



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA: QUÍMICA FARMACEÚTICO BIOLÓGICA

DIPLOMADO EN QUÍMICA LEGAL

TESINA

**DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE PLOMO POR ESPECTROSCOPIA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA EN LÁPICES LABIALES**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO FARMACEÚTICO BIÓLOGO**

**PRESENTA:
MARÍA DEL REFUGIO GALLARDO MÁRQUEZ**

**ASESOR:
M. en C. RODOLFO CARREÓN SÁNCHEZ**

MÉXICO D.F.

ABRIL 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Objetivos	5
4. Planteamiento del Problema.....	6
5. Tipo de Estudio	6
6. Importancia del Estudio	7
7. Limitaciones del Estudio	9
8. Marco Teórico	
8.1 La Historia.....	10
8.2 Las Propiedades Fisicoquímicas del Plomo.....	10
8.3 Los Usos de los Compuestos del Plomo.....	11
8.4 La Importancia del Plomo.....	12
8.5 Las Fuentes Contaminantes del Plomo.....	12
9. Toxicología del Plomo	
9.1 Absorción, Distribución y Eliminación	20
9.2 Intoxicación Aguda por Plomo.....	21
9.3 Intoxicación Crónica por Plomo	22
9.4 Diagnóstico.....	27
9.5 Tratamiento.....	28
10. Regulación Sanitaria