto con alimentos y otras sustancias que puedan ser ingeridas.

3.6.2 Propiedades físico – químicas

El plomo es un elemento del grupo IV A de la tabla periódica. La estructura cristalina del plomo es cúbica de cara centrada y la longitud de la arista de la celda es de 4.9389 nm. Otras propiedades se listan en la Tabla N°1.⁶

Tabla N°1. Propiedades Físicas del Plomo⁶

PROPIEDAD	VALOR
Peso atómico	207.2
Temperatura de fusión, °C	327.4
Temperatura de ebullición, °C	1770
Densidad relativa, g/cm ³	
20°C	11.35
327°C (sólido)	11.00
327°C (líquido)	10.67
Calor específico, J/(kg.K) ^a	130
Calor latente de fusión, J/g ^a	25
Calor latente de evaporación, J/g ^a	860
Presión de vapor a 980°C, kPab	0.133
Conductividad térmica a 28°C, W/(m.K)	34.7
Conductividad térmica (relativa a Ag = 100)	8.2
Coeficiente de expansión lineal, a 20°C por °C	29.1x10 ⁻⁶
Resistividad eléctrica a 20°C, /cm	20.65
Conductancia específica a 0°C, /cm	5.05x10 ⁴
Conductividad eléctrica (relativa al Cu = 100)	7.8
Potencial de electrodo normal, V, electrodo de hidrógeno de referencia = 0	0.22
Equivalente electroquímico del Pb ²⁺ , g/(A.h)	3.8651
Velocidad del sonido en el plomo, cm/s	122,700
Tensión superficial a 360°C, mN/m (= din/cm)	442
Viscosidad a 440°C, mPa.s (= cP)	212
Susceptibilidad magnética a 20°C,	- 0.29x10 ⁻⁶
m ³ /kg (emu/g)	(- 23x10 ⁻⁶)
Dureza de Mohs	1.5
Brinell	
plomo común	3.2 a 4.5
plomo químico	4.5 a 6

Tabla N°1. Continuación

PROPIEDAD	VALOR
Módulo de Young, Gpa ^c	16.5
Fuerza de tensión del plomo común, kPa ^d	
-100°C	42,000
20°C	14,000
150°C	5,000
Elongación (% en un calibrador de longitud de 5 cm)	50 - 60
^a Para convertir J en calorías, divídase entre 4.184. ^b Para convertir kPa en mmHg, multiplíquese por 7.5. ^c Para convertir Gpa en lb/pulg ² , multiplíquese por 145,000 ^d Para convertir kPa en lb/pulg ² , divídase entre 6.895.	

El plomo es un metal blando de color gris azulado o plateado. Tiene cuatro isótopos naturales (208, 206, 207 y 204, por orden de abundancia), pero las proporciones isotópicas en minerales de distinto origen son, a veces, muy distintas. Esta propiedad ha servido para realizar estudios ambientales y metabólicos con sustancias marcadoras no radiactivas.⁷

El plomo forma dos series de compuestos correspondientes a los estados de oxidación de +2 y +4, siendo el más común +2. Los compuestos de Pb (IV) son considerados como covalentes y aquéllos de Pb (II) como iónicos principalmente. El plomo es anfotérico y forma sales plumbosas y plúmbicas, así como plumbitos y pumbatos.⁶

A pesar de que el plomo se mancha fácilmente en la atmósfera, es uno de los materiales fabricados más estables debido a su excelente resistencia a la corrosión al aire, agua y la tierra. La reacción inicial con estos medios tiene lugar, pero se forma una cubierta protectora de compuestos insolubles de plomo.⁶

El plomo debe sustituir al hidrógeno de los ácidos debido al lugar que ocupa en relación con el hidrógeno en la serie de potencial eléctrico, pero la diferencia es pequeña y el gran sobre voltaje del hidrógeno impide el reemplazo. La reacción con ácidos oxidantes libera oxidantes que se combinan con el hidrógeno y abaten el sobre voltaje, produciéndose la sustitución.⁶

Aunque el plomo posee cuatro electrones en su órbita de valencia, solo dos se ionizan fácilmente. En consecuencia, el estado habitual de oxidación del plomo en los compuestos inorgánicos es +2,

y no +4. Las sales inorgánicas del plomo (II), el sulfuro de plomo y los óxidos del plomo son en general, poco solubles, con la excepción del nitrato, el clorato y, en muchas menores medidas el cloruro. Algunas de las sales formadas con ácidos orgánicos, por ejemplo, el oxalato de plomo, también son insolubles.⁷

En condiciones apropiadas de síntesis, se forman compuestos estables en los cuales el plomo está directamente ligado a un átomo de carbono. El tetraetilo y el tetrametilo de plomo son compuestos orgánicos muy conocidos de este metal. Tienen gran importancia debido a su amplia utilización como aditivos de combustibles. Ambos son líquidos incoloros de una volatilidad inferior a la de la mayoría de los compuestos de la gasolina. El punto de ebullición del tetrametilo de plomo es 110°C y el del tetraetilo 200°C. En cambio, la escala de temperaturas de ebullición de los hidrocarburos de la gasolina va de 20 a 200°C. Por lo tanto, la evaporación de gasolina tiende a concentrar ambos derivados plúmbicos en el residuo líquido.⁷

3.6.3 Efectos del Plomo sobre la Salud⁷

Los estudios sobre los efectos del plomo se pueden dividir en dos categorías generales. La primera es el estudio retrospectivo de las causas de mortalidad en poblaciones expuestas al plomo. En los estudios se ha observado que en niveles de exposición elevados (Pb-H > 80 µg/100 ml) se producía un número ligeramente superior de defunciones por enfermedades cerebrovasculares y nefritis crónica.

La segunda categoría de estudios se refiere a las tasas de morbilidad debidas a los efectos del plomo sobre determinados órganos y sistemas. En algunos casos se ha podido estimar el nivel de la carga corporal intercambiable (expresado como Pb-H) al cual se ha observado un efecto de una intensidad dada (relación dosis-respuesta) en ciertos sectores de un grupo seleccionado.

En el sistema hematopoyético se observan efectos a concentraciones de Pb-H inferiores a las de los demás sistemas. Estos efectos, por orden de sensibilidad, son los siguientes:

- Elevación de la protoporfirina IX eritrocitaria (PEL)
- Aumento de la excreción urinaria de ácido δ-aminolevulínico (AAL) y de coproporfinas (CP)

- Inhibición de sodio-potasio adenosintrifosfatasa eritrocitaria (EC 3.6.1.3) (Na-K-ATP-asa)
- Disminución de la concentración de hemoglobina

El descenso de esta concentración es clara indicación de efectos adversos. La “concentración sin efecto detectado” corresponde en este caso a un Pb-H equivalente a 50 µg/100 mL en los adultos y 40µg/100 mL en los niños.

Los efectos del plomo inorgánicos sobre el sistema nervioso central, especialmente en relación con ligeras modificaciones del comportamiento, principalmente en niños, pero también en alguna medida en adultos; por cuanto no se conocen la relación entre la exposición al plomo en el momento de ocurrir el trastorno y el momento en que se observan por primera vez los efectos. Se ha determinado una “concentración sin efecto detectado” inferior a la observada en encefalopatía clásica debida al plomo. Esa concentración se estima en valores de Pb-H aproximados de 60-70 µg/100 mL en los adultos y 50-60 µg/100 mL en los niños.

Los efectos renales del plomo son de dos tipos generales. El primero es tubular y se caracteriza por la triada de Fanconi de aminoaciduria, Hiperfosfaturia y Glucosuria. El segundo tipo se caracteriza anatómicamente por esclerosamiento y fibrosis intersticial. Funcionalmente, se reduce la capacidad de filtración. Estas alteraciones, de naturaleza progresiva, pueden culminar en insuficiencia renal. Es probable las exposiciones que conducen a este tipo de nefropatía sean actualmente raras incluso en la industria. No se puede señalar una “concentración sin efecto detectado”.

El plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de la hemoglobina y anemia
- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos
- Perturbación del sistema nervioso
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma

- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad
- Carcinogenicidad.

El problema de los efectos tóxicos de los derivados alquílicos del plomo afecta casi exclusivamente a los trabajadores que por su ocupación están expuestos a ellos.

3.6.4 Fuentes de Absorción del Plomo

Existen diferentes vías de absorción del plomo; para esta investigación es de interés la vía dérmica, ya que es la forma de absorción a la cual las personas que utilizan estos productos textiles se ven expuestas.⁷

La absorción de plomo de fuentes ambientales no depende exclusivamente de la cantidad de plomo presente ante las vías de entrada al organismo por unidad de tiempo. Depende, también, del estado físico y químico en que se encuentra el metal y de factores vinculados con el organismo receptor, como la edad y el estado fisiológico. La cantidad de alimento ingerido y de aire respirado, con la correspondiente ingestión o inhalación de plomo, son funciones de la actividad metabólica.⁷

Aproximadamente el 50% del plomo atmosférico en las áreas urbanas proviene de la combustión de gasolina. Los vapores de alquil plomo producidos durante la fabricación de compuestos antidetonantes de la gasolina corresponden al 10% del plomo atmosférico.⁵

Los procesos naturales de limpieza de la atmosfera como son la sedimentación y el arrastre por las gotas de lluvia eliminan alrededor de la mitad del plomo contenido en las partículas procedentes del escape de los automóviles en los primeros cien metros de recorrido. El tiempo promedio de permanencia del plomo en la atmosfera es de 7 a 30 días. La ingestión de alimentos expuestos a concentraciones elevadas de plomo presente en el aire produce una elevada concentración de plomo en la sangre.⁶

Modelo metabólico de plomo en el ser humano⁸

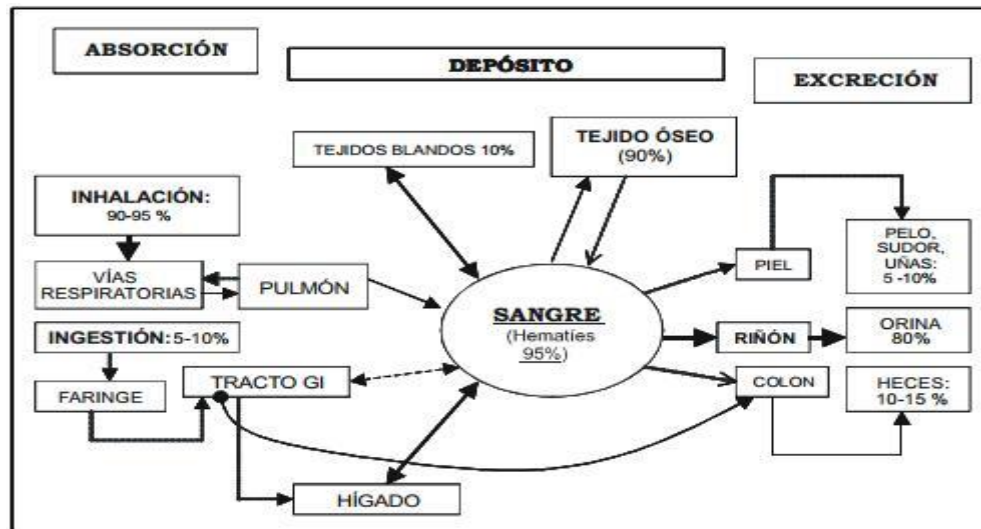


Figura N°10. Modelo metabólico de plomo en el ser humano⁸

Tabla N°2. Límites Permisibles de Plomo⁶

N° CAS	Agente Químico	Límites Adoptados	
		(mg/m ³)	(mg/m ³)
7439-92-1	Plomo inorgánico y sus derivados como Pb.	0,05	-----
78-00-2	Tetraetilo como Pb	0,1	-----
75-74-1	Tetrametilo como Pb	0,15	-----

Límites de Tolerancia Biológica de Plomo en sangre en personas adultas expuestas a plomo: 40 microgramos/ decilitro ($\mu\text{g}/\text{dL}$). En niños, los límites de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

3.7 Hierro

3.7.1 Generalidades del Hierro⁹

Los metales de transición, también llamados elementos de transición es el grupo al que pertenece el hierro. En este grupo de elementos químicos al que pertenece el hierro, se encuentran aquellos situados en la parte central de la tabla periódica, concretamente en el bloque d. Entre las características que tiene el hierro, así como las del resto de metales de transición se encuentra la de incluir en su configuración electrónica el orbital d, parcialmente lleno de electrones. Propiedades de este tipo de metales, entre los que se encuentra el hierro son su elevada dureza, el tener puntos de ebullición y fusión elevados y ser buenos conductores de la electricidad y el calor.

El estado del hierro en su forma natural es sólido (ferromagnético). El hierro es un elemento químico de aspecto metálico brillante con un tono grisáceo y pertenece al grupo de los metales de transición.

3.7.2 Propiedades Físico – Químicas¹⁰

Tabla N°3. Propiedades Físico – Químicas del Hierro¹⁰

PROPIEDAD	DATO
Nombre	Hierro
Número atómico	26
Valencia	2,3
Estado de Oxidación	+3
Electronegatividad	1,8
Radio covalente	1,25
Radio iónico	0,64
Radio atómico	1,26

Tabla N°3. Continuación

PROPIEDAD	DATO
Configuración electrónica	[Ar] 3d64s2
Primer potencial de ionización (eV)	7,94
Masa atómica (g/mol)	55,847
Densidad (g/ml)	7,86
Punto de ebullición (°C)	3000
Punto de fusión (°C)	1536

El Hierro es un elemento químico, símbolo Fe, número atómico 26 y peso atómico 55.847. Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los cuatro isótopos estables, que se encuentran en la naturaleza, tienen las masas 54, 56, 57 y 58. Los dos minerales principales son la hematita, Fe₂O₃, y la limonita, Fe₂O₃.3H₂O. Las piritas, FeS₂, y la cromita, Fe (CrO₂)₂, se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre.

La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada. Existen técnicas de separación del hierro del agua.

3.8 Cobre

3.8.1 Generalidades del Cobre¹¹

El cobre (Cu) es, después del hierro y el aluminio, de los metales más consumidos en el mundo, fundamentalmente en los sectores de la construcción (tuberías de cobre para agua y gas) que representa el 40% del destino de la producción de cobre y el sector eléctrico (cables) que representa otro 27%.

Encuadrado en la parte central del sistema periódico como elemento de transición, en el grupo 11 junto con la plata y el oro, es un metal de color rojizo, inerte y muy resistente a la corrosión, lo que explica que sea uno de los metales que puede tenerse en estado más puro.

El cobre es un metal blando, con un índice de dureza 3 en la escala de Mohs, es resistente al desgaste, y posee una muy alta conductividad térmica y eléctrica. De hecho, es un excelente conductor de la electricidad (la plata, el cobre y el oro, en este orden son los metales mejores conductores) que unido a su buena ductilidad y maleabilidad lo hacen el metal más empleado para la fabricación de cables eléctricos.

Para mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia el cobre puro se suele mezclar con otros elementos, formando aleaciones que mejoran sus prestaciones resistentes, aunque sea a costa de perder algo de su buena conductividad original.

3.8.2 Propiedades Físico – Químicas

Tabla N°4. Propiedades Físico – Químicas del Cobre¹¹

PROPIEDAD	DATO
Nombre	Cobre
Símbolo	Cu
Numero atómico	29
Grupo del sistema periódico	Grupo 11
Valencias	1+, 2+
Estados de oxidación	+1, +2
Electronegatividad	1,9
Radio atómico	1,28 Å
Radio covalente	1,38 Å
Radio iónico	0,69 Å
Estructura cristalina	cúbica centrada en las caras (CCC)
Configuración electrónica	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, o bien, $[Ar] 3d^{10} 4s^1$
Primer potencial de ionización	7,77 eV
Masa atómica	63,54 g/mol
Dureza Mohs	3,0
Densidad a 20 °C	8,96 g/cm ³ (0,31 lb/in ³ a 68 °F)
Punto de fusión	1083 °C (1981 °F, 1356 K)
Punto de ebullición	2595 °C (4703 °F, 2868 K)
Calor específico	0,385 J/g·K (0,092 cal/ g °C)

Tabla N°4. Continuación

PROPIEDAD	DATO
Calor latente de fusión	$214 \cdot 10^3$ J/kg
Calor latente de ebullición	$5410 \cdot 10^3$ J/kg
Conductividad eléctrica a 20 °C	$58,108 \cdot 10^6$ S/m (siemens por metro)
Resistencia eléctrica	0,017 Ohmio/mm ²
Conductividad térmica	400 W/m·K
Coefficiente de dilatación lineal	$1,7 \cdot 10^{-5}$ °C ⁻¹ , de 20 °C a 100 °C

3.8.3 Propiedades mecánicas

En la siguiente tabla se recogen las propiedades mecánicas de resistencia del cobre, según los distintos estados de tratamiento a que sea sometido:

Tabla N°5. Características Mecánicas del Cobre¹¹

Estado	Resistencia a la tracción, kg/mm ²	Límite elástico, kg/mm ²	Alargamiento en la rotura, %
Fundido	15 – 22	4	25 – 15
Recocido	21 – 24	9	46 – 47
Templado	37 – 41	36	5 – 6

Como es sabido, el límite elástico, también denominado límite de elasticidad o límite de fluencia, es la tensión máxima a la que puede ser sometida un material sin sufrir deformaciones permanentes, es decir, que al cesar la carga la pieza recupera su dimensión inicial.

Pero si a la pieza se le aplican unos niveles de cargas superiores que superan el límite elástico, entonces el material sufre deformaciones permanentes y ya no recupera su forma original cuando cesan estas cargas. Es entonces cuando el material entra en el régimen plástico hasta alcanzar el punto de rotura o resistencia a la tracción.

3.9 Cromo

3.9.1 Generalidades del Cromo¹²

El cromo es un metal de color blanco, duro, brillante y frágil (p.f. $1903^{\circ}\pm 10^{\circ}$). Es extremadamente resistente a los agentes corrosivos ordinarios, lo que explica su amplio uso como una capa protectora por medio de electro depósito. El metal se disuelve con bastante facilidad en ácidos minerales no oxidantes, por ejemplo, ácidos hidroclicóric y sulfúric, pero no en frío en agua regia o ácido nítric, ya sea concentrado o diluido. Los últimos dos reactivos hacen pasivo al metal en una forma que no se puede fácilmente explicar. Los potenciales del electrodo del metal son:



Por tanto, es muy activo cuando no esté en estado pasivo y desplaza fácilmente al cobre, estaño y níquel de las soluciones acuosas de sus sales.

El cromo se une directamente, a temperaturas elevadas, con los halógenos, azufre, silicio, boro, nitrógeno, carbono y oxígeno.

El principal mineral es la cromita (FeCr_2O_4), que es una espinela con Cr^{3+} en los lugares octaédricos y Fe^{2+} en los tetraédricos. Si no se requiere cromo puro –como para su uso en aleaciones ferrosas - se reduce la cromita con carbón en un horno, lo que da la aleación de ferrocromo que contiene carbón.

Cuando se requiere cromo en estado puro, se trata primero la cromita con álcali fundido y oxígeno para convertir el Cr^{3+} a cromato (IV), que se disuelve en agua y se precipita finalmente como dicromato de sodio. Este último se reduce con carbono para dar óxido de Cr^{3+} .

3.9.2 Propiedades Físico – Químicas¹²**Tabla N°6.** Propiedades Físico – Químicas del Cromo¹²

PROPIEDAD	VALOR
Símbolo químico	Cr
Numero atómico	24
Grupo	6
Periodo	4
Aspecto	Plateado metálico
Bloque	d
Densidad	7140 kg/m ³
Masa atómica	51.9961 u
Radio medio	140 pm
Radio atómico	166
Radio covalente	127 pm
Configuración electrónica	[Ar]3d54s1
Electrones por capa	2, 8, 13, 1
Estados de oxidación	6, 3, 2
Oxido	Acido fuerte
Estructura cristalina	Cubica centrada en el cuerpo
Estado	Solido
Punto de fusión	2130°K
Punto de ebullición	2945°C
Calor de fusión	16.9 kJ/mol
Presión de vapor	990 Pa a 2130°K
Electronegatividad	1.66
Calor específico	450 J/(K.Kg)
Conductividad eléctrica	7,74.106 S/m
Conductividad térmica	93,7 W/(K.m)

3.10 Espectrofotometría de Absorción Atómica¹³

Como en todos los métodos espectroscópicos, en la espectroscopia de absorción atómica es necesario llevar a la muestra a un estado de vapor atómico. Este proceso conocido como atomización, consiste en volatilizar la muestra y descomponerla en sus átomos y quizá algunos iones gaseosos; para la atomización de las muestras que se van a analizar por espectroscopia de absorción atómica se utilizan principalmente la atomización a la flama y la atomización en horno.

3.10.1 Espectroscopia de Absorción Atómica con Atomización en Flama¹³

En la flama, la adsorción de radiación por átomos libres (aquellos átomos del analito desprovistos de su ambiente químico, pero no ionizado) involucra una transición de estos átomos desde el altamente poblado estado basal hasta un estado electrónico excitado. Aunque es posible que ocurran otras transiciones electrónicas, los espectros de absorción atómica de un elemento están constituidos por una serie de líneas de resonancias, todas con origen en el estado basal y con destino en diferentes estados excitados. Generalmente la transición entre el estado basal y el primer estado excitado, lo que se conoce como primera línea de resonancia, es la línea con mayor absorptividad. La absorptividad de un elemento dado disminuye conforme aumenta la diferencia de energías entre el estado basal y el excitado. La primera línea de resonancia del analito es la que se utiliza para el análisis, si esta requiere alta sensibilidad y si todos los demás factores se mantienen constantes.

La longitud de onda de la primera línea de resonancia de todos los metales y muchos metaloides es mayor que 200 nm. La longitud de onda límite para los estudios de esta técnica coincide entonces con el límite inferior de la región ultravioleta convencional.

En la siguiente figura se muestra las partes importantes que debe de llevar un espectrofotómetro de absorción atómica:

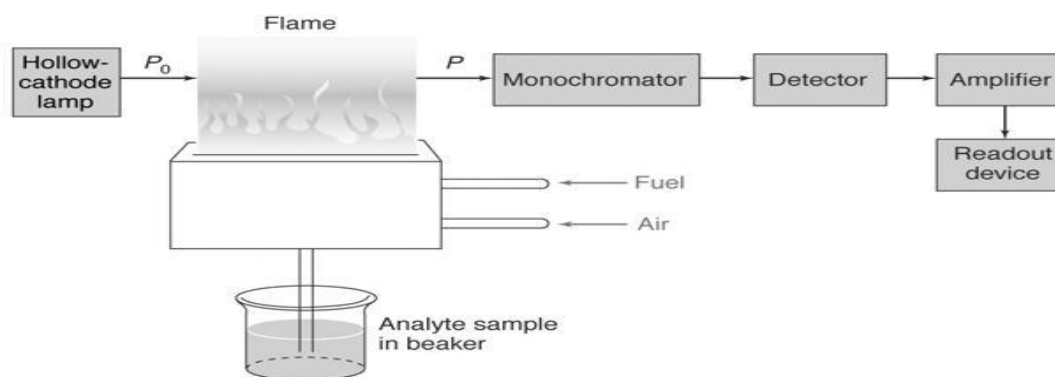


Figura N°11. Componentes básicos de un espectrofotómetro de AA¹³

El principio de operación de un espectrómetro de AA se muestra en el diagrama de la figura N°11. La radiación del elemento que interesa, cuya fuente de luz suele ser una lámpara de cátodo hueco, se dirige a través de la flama que contiene el gas atómico. La solución del analito se nebuliza por medio de un atomizador o nebulizador en finas gotitas y se lleva a la flama. El disolvente de las gotas se evapora de inmediato y las partículas de sal se descomponen en átomos, iones y electrones. Los átomos de la muestra absorberán la radiación que emita el mismo átomo en la misma lámpara de cátodo hueco, con lo que se atenúa la energía de la fuente. Mediante un monocromador se separa la línea espectral del elemento que interesa de cualquier otra radiación que venga de la fuente o de la flama. La energía radiante de la fuente se transforma en corriente eléctrica mediante un tubo fotomultiplicador⁶.

3.10.2 Espectroscopia de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica¹³

La absorción atómica de atomización en horno, o electrotérmica, utiliza un atomizador electrotérmico en lugar de un quemador. Se toman pequeños volúmenes de muestra, normalmente unos microlitros, se depositan en el horno. Con un programa de calentamiento progresivo se evapora el disolvente de la muestra, la materia orgánica se reduce a cenizas o carbón y finalmente se forma el vapor atómico. La absorción atómica electrotérmica es de uno a dos órdenes de magnitud más sensible que la absorción atómica en flama.

En análisis de absorción atómica se emplean hornos para la atomización de sólidos, lodos y soluciones. Durante el periodo de calentamiento, es fundamental mantener el horno en una atmosfera inerte como por ejemplo argón, para reducir al mínimo las reacciones químicas indeseables con los analitos atomizados. Como el horno se calienta eléctricamente, el proceso se llama atomización electrotérmica y se emplea con frecuencia en absorción atómica. Ocasionalmente, estos hornos se emplean para evaporar muestras que se alimentan a una antorcha de un plasma para análisis por emisión atómica.

Un plasma es un gas ionizado a alta temperatura que funciona como buen atomizador. El tipo más empleado en emisión atómica es la antorcha de plasma de acoplamiento inductivo (ICP). EL ICP es un plasma continuo que se forma en una corriente de flujo de argón. La energía para mantener la antorcha caliente y los gases ionizados proviene de un microondas similar a los hornos de microondas comunes.

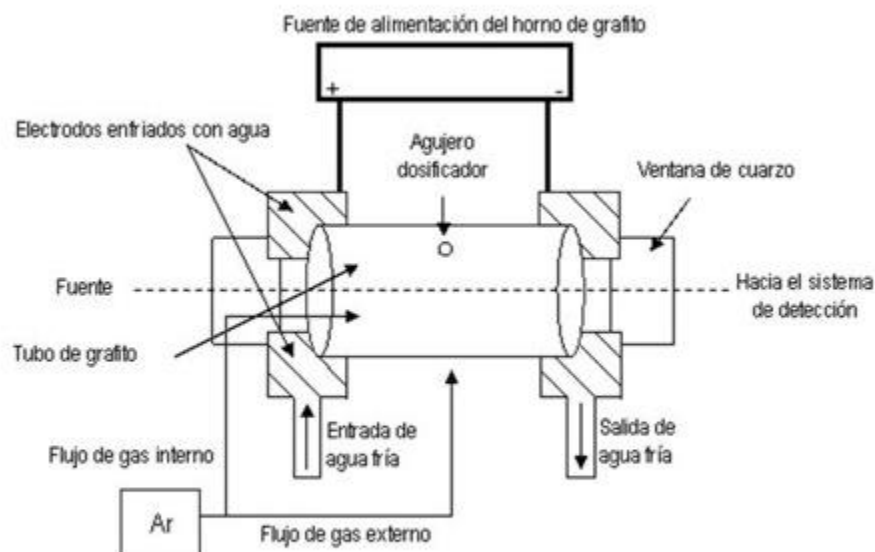


Figura N°12. Componentes básicos de un espectrofotómetro de Horno de Grafito¹³

La muestra se inyecta a través del hueco rectangular hacia el conducto que constituye el horno de grafito. Tras calentar la muestra hasta secarla, se calienta el conducto hueco de grafito hasta la incandescencia en pocos segundos haciendo pasar una corriente de un lado al otro del mismo (parte superior/parte inferior). La muestra se vaporiza y se atomiza. Después se genera un plasma acoplado de inducción entre la barra de grafito y la pared del horno, y se mide la emisión.

3.11 Normativa⁷

Existe la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Que establece los requisitos específicos para los productos de pinturas destinados tanto al uso industrial como doméstico, ya sea como consumidor o como fabricante.

La NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Define los elementos importantes como

la composición química, el etiquetado, la toxicidad; asegurando así la seguridad y protección tanto para los usuarios como para el medio ambiente.

Hay requisitos que son fundamentales para garantizar que los consumidores tengan acceso a información importante y relevante del producto que se va a consumir, los principales son:

- Nombre del producto
- Composición química
- Instrucciones de uso
- Advertencias de seguridad
- Fecha de fabricación y caducidad
- Certificación y cumplimiento
- Número de lote

Especificaciones⁷

La NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Especifica que las pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes deben tener un límite de plomo, en lo cual estos se consideran como productos con plomo aquéllos con un contenido de plomo total mayor a 600 ppm en la parte no volátil del producto o en una película seca del mismo, cuando son productos menores a esta cantidad se consideran productos sin plomo.

Los productos con plomo formulados en base disolvente deben contar con una leyenda como, por ejemplo:

- ¡Precaución! Producto inflamable manténgalo apartado de altas temperaturas, chispas y flamas
- Prohibido utilizar este producto en la elaboración, acabado o impresión de juguetes, objetos susceptibles a llevarse a la boca de artículos para uso doméstico y/o escolares usados por niños, como pinturas de casas habitación, restaurantes, área de juegos infantiles, escuelas y guarderías.
- Contiene compuestos de plomo, disolventes y sustancias tóxicas, contacto o inhalación prolongada o reiterada origina graves daños a la salud.

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

- Tipo de Estudio

- Exploratorio: La investigación hace referencia de un problema actual, que acontece en la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador, motivo por el cual la investigación comprende en la determinación de los metales Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en las pinturas utilizadas en la asignatura de Serigrafía. Los resultados de esta investigación pueden ser utilizados para prevenir problemas de salud tanto personal como ambiental, ya que el país no cuenta con una normativa específica por el Organismo Salvadoreño de Normalización y por la Organización Mundial para la Salud, en cuanto a la aceptación de los Límites Máximos Permisibles de los Metales en pinturas.

- Investigación Bibliográfica

Esta se realizó en las siguientes Bibliotecas:

- “Dr. Benjamín Orozco” Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador
- Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador
- Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer
- “Florentino Idoate” Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
- Internet.

- Investigación de Campo

Se elaboró un instrumento para entrevistar al Docente responsable de la asignatura Serigrafía de la Escuela de Artes, con el objetivo de conocer los tipos de pinturas, los colores más utilizados y si la etiqueta contiene información sobre la presencia o ausencia de metales pesados, manipulación, precaución, almacenamiento, entre otros.

- Universo: Todas las pinturas utilizadas para serigrafía en la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador.
- Muestra: Los cinco colores de pinturas más utilizados en la Unidad de Aprendizaje de Serigrafía de la Escuela de Artes.
- Tipo de Muestreo: Dirigido y puntual, a un frasco de cada uno de los cinco colores más utilizados (según la entrevista realizada al docente responsable de la Unidad de Aprendizaje de Serigrafía).

- Parte Experimental

La parte experimental y la determinación de los metales Cromo, Cobre, Plomo y Hierro fueron realizadas en el Laboratorio Geoquímico de LaGeo.

Determinación de Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en pinturas para Serigrafía utilizadas en la Escuela de Artes de la Universidad de El Salvador.

- Digestión de la muestra¹³
 1. Lavar con agua desionizada los depósitos del carrusel del espectrofotómetro, los balones volumétricos de 50 mL, embudos plásticos y espátula.
 2. Pesar de cada muestra entre 0.5000 – 0.5500 g utilizando los recipientes del digestor como porta muestras.
 3. A cada muestra añadir 5.0 mL de agua desionizada y 5.0 mL de ácido nítrico concentrado. Utilizar la cámara de extracción.
 4. Llevar un blanco que contenga solamente 5.0 mL de agua y 5.0 mL de ácido nítrico.
 5. Instalar cada porta muestra en cada módulo del digestor asegurando su estabilidad.
 6. Instalar cada módulo al carrusel de tal manera que su rotación sea uniforme y su codificación sea fácilmente identificable.
 7. Digerir las muestras en el Digestor.
 8. Esperar las condiciones de presión 180 atm. y temperatura de 210°C, dentro del digestor para extraer el carrusel.

9. Preparar los balones volumétricos de 50 mL y los embudos para el proceso de filtrado de las muestras digeridas.
10. Aforar cada balón con agua desionizada.

- Determinación de Cromo (Cr), Cobre (Cu) y Hierro (Fe) por Absorción Atómica con Llama¹³

1. Encender el equipo 20 minutos antes de analizar la muestra.
2. Instalar la lámpara de cátodo hueco para el elemento a analizar y establecer el dial de longitud de onda.
3. Alinear la lámpara del elemento a analizar para que pase el haz de luz y así se optimice la energía.
4. Optimizar la longitud de onda hasta obtener la ganancia máxima de energía.
5. Ajustar la posición de la cabeza del quemador.
6. Conectar y ajustar la velocidad del flujo del aire para obtener la máxima sensibilidad.
7. Conectar y ajustar el flujo del acetileno y encender la llama (para estabilizar la llama unos cuantos minutos).
8. Aspirar un blanco compuesto por agua desionizada y ácido nítrico concentrado, llevar a cero el instrumento.
9. Aspirar los estándares respectivos en las concentraciones establecidas por el laboratorio y ajustar la velocidad de aspiración del nebulizador para obtener la sensibilidad máxima.
10. Aspirar nuevamente un blanco y poner a cero el instrumento.
11. Aspirar el estándar próximo al medio del intervalo lineal y registrar la absorbancia.
12. Aspirar la muestra a analizar, realizar por triplicado.

- Determinación de Plomo (Pb) por Absorción Atómica con Horno de Grafito.¹³

Procedimiento:

1. Encender el equipo (Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito).

2. Abrir la válvula del cilindro de gas Argón.
3. Acceder al programa del equipo.
4. Seleccionar el elemento Plomo a determinar.
5. Introducir parámetros de lectura, automáticamente el equipo coloca la secuencia de calentamiento de la temperatura del análisis.
6. Encender la lámpara.
7. Dejar estabilizar el equipo por 15 minutos.
8. Introducir parámetros de lectura.
9. Seleccionar el método de adición de estándar.
10. Colocar el estándar.
11. Enviar los parámetros establecidos hacia el equipo.
12. En la hoja de trabajo del software digitar las posiciones de las muestras en el automuestreador. En la misma hoja se observa la hoja de calibración.
13. Colocar en el automuestreador: blanco y muestra.
14. Encender el horno y esperar 10 minutos para estabilizar el equipo.
15. Iniciar las lecturas automáticamente de los estándares y las muestras.

El Laboratorio Geoquímico de LaGeo S.A. de C.V., entregó los informes de análisis de los metales presentes en las cinco muestras de pinturas proporcionadas, debido a ello en este trabajo no se presentan lecturas como tal de los metales si no las concentraciones en ppm de los metales presentes en las pinturas y por lo tanto no se requieren de cálculos para determinar dichas concentraciones.

Las concentraciones de cada metal se compararon con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes para analizar si cumplen dicha normativa.

Los resultados de la presente investigación se darán a conocer al docente responsable de la asignatura Serigrafía de la Escuela de Artes, remitiendo una copia del documento final ya evaluado. (Ver Anexo N° 4)

- **Cálculos de la determinación de los metales Cromo, Cobre, Plomo, Hierro en la muestra de pintura color azul:**

Fórmula¹⁴:

$$\textit{contenido de metal} = \frac{C_{\textit{metal}} \times V_{\textit{extracto}}}{m_{\textit{muestra}}}$$

Donde:

$C_{\textit{metal}}$ es la concentración medida por espectrometría (mg/L)

$V_{\textit{extracto}}$ es el volumen del extracto líquido obtenido tras digestión (L)

$m_{\textit{muestra}}$ es la masa seca de la muestra original (kg)

Cromo (Cr)

Condiciones de Espectrofotometría por Absorción atómica

Longitud de onda: 425.4 nm

Llama: Óxido Nitroso/Acetileno

Lampara: Cátodo-Hueco

$$\textit{contenido de Cr} = \frac{C_{\textit{Cr}} \times V_{\textit{extracto}}}{m_{\textit{muestra}}}$$

Masa muestra = 0.5000 g = 0.0005 kg

Volumen del extracto = 50 mL = 0.050 L

$C_{\textit{Cr}}$: 0.0005mg/L

$$\textit{contenido de Cr} = \frac{0.0005 \textit{ mg/L} \times 0.05\textit{L}}{0.0005 \textit{ kg}} = 0.05 \textit{ mg de Cr/Kg de muestra}$$

Cobre (Cu)

Condiciones de Espectrofotometría por Absorción atómica

Longitud de onda: 327.4 nm

Llama: Óxido Nitroso/Acetileno

Lampara: Cátodo-Hueco

$$\text{contenido de Cu} = \frac{C_{Cu} \times V_{extracto}}{m_{muestra}}$$

Masa muestra = 0.5000 g = 0.0005 kg

Volumen del extracto = 50 mL = 0.050 L

C_{cu}: 0.9551mg/L

$$\text{contenido de Cu} = \frac{0.9551 \text{ mg/L} \times 0.05\text{L}}{0.0005 \text{ kg}} = 95.51 \text{ mg de Cu/Kg de muestra}$$

Hierro (Fe)

Condiciones de Espectrofotometría por Absorción atómica

Longitud de onda: 327.4 nm

Llama: Óxido Nitroso/Acetileno

Lampara: Cátodo-Hueco

$$\textit{contenido de Fe} = \frac{C_{Fe} \times V_{\textit{extracto}}}{m_{\textit{muestra}}}$$

Masa muestra = 0.5000 g = 0.0005 kg

Volumen del extracto = 50 mL = 0.050 L

C_{Fe}: 1.5748mg/L

$$\textit{contenido de Fe} = \frac{1.5748 \textit{ mg/L} \times 0.05\textit{ L}}{0.0005 \textit{ kg}} = 157.48 \textit{ mg de Fe/Kg de muestra}$$

Plomo (Pb)

Condiciones de Espectrofotometría por Horno de grafito

Datos especificaciones

Temperatura Máxima Calcinado (ØC): 600

Temperatura Recomendada Atomización (ØC): 2100

$$\textit{contenido de Pb} = \frac{C_{Pb} \times V_{\textit{extracto}}}{m_{\textit{muestra}}}$$

Masa muestra = 0.5000 g = 0.0005 kg

Volumen del extracto = 50 mL = 0.050 L

Cpb: 0.03 mg/L

$$\textit{contenido de Pb} = \frac{0.03 \textit{ mg/L} \times 0.05\textit{ L}}{0.0005 \textit{ kg}} = 3.0 \textit{ mg de Pb/Kg de muestra}$$

Para la determinación de los metales Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en las muestras de pinturas de color negro, rojo, amarillo y blanco, calcular de la misma manera que la representada para el color azul.

5.0 RESULTADOS

1. Resultados de la entrevista

Para la realización de este trabajo de investigación, se entrevistó al docente encargado de impartir la asignatura de Serigrafía de la Escuela de Artes, de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador, con el fin de conocer si las personas que tienen contacto con las pinturas cuentan con la información necesaria para el uso de estas e identificar los colores más utilizados. A continuación, se presentan las preguntas realizadas y la respuesta a ellas.

Entrevista para conocer los colores de las pinturas más frecuentemente utilizadas en la Unidad de Aprendizaje de Serigrafía de la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador

1- ¿Qué tipo de pinturas se utiliza para Serigrafía en la Escuela de Artes? ¿Se utiliza pura? ¿Qué marca son? ¿Dónde se comercializan?

Hay dos tipos de pinturas: una sobre papel las cuales se llaman pinturas proceso, estas son a base de agua y acrílicas; y otras sobre pelpo: que son pigmentos plastificados llamados Plástisol. La mayoría de las veces se usa pura, ya que van aplicadas directamente sobre el papel o tela, porque se requiere un color intenso; estos tipos de pinturas, ya sea proceso o plástisol vienen listas para aplicar (trasegadas). Los estudiantes las adquieren en sala de ventas de pinturas para Serigrafía y no contienen una marca en específico.

2- ¿Cuáles y cuantos colores de pinturas son los que más utilizan?

Utilizamos básicamente los colores primarios que son rojo, blanco, azul, negro y amarillo, y se van realizando las mezclas de estos colores para obtener otras tonalidades.

3- ¿Utilizan algún producto para diluir la pintura? ¿Cómo se llama? ¿Cómo lo utilizan? ¿En qué concentración lo utilizan?

No. Se utiliza el cinner y solventes minerales con el fin de limpiar utensilios y marcos para extraer la pintura.

4- ¿Se utiliza algún tipo de fijador para la pintura o Serigrafía?

No se utiliza un fijador, ya que la pintura viene preparada para aplicar directamente; lo que se hace es termotizar, esto es poner un papel térmico sobre el cual se le pasa una plancha en la superficie, industrialmente se hace con horno para aplicar calor y así se dé la cristalización de la pintura.

5- ¿La persona que tiene contacto con las pinturas utiliza equipo de protección personal?, en caso de utilizar ¿Cuál es?

No, aunque muchas veces tienen contacto directo con las pinturas, no se utilizan guantes para protegerse. Debido a que es la única asignatura de Serigrafía en todo el pensum, no adquieren equipo de protección por el costo que esto conlleva y trabajan de manera artesanal.

6- ¿En qué tipo de fibra se realizan estampados?

Se realizan estampados en telas y papel.

7- ¿Cuándo adquieren las pinturas, en el recipiente o en literatura adjunta (Hoja de Seguridad o Certificado de Análisis) hay información sobre la presencia o ausencia de metales?

No, se va al mercado que es el lugar donde se compran las pinturas para serigrafía y la etiqueta únicamente dice el color, marca y cantidad, pero componentes, advertencias o como se ha elaborado dichas pinturas no se sabe.

8- ¿Conoce usted alguna normativa que indique el valor permitido de metales presentes en las pinturas?

No. Se desconoce la existencia de normativa al respecto.

9- ¿Conoce usted si a las pinturas se les hace análisis de presencia de metales?

No.

10- ¿Estaría usted interesado en que se le realizaran estudios de metales como Cromo, Cobre, Plomo y Hierro a las pinturas que utilizan con mayor frecuencia? ¿Por qué? Sí, ya que tanto alumnos como docentes tienen contacto con estas pinturas, siendo los docentes los más afectados porque pasan año tras año expuestos a las mismas y el aula no cuenta ni con ventilación adecuada.

De acuerdo a la entrevista realizada al docente, los colores más utilizados por los estudiantes son los colores primarios, es decir: rojo, blanco, azul, negro y amarillo; por esa razón, son los colores que se analizaron en esta investigación, adquiriéndose las muestras en el lugar donde los estudiantes compran las pinturas, la cantidad de muestra que se adquirió fue de aproximadamente 250 gramos; dichas muestras no contaban con hoja de seguridad y ficha técnica del producto, ni con una etiqueta que reflejara el contenido neto, marca, instrucciones de uso, advertencias y precauciones.

2. Resultados de los análisis

Los metales Cromo, Cobre y Hierro se analizaron a través del Método de Absorción Atómica con Llama, donde la sensibilidad del equipo utilizado es de 0.05ppm, lo que se conoce también como LCD (Limite de Cuantificación). El metal Plomo fue analizado por el Método de Horno de Grafito.

Cálculos de la determinación de los metales Cromo, Cobre, Plomo, Hierro:

$$\textit{contenido de metal} = \frac{C_{\textit{metal}} \times V_{\textit{extracto}}}{m_{\textit{muestra}}}$$

Donde:

$C_{\textit{metal}}$ es la concentración medida por espectrometría (mg/L)

$V_{\textit{extracto}}$ es el volumen del extracto líquido obtenido tras digestión (L)

$m_{\textit{muestra}}$ es la masa seca de la muestra original (kg)

En la tabla N° 7 se presentan los resultados obtenidos de los informes de análisis químicos proporcionados por el Laboratorio Geoquímico de LAGEO para los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), realizados por el Método de Absorción Atómica con Llama; y el Plomo (Pb) realizado por el Método de Horno de Grafito, haciéndose notar que todas las pinturas analizadas presentan los metales antes mencionados.

Tabla N°7. Concentraciones Promedio de Metales en los cinco colores de Pintura más utilizados

COLOR	CROMO (Cr) ppm	COBRE (Cu) ppm	HIERRO (Fe) ppm	PLOMO (Pb) ppm
AZUL	< 0.05	95.51	157.48	3.00
NEGRO	< 0.05	< 0.05	12.42	32.40
ROJO	14.80	< 0.05	10.35	123.84
AMARILLO	28065.10	9.47	28.89	121076.16
BLANCO	< 0.05	< 0.05	0.10	21.74

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados de los análisis gráficamente:

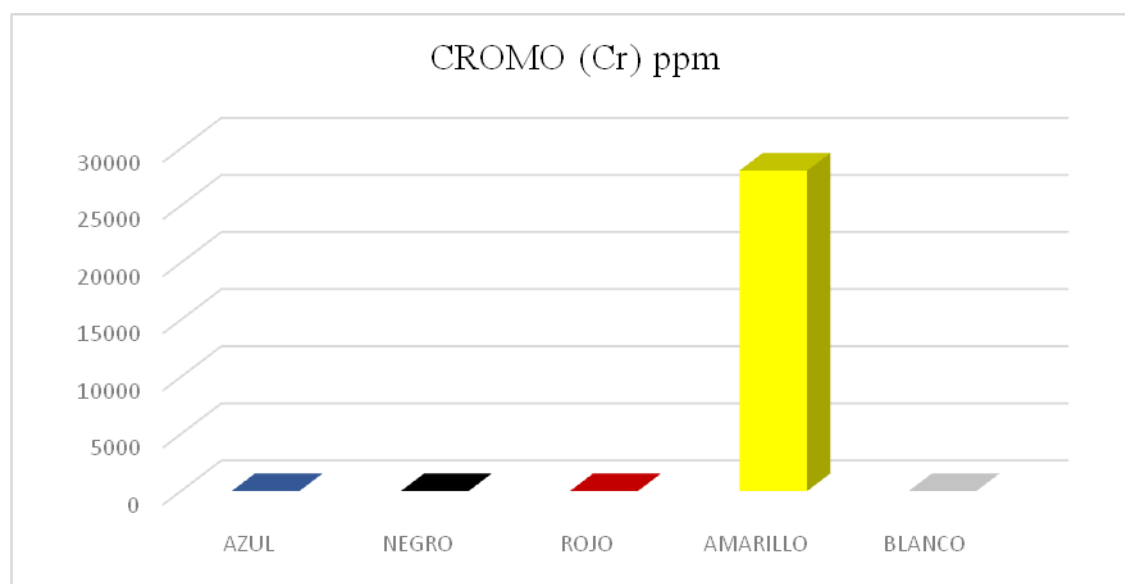


Figura N°13. Resultados de la cuantificación de Cromo por Absorción Atómica con Llama en pinturas usadas en Serigrafía

Fuente: Elaboración propia

La figura N°13 es la representación gráfica de los resultados promedios que se obtuvieron en la Determinación del Metal Cromo, en los cinco colores de pinturas más utilizados en la asignatura de Serigrafía en la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador. Con respecto al metal Cromo (Cr) se puede notar que en todos los colores está presente; encontrándose en mayor cantidad en la pintura color amarillo (28065.10ppm); seguido por el color rojo (14.80ppm); en los colores restantes la concentración encontrada de cromo es menor de 0.05 ppm.

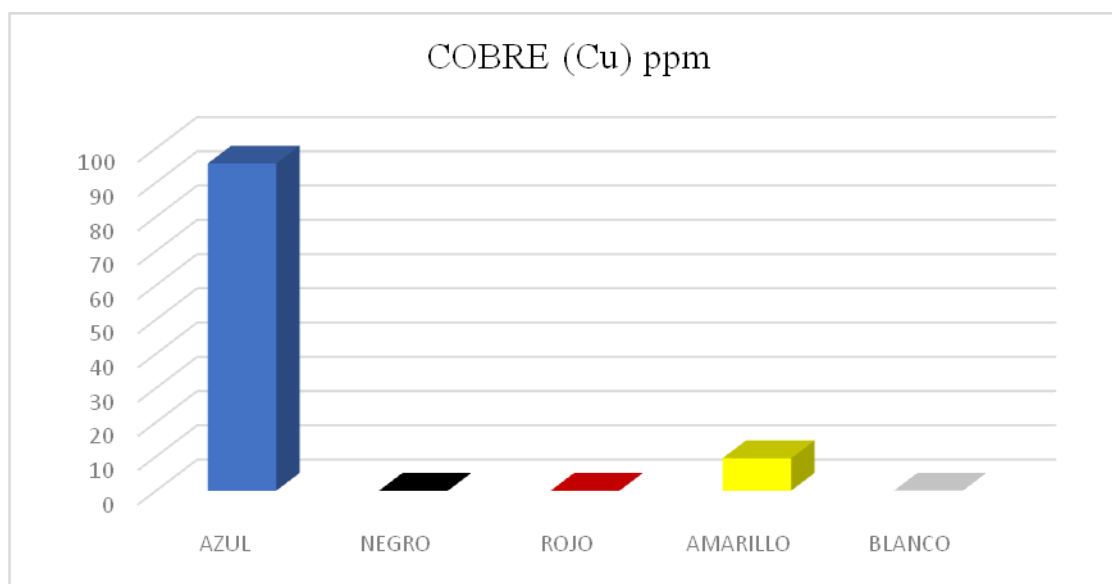


Figura N°14. Resultados de la cuantificación de Cobre por Absorción Atómica con Llama en pinturas usadas en Serigrafía

Fuente: Elaboración propia

La figura N°14 es la representación gráfica de los resultados promedios que se obtuvieron en la Determinación del Metal Cobre, en los cinco colores de pinturas más utilizados en la Unidad de Aprendizaje de Serigrafía en la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador. Con el metal Cobre (Cu) se puede decir que también está presente en todos los colores de pinturas estudiados, encontrándose en mayor cantidad en la pintura color azul (95.51ppm); seguido por el color amarillo (9.47ppm); en los colores restantes la concentración encontrada de cromo es menor de 0.05 ppm.

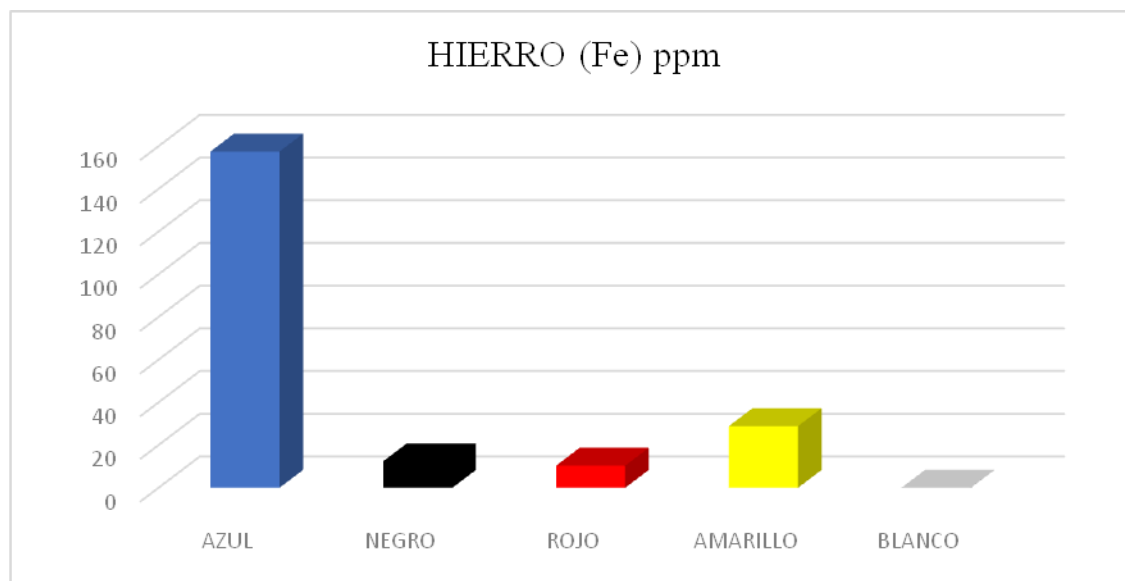


Figura N°15. Resultados de la cuantificación de Hierro por Absorción Atómica con Llama en pinturas usadas en Serigrafía
Fuente: Elaboración propia

La figura N°15 es la representación gráfica de los resultados promedios que se obtuvieron en la Determinación del Metal Hierro, en los cinco colores de pinturas más utilizados en la asignatura de Serigrafía en la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador. El Hierro (Fe) se puede ver que está presente en todos los colores de pinturas, el color blanco es el que menor valor presenta (0.10ppm). Todos los metales anteriormente descritos fueron analizados por el método de Absorción Atómica en Llama.

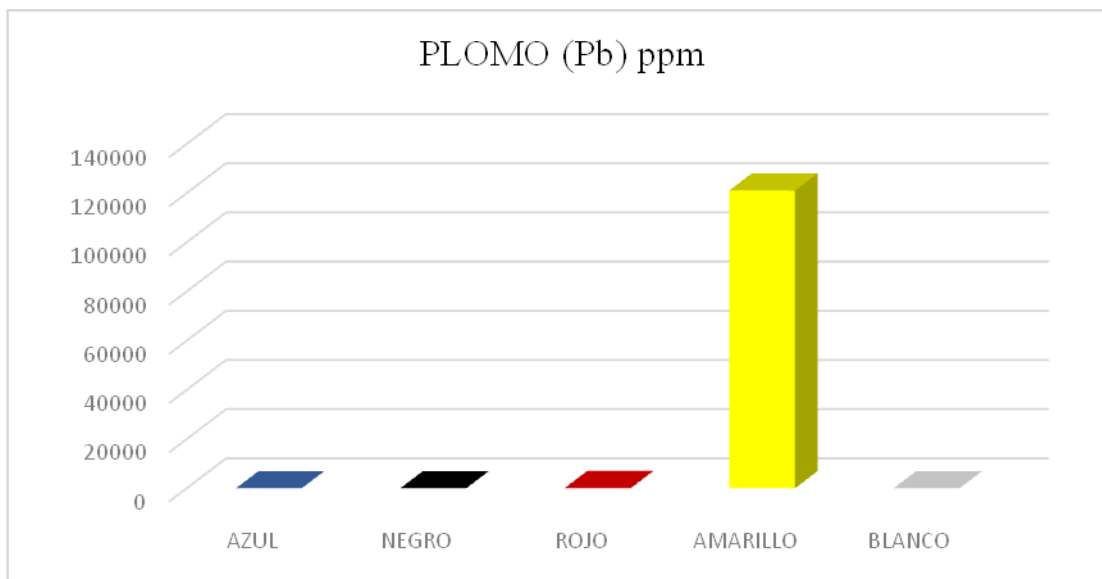


Figura N°16. Resultados de la cuantificación de Plomo por Horno de Grafito en pinturas usadas en Serigrafía

Fuente: Elaboración propia

La figura N°16 es la representación gráfica de los resultados promedios que se obtuvieron en la Determinación del metal Plomo en los cinco colores de pinturas más utilizados en la asignatura de Serigrafía en la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador. En el análisis del metal Plomo (Pb) se puede observar que está presente en todos los colores, encontrándose en mayor valor en la pintura color amarillo (121076.16ppm); seguida por el color rojo (123.84ppm); posteriormente el color negro (32.40ppm); el color blanco (21.74ppm) y con menor cantidad el color azul (3.00ppm).

Tabla N°8. Comparación de los Metales pesados analizados con respecto a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes.

COLOR	AZUL	NEGRO	ROJO	AMARILLO	BLANCO	NOM-003-SSA1-2006
(Cr) ppm	< 0.05	< 0.05	14.80	28065.10	< 0.05	-
(Cu) ppm	95.51	< 0.05	< 0.05	9.47	< 0.05	-
(Fe) ppm	157.48	12.42	10.35	28.89	0.10	-
(Pb) ppm	3.00	32.40	123.84	121076.16	21.74	600

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°8 se presentan los resultados promedios de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa, de los otros metales no hay especificación.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis gráficamente:

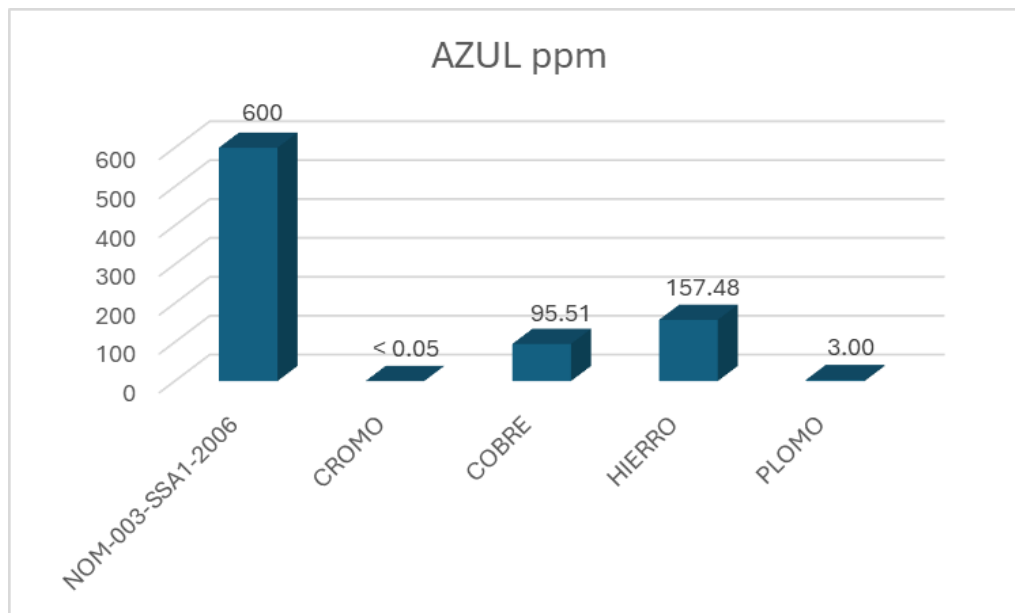


Figura N°17. Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Azul.

Fuente: Elaboración propia

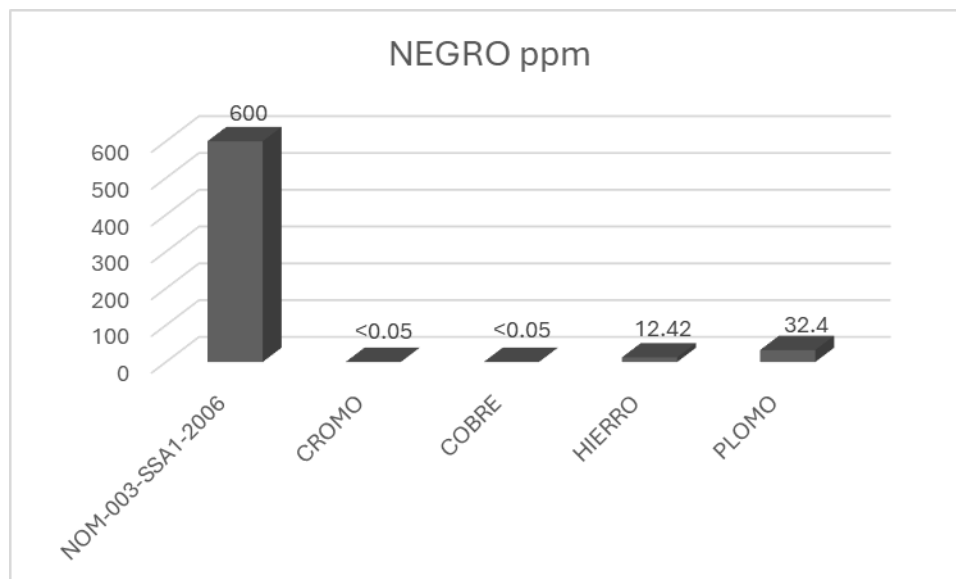


Figura N°18. Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en pintura color Negro.

Fuente: Elaboración propia

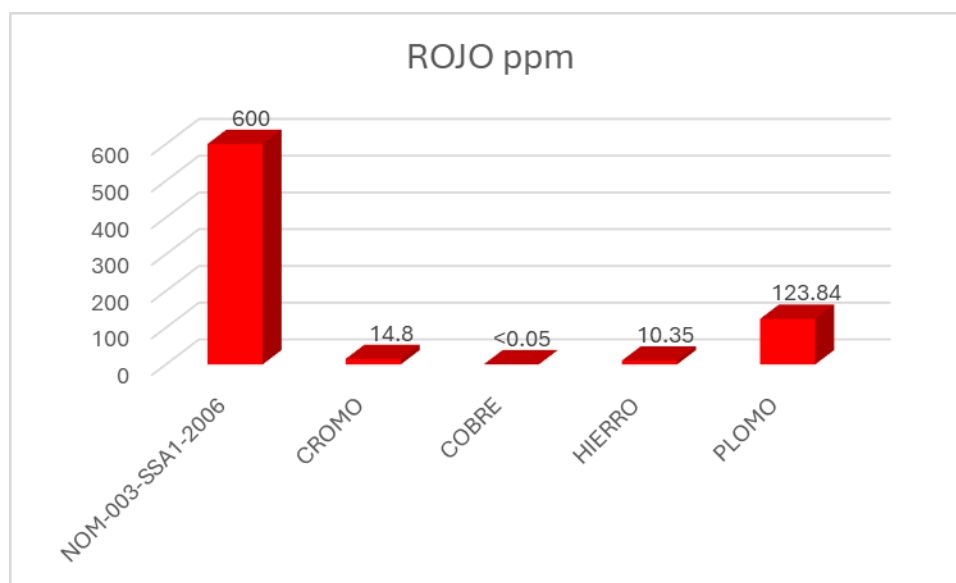


Figura N°19. Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en la pintura color Rojo.

Fuente: Elaboración propia

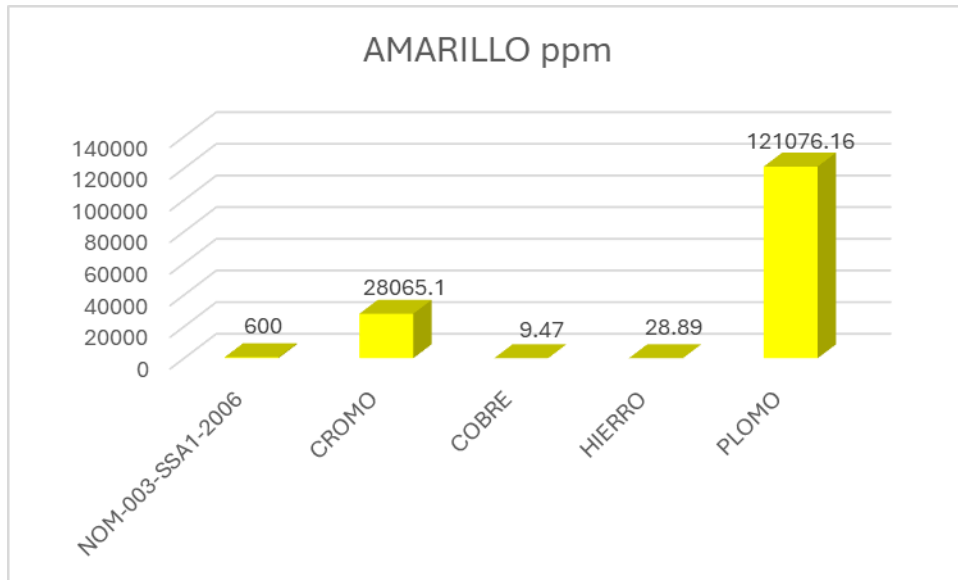


Figura N°20. Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en la pintura color Amarillo.

Fuente: Elaboración propia

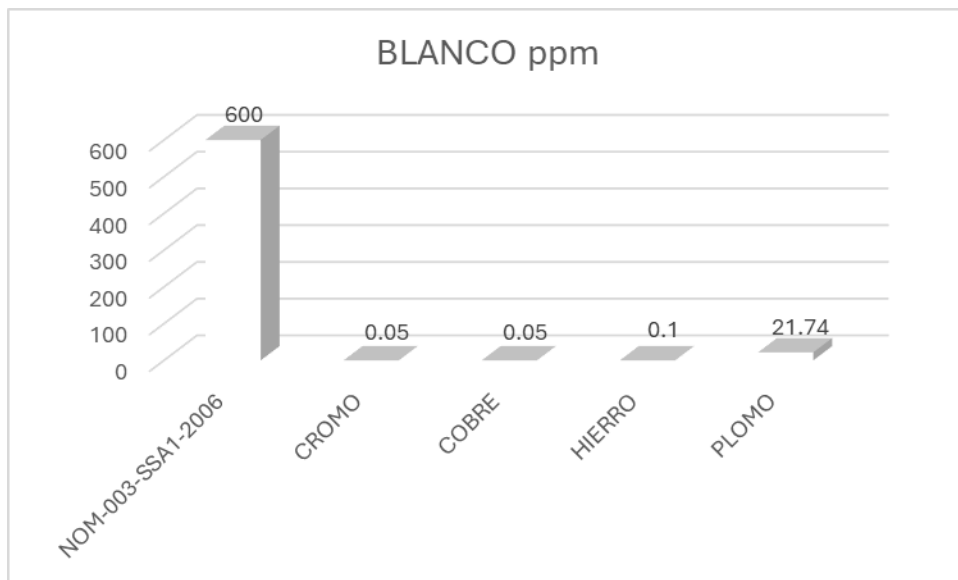


Figura N°21. Resultados de la cuantificación de los metales pesados Cromo (Cr), Cobre (Cu), Hierro (Fe), y Plomo (Pb), y el valor límite máximo permisible del metal plomo que establece dicha normativa presentes en la pintura color Blanco.

Fuente: Elaboración propia

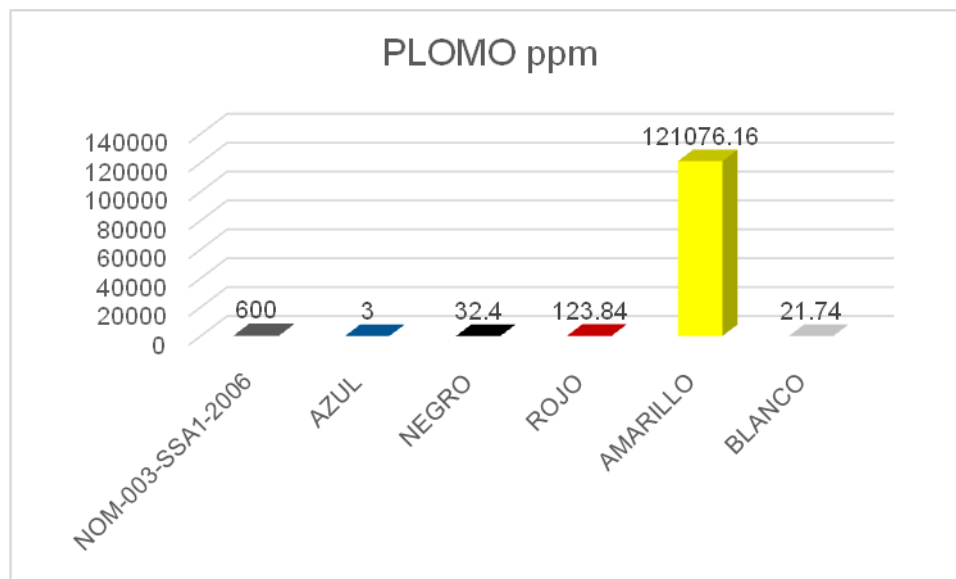


Figura N°22. Comparación del resultado de la cuantificación del metal pesado Plomo (Pb) y el valor límite máximo permisible que establece la NOM-003-SSA1-2006 presentes en las pinturas color Azul, Negro, Rojo, Amarillo y Blanco.

Fuente: Elaboración propia

Las cinco muestras de pinturas analizadas contienen Cromo, Cobre, Plomo y Hierro. Sin embargo, el Plomo presentó concentraciones mayores al valor establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes, en la pintura color amarillo. El resultado no conforme indica que la pintura analizada de color amarillo puede ser dañada para la salud. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) indica que el plomo es un metal tóxico cuyo uso ha causado contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo, es una sustancia tóxica acumulativa que afecta a múltiples órganos y sistemas humanos, incluidos los sistemas cardiovasculares y neurológicos, hematológicos, del aparato digestivo y renales; siendo los niños especialmente vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, y aun los niveles relativamente bajos de exposición pueden causar daño neurológico grave y en algunos casos irreversible, por ejemplo, si un niño mastica el estampado (con plastisol) de su camiseta puede ingerir estas sustancias.

Además, el color amarillo tiene más cromo, esto podría deberse a que el amarillo de cromo es uno de los pigmentos amarillos más importantes, y está compuesto de cromato de plomo y

dependiendo de como se fabrique también puede contener molibdato de plomo y sulfato de plomo, por lo que es tóxico para la salud humana y del medio ambiente, tanto por el contenido de plomo como de cromo hexavalente. Los diferentes tonos de amarillos modernos son obtenidos de acuerdo a las condiciones de fabricación y a los métodos de estabilización empleados y contienen poca cantidad de sulfato de plomo.

6.0 CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la entrevista realizada al docente, los colores más utilizados por los estudiantes son los colores primarios, es decir: azul, rojo, blanco, amarillo y negro; por esa razón son los colores que se analizaron en esta investigación, adquiriéndose las muestras en el lugar donde los estudiantes compran las pinturas, la cantidad de muestra que se adquirió fue de aproximadamente 250 gramos; dichas muestras no contaban con Hoja de Seguridad y Ficha Técnica del producto, ni con una etiqueta que reflejara el contenido neto, marca, instrucciones de uso, advertencias y precauciones.
2. De las cinco muestras analizadas de pintura, tanto el color azul, negro, rojo y blanco presentaron concentraciones de plomo u a otro cation inferiores a 600 ppm que es lo establecido en la Normativa Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes. Por lo tanto cumplen con el valor permitido según la normativa.
3. La pintura color amarillo sobrepasa por mucho el valor máximo permitivo de acuerdo a lo establecido en la Normativa Oficial Mexicana NOM-003-SSA1-2006, Salud ambiental. Requisitos sanitarios que debe satisfacer el etiquetado de pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes.
4. En la determinación de los metales realizados por parte del Laboratorio Geoquímico de LaGeo S.A. de C.V., ubicado en Santa Tecla, La Libertad se debió proceder como minimo la toma de tres muestras representativas de cada uno de los colores en estudio, para la obtención de resultados de análisis más certeros.
5. A partir de la información recopilada en la entrevista se infiere la falta de información y de normas básicas de seguridad e higiene ocupacional para su uso lo que expone a los estudiantes y docentes a posibles riesgos para la salud debido a que existe contacto frecuente sin la utilización de equipo de protección personal adecuado.

6. Se necesita la elaboración de normativas centroamericanas que se enfoquen en pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes para diversos usos ya que son productos de uso frecuente en muchos trabajos y su uso constante puede causar graves enfermedades humanas o al medio ambiente.

7.0 RECOMENDACIONES

1. A los organismos encargados que se elabore una Normativa obligatoria, reglamento, que incluya los Límites Permisibles de los metales en pinturas, tintas, barnices, lacas y esmaltes de usos diversos.
2. Al docente encargado de impartir la asignatura de Serigrafía de la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador, se debe de capacitar y transmitir a los estudiantes la información sobre la prevención, cuidados, uso adecuado de cada pintura, y sobre la indumentaria adecuada como guantes, mascarilla, gabacha, entre otros, con el fin de protegerse al momento de manipular pinturas para serigrafía debido a su toxicidad por uso prolongado, así como también utilizarlas en espacios abiertos y/o ventilados.
3. Es necesario que los estudiantes de la Escuela de Artes cambien la marca del color amarillo utilizado en la asignatura de serigrafía y lo utilicen lo menos posible ya que este representa un mayor riesgo a la salud, evidenciado inicialmente con irritación, inflamación, dermatitis y, finalmente, ulceraciones.
4. Al docente encargado de impartir la asignatura de Serigrafía, se le recomienda que, al iniciar las clases, debe dársele a los estudiantes las instrucciones precisas sobre Buenas Prácticas de manejo de pinturas para el cuidado de la salud, y que al comprar pinturas exijan a los proveedores, el certificado de análisis de estas para garantizar su calidad.
5. A los investigadores, realizar estudios sobre Pinturas Ecológicas en Serigrafía, ya que este tipo de pintura se caracteriza por la ausencia de agentes tóxicos que podrían afectar a la salud y adicional minimizar el impacto ambiental.
6. Realizar la determinación de la presencia de metales pesados Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en las pinturas utilizadas en Serigrafía de diferentes proveedores, para determinar si las mismas cuentan con cantidades no permitidas de los metales antes mencionados.
7. Para próximos estudios recomendamos realizar la entrevista tanto al docente que imparte la asignatura como a los estudiantes, con el fin de conocer si cuentan con la información necesaria para el uso adecuado de las pinturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wikipedia. Pintura (material) [Internet]. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_\(material\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_(material))
2. eHow en español. Diferencia entre tinta y pintura [Internet]. Disponible en http://www.ehowenespanol.com/diferencia-tinta-pintura-hechos_300281/#page0
3. Wikipedia. Tint [Internet]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Tint>
4. Christie RM. La química del color. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A.; p. 119 – 134, 135 – 147, 151, 152, 156, 157.
5. Kirk R, Othmer D, Scott J, Standen A. Enciclopedia de Tecnología Química. 1a ed. Español. México: Editorial Hispanoamericano; Tomo V. p. 298 -301, 313.
6. Kirk-Othmer. Enciclopedia de Tecnología Química. México: Editorial Limusa; p. 502, 1041.
7. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Criterios de salud ambiental 3 - Plomo. México, D.F.: OPS/OMS; 1979. p. 7-10, 65, 66.
8. Google. Modelo metabólico de plomo en el ser humano [Internet]. Disponible en: <https://www.google.com.sv/search?q=modelo+metabolico+de+plomo+en+el+ser+humano>
9. Elementos. Hierro [Internet]. Disponible en: <http://www.elementos.org/es/hierro>
10. Lenntech. Elementos: Hierro [Internet]. Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm#ixzz2xD6A9O2R>
11. IngeMécánica. Tutorial semanal nº112 [Internet]. Disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn112.html>
12. Doerner M. Los Materiales de Pintura y su empleo en el arte. 6a ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

13. Willard H, Merritt L, Dean J, Settle F. Métodos Instrumentales de Análisis. México: Grupo Editorial Iberoamérica; 1991. p. 237, 238.
14. U.S. Environmental Protection Agency, EPA Method 3050B (Acid Digestion of Sediments, and Soils). Revision 2. July 1992.
15. Metodología propia del laboratorio La Geo

ANEXOS

ANEXO N° 1

INSTRUMENTO DE LA ENTREVISTA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



Encuesta para conocer los colores de las pinturas más frecuentemente utilizadas en la Unidad de Aprendizaje de Serigrafía de la Escuela de Artes de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador.

1. ¿Qué tipo de pinturas se utiliza para Serigrafía en la Escuela de Artes? ¿Se utiliza pura? ¿Qué marca son? ¿Dónde se comercializan?
2. ¿Cuáles y cuantos colores de pinturas son los que más utilizan?
3. ¿Utilizan algún producto para diluir la pintura? ¿Cómo se llama? ¿Cómo lo utilizan? ¿En qué concentración lo utilizan?
4. ¿Se utiliza algún tipo de fijador para la pintura o Serigrafía? ¿Cómo se llama? ¿Cómo lo utilizan? ¿En qué concentración lo utilizan?
5. ¿La persona que tienen contacto con las pinturas utilizan equipo de protección personal?, en caso de utilizar ¿Cuáles son?
6. ¿En qué tipo de fibra se realizan estampados?
7. ¿Cuándo adquieren las pinturas, en el recipiente o en literatura adjunta (Hoja de Seguridad o Certificado de Análisis) hay información sobre la presencia o ausencia de metales?
8. ¿Conoce usted alguna normativa que indique el valor permitido de metales presentes en las pinturas?
9. ¿Conoce usted si a las pinturas se les hace análisis de presencia de metales?
10. ¿Estaría usted interesado en que se le realizaran estudios de metales como Cromo, Cobre, Plomo y Hierro a las pinturas que utilizan con mayor frecuencia? ¿Por qué?

ANEXO N° 2
FOTOGRAFIAS DE PARTE EXPERIMENTAL



a)



b)



c)



d)



e)

Figura N°1. Muestras de Colores de Pinturas: a) color azul, b) color negro, c) color rojo, d) color amarillo, e) color blanco



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura N°2. Preparación de Muestras para realizar la Digestion: a) muestras, b) materiales, c) toma de muestra, d) pesado de porta muestra, e) y f) preparación de muestras



a)



b)



c)



d)

Figura N°3. Realización de Digestión de Muestra de las diferentes pinturas: a) colocación de muestras en digestor, b) digestión, c) filtración, d) recolección del filtrado



a)



b)



c)



d)

Figura N°4. Lectura de Muestra de pinturas en Absorción Atómica: a), b) y c) lectura de muestra, d) grafito

ANEXO N°3

**HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE LOS METALES CROMO, COBRE,
PLOMO Y HIERRO DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN
ATÓMICA UTILIZADO (PROPORCIONADO POR EL LABORATORIO
LAGEO S.A. DE C.V.)**

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EN EL RECETARIO DEL AA VARIAN 240.

Hierro (Fe) N° Atómico 26

Tipo de Llama: Aire/Acetileno

Long. Onda (nm)	Rend. (nm)	Conc (mg/L) para 0.2 Abs	Lamp. Intensidad
248.3	0.2	2.5	15.0
372.0	0.2	25	100.0
386.0	0.2	40	50.0
392.0	0.2	500	2.0

INTERFERENCIAS

Interferencias de ácido nítrico han sido detectadas, con una reducción de señal de hasta el 50% para niveles de ácido nítrico de 200 mg/L. Éste efecto no se puede eliminar ajustando la estequiometría de la llama.

La interferencia ha sido minimizada midiendo en presencia de ácido fosfórico. Es necesario seleccionar una óptima altura de mechero para conseguir la máxima ausencia de interferencias.

Hay evidencias de que concentraciones altas de sulfato pueden reducir ligeramente la señal en la determinación de hierro.

El uso de llama de nitroso-acetileno, elimina todas las interferencias.

EMISIÓN DE LLAMA

Long. Onda 372.0 nm, Rendija 0.2 nm

Tipo de Llama: Aire/Acetileno

Cobre (Cu) N° Atómico 29

Tipo de Llama: Aire/Acetileno

Long. Onda (nm)	Rend. (nm)	Conc (mg/L) para 0.2 Abs	Lamp. Intensidad
324.8	0.5	1.5	100.0
327.4	0.5	3	87.0
217.9	0.2	15	3.0
222.6	0.2	60	5.0
244.2	1.0	400	15.0
218.2	0.2	15	3.0
249.2	0.5	200	24.0

INTERFERENCIAS

No se han detectado interferencias para Cobre en llama de aire-acetileno, pero altas relaciones de Zn/Cu pueden reducir la señal. Esto puede eliminarse con el uso de una pobre llama de aire-acetileno o usando llama de nitroso-acetileno.

EMISIÓN DE LLAMA

Long. Onda 327.4 nm, Rendija 0.2 nm

Tipo de Llama: Oxido Nitroso/Acetileno

Cromo (Cr) N° Atómico 24

Tipo de Llama: Aire/Acetileno

Long. Onda (nm)	Rend. (nm)	Conc (mg/L) para 0.2 Abs	Lamp. Intensidad
357.9	0.2	2.5	40.0
429.0	0.5	20	100.0
520.8	0.2	500	20.0
520.5	0.2	1500	15.0
425.4	0.2	12	85.0

INTERFERENCIAS

Cobalto, Hierro y Níquel (particularmente en presencia de ácido perclórico) causan reducción de señal de absorbancia del Cromo. Esto puede ser eliminado usando una llama de aire-acetileno oxidante o preferiblemente una llama de nitroso-acetileno. No es necesario el uso de supresores de ionización. Muchos autores han encontrado interferencias en llama de aire-acetileno con Cobre, Bario, Aluminio, Magnesio y Calcio. El grado de interferencias depende mayormente de la estequiometría de la llama. Su optimización o el uso de una llama de nitroso-acetileno, pueden eliminar las interferencias.

EMISIÓN DE LLAMA

Long. Onda 425.4 nm, Rendija 0.2 nm

Tipo de Llama: Oxido Nitroso/Acetileno

Plomo (Pb) N° Atómico 82

Long. Onda (nm)	Rend. (nm)	Conc (µg/L) para 0.2 Abs	Lamp. Intensidad
283.3	0.5	27	100.0
217.0	1.0	14	20.0
261.4	0.5	1120	30.0

DATOS ESPECIFICACIONES

Temp. Máxima Calcinado (°C) : 600

Temp. Recomendada Atomización (°C): 2100

Modificadores Recomendados:

Ácido ortofosfórico (1000 µg/mL)

Ortofosfato dihidrógeno amónico (5 mg/mL)

EDTA, citrato, oxalato (0.5 - 1% v/v)

Solución de Paladio (500-2000 µg/mL) más agente reductor como ácido ascórbico

El modificador de fosfato permite una mayor temperatura de calcinado y estabiliza la señal del Plomo.

El uso de EDTA, citrato o oxalato, estabiliza el Plomo, permitiendo atomizar a menor temperatura que usando nitrato o cloruro en matriz.

El modificador de Paladio permite una mayor temperatura de calcinado.

Argón: 10µL de 27 µg/L da sobre 0.2 Abs.

El Plomo es un contaminante común en reactivos y es esencial medir el blanco representativo antes de proceder con el programa analítico.

La temperatura de atomización puede ser alterada por los modificadores químicos. La matriz juega un papel importante en la determinación de las condiciones óptimas de calcinado y atomización. Se recomienda investigar concienzudamente los pasos de calcinado.

La absorción no atómica es mayor en la línea de 217.0, por lo que la ABS MAX es de 0.6 y la MSR del 71%.

REFERENCIA:

Analytical Methods, Atomic Absorption Spectrometry, VARIAN Australia, March 1989.

ANEXO N°4
INFORME DE ANÁLISIS DE LOS METALES EN ESTUDIO

06 de Octubre de 2015

Informe número: 2015-129

Página 1 de 6

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Kristel Valencia
- EMPRESA : Universidad de El Salvador (UES)
- DIRECCIÓN : Final 25 Avenida Norte, San Salvador
- IDENTIFICACION DE MUESTRA : Tinta de serigrafía color azul.
- CONDICIONES DE LA MUESTRA : Aproximadamente 200 gramos de muestra
- FECHA DE TOMA DE MUESTRA : No Especificada
- PROCEDENCIA : No especificada
- PUNTO DE MUESTREO : No especificado
- HORA DE MUESTREO : No especificada
- MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
- CODIGO DE LABORATORIO : 2015- 1416E
- FECHA DE INGRESO : 10 de Septiembre de 2015
- FECHA DE ANÁLISIS : Del 17 de Septiembre al 06 de Octubre de 2015
- FECHA DE REPORTE : 06 de Octubre de 2015

1. Análisis Químico

Parámetro	Resultado	Expresado como	Método	LDC (ppm)**
Cromo	<0.05	ppm (mg de Hg / kg muestra)	1	0.05
Cobre	95.51	ppm (mg de Cu / kg muestra)	2	0.05
Hierro	157.48	ppm (mg de As / kg muestra)	3	0.05
Plomo*	3.00	ppm (mg de Pb / kg muestra)	4	0.0056

NOTAS:

* Análisis acreditados para muestras de agua geotérmica, superficial, residual y potable.

**LDC: Límite de cuantificación / El límite expresado es aplicable para matriz acuosa, donde ppm es equivalente a mg/litro.

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Kristel Valencia
 - EMPRESA : Universidad de El Salvador (UES)
 - DIRECCIÓN : Final 25 Avenida Norte, San Salvador
 - IDENTIFICACION DE MUESTRA : Tinta de serigrafía color negro
 - CONDICIONES DE LA MUESTRA : Aproximadamente 200 gramos de muestra
 - FECHA DE TOMA DE MUESTRA : No Especificada
 - PROCEDENCIA : No especificada
 - PUNTO DE MUESTREO : No especificado
 - HORA DE MUESTREO : No especificada
 - MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
 - CODIGO DE LABORATORIO : 2015- 1417E
 - FECHA DE INGRESO : 10 de Septiembre de 2015
 - FECHA DE ANÁLISIS : Del 17 de Septiembre al 06 de Octubre de 2015
 - FECHA DE REPORTE : 06 de Octubre de 2015

1. Análisis Químico

Parámetro	Resultado	Expresado como	Método	LDC (ppm)**
Cromo	<0.05	ppm (mg de Hg / kg muestra)	1	0.05
Cobre	<0.05	ppm (mg de Cu / kg muestra)	2	0.05
Hierro	12.42	ppm (mg de As / kg muestra)	3	0.05
Plomo*	32.40	ppm (mg de Pb / kg muestra)	4	0.0056

NOTAS:

* Análisis acreditados para muestras de agua geotérmica, superficial, residual y potable.

**LDC: Límite de cuantificación / El límite expresado es aplicable para matriz acuosa, donde ppm es equivalente a mg/litro.

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Kristel Valencia
 - EMPRESA : Universidad de El Salvador (UES)
 - DIRECCIÓN : Final 25 Avenida Norte, San Salvador
 - IDENTIFICACION DE MUESTRA : Tinta de serigrafía color rojo
 -CONDICIONES DE LA MUESTRA : Aproximadamente 200 gramos de muestra
 - FECHA DE TOMA DE MUESTRA : No Especificada
 - PROCEDENCIA : No especificada
 - PUNTO DE MUESTREO : No especificado
 - HORA DE MUESTREO : No especificada
 - MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
 - CODIGO DE LABORATORIO : 2015- 1418E
 - FECHA DE INGRESO : 10 de Septiembre de 2015
 - FECHA DE ANÁLISIS : Del 17 de Septiembre al 06 de Octubre de 2015
 - FECHA DE REPORTE : 06 de Octubre de 2015

1. Análisis Químico

Parámetro	Resultado	Expresado como	Método	LDC (ppm)**
Cromo	14.80	ppm (mg de Hg / kg muestra)	1	0.05
Cobre	<0.05	ppm (mg de Cu / kg muestra)	2	0.05
Hierro	10.35	ppm (mg de As / kg muestra)	3	0.05
Plomo*	123.84	ppm (mg de Pb / kg muestra)	4	0.0056

NOTAS:

* Análisis acreditados para muestras de agua geotérmica, superficial, residual y potable.

**LDC: Límite de cuantificación / El límite expresado es aplicable para matriz acuosa, donde ppm es equivalente a mg/litro.

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Kristel Valencia
- EMPRESA : Universidad de El Salvador (UES)
- DIRECCIÓN : Final 25 Avenida Norte, San Salvador
- IDENTIFICACION DE MUESTRA : Tinta de serigrafía color amarillo
- CONDICIONES DE LA MUESTRA : Aproximadamente 200 gramos de muestra
- FECHA DE TOMA DE MUESTRA : No Especificada
- PROCEDENCIA : No especificada
- PUNTO DE MUESTREO : No especificado
- HORA DE MUESTREO : No especificada
- MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
- CODIGO DE LABORATORIO : 2015- 1419E
- FECHA DE INGRESO : 10 de Septiembre de 2015
- FECHA DE ANÁLISIS : Del 17 de Septiembre al 06 de Octubre de 2015
- FECHA DE REPORTE : 06 de Octubre de 2015

1. Análisis Químico

Parámetro	Resultado	Expresado como	Método	LDC (ppm)**
Cromo	28065.10	ppm (mg de Hg / kg muestra)	1	0.05
Cobre	9.47	ppm (mg de Cu / kg muestra)	2	0.05
Hierro	28.89	ppm (mg de As / kg muestra)	3	0.05
Plomo*	121076.16	ppm (mg de Pb / kg muestra)	4	0.0056

NOTAS:

* Análisis acreditados para muestras de agua geotérmica, superficial, residual y potable.

**LDC: Límite de cuantificación / El límite expresado es aplicable para matriz acuosa, donde ppm es equivalente a mg/litro.

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Kristel Valencia
 - EMPRESA : Universidad de El Salvador (UES)
 - DIRECCIÓN : Final 25 Avenida Norte, San Salvador
 - IDENTIFICACION DE MUESTRA : Tinta de serigrafía color blanco
 - CONDICIONES DE LA MUESTRA : Aproximadamente 200 gramos de muestra
 - FECHA DE TOMA DE MUESTRA : No Especificada
 - PROCEDENCIA : No especificada
 - PUNTO DE MUESTREO : No especificado
 - HORA DE MUESTREO : No especificada
 - MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
 - CODIGO DE LABORATORIO : 2015- 1420E
 - FECHA DE INGRESO : 10 de Septiembre de 2015
 - FECHA DE ANÁLISIS : Del 17 de Septiembre al 06 de Octubre de 2015
 - FECHA DE REPORTE : 06 de Octubre de 2015

1. Análisis Químico

Parámetro	Resultado	Expresado como	Método	LDC (ppm)**
Cromo	<0.05	ppm (mg de Hg / kg muestra)	1	0.05
Cobre	<0.05	ppm (mg de Cu / kg muestra)	2	0.05
Hierro	0.10	ppm (mg de As / kg muestra)	3	0.05
Plomo*	21.74	ppm (mg de Pb / kg muestra)	4	0.0056

NOTAS:

* Análisis acreditados para muestras de agua geotérmica, superficial, residual y potable.

**LDC: Límite de cuantificación / El límite expresado es aplicable para matriz acuosa, donde ppm es equivalente a mg/litro.

Metodologías de Análisis :

1. Análisis de Cromo por absorción atómica, método de Flama. Varian Company (2006), SpectrAA 240, Cookbook, Cr, Atomic Absorption, Varian Australia. Método modificado por el laboratorio.
2. Análisis de Cobre por absorción atómica, método de Flama. Varian Company (2006), SpectrAA 240, Cookbook, Copper, Atomic Absorption, Varian Australia. Método modificado por el laboratorio.
3. Análisis de Hierro por absorción atómica, método de Flama. Varian Company (2006), SpectrAA 240, Cookbook, Iron, Atomic Absorption, Varian Australia. Método modificado por el laboratorio.
4. Análisis de Plomo por absorción atómica, método de horno de grafito. Varian Company (1997), SpectrAA 220, version 2.10 FS, Cookbook, Plomo, Atomic Absorption, Varian Australia. Método modificado y validado por el laboratorio.

Atentamente,



Ing. Kevin Padilla
Coordinador Laboratorio Geoquímico
e-mail: kpadilla@lago.com.sv

LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS REMITIDAS.
PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME.

C.C. Archivo Laboratorio.

ANEXO N°5

CARTA DE REMISIÓN DEL DOCUMENTO INFORMATIVO A LA ESCUELA DE ARTES

San Salvador, julio de 2025

Licenciado Miguel Mira Mira
Director de Escuela de Artes
Facultad de Ciencias y Humanidades
Universidad de El Salvador

Respetable Licenciado Mira Mira

Reciba un cordial saludo y deseando éxitos en sus labores cotidianos. Por medio de la presente, nos dirigimos a usted, para remitir una copia digital de nuestro trabajo de investigación titulado **“Determinación de Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en Pinturas para Serigrafía Utilizadas en la Escuela de Artes de la Universidad de El Salvador”** realizado para optar al grado de Licenciadas en Química y Farmacia. Consideramos que dicho trabajo podría contener elementos de interés para hacer más seguro el trabajo en la escuela de artes.

Sin más a que hacer referencia, nos despedimos.

Atentamente,

Yanira Esmeralda López Ramírez, carnet N° LR05025

Ana Kristel Valencia De la Rosa, carnet N° VD00001

ANEXO N°6

DÍPTICO “MEDIDAS DE PREVENCIÓN CON PINTURAS PARA SERIGRAFÍA”

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Uso de Equipo de Protección Personal (EPP):
 - Mascarilla con filtro para vapores
 - Guantes resistentes a químicos
 - Gafas de seguridad.
 - Ropa de manga larga y delantal protector.
- Trabajar en un área bien ventilada o con extractores de aire.
- Mantener los envases bien cerrados cuando no estén en uso.
- No fumar ni generar chispas cerca de las pinturas.



Medidas de Prevención en Trabajos con Pinturas para Serigrafía



La Serigrafía es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes, que se realiza sobre cualquier material, y consiste en transferir una tinta a través de una malla tensada en un marco.

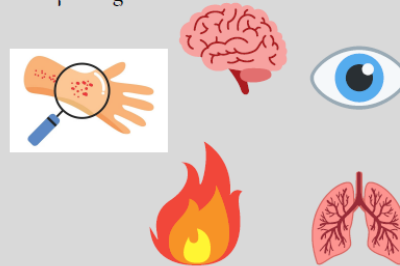


Según investigaciones, existe concentración de metales pesados como Cromo, Cobre, Plomo y Hierro en las pinturas utilizadas para serigrafía, principalmente Plomo, mayormente en la pintura color amarillo.

La toxicidad de estos metales en las pinturas, pueden afectar la salud de los usuarios.

Riesgos Asociados al Trabajo con Pinturas

- Inhalación de vapores tóxicos.
- Contacto con la piel y ojos.
- Riesgo de incendio por productos inflamables.
- Problemas respiratorios por exposición prolongada.



Efectos de los Metales sobre la salud:

- Daños al sistema nervioso
- Problemas respiratorios
- El uso constante sin la debida protección podría causar inicialmente irritación, inflamación, ulceraciones y dermatitis crónica.

Fuente: Elaboración propia.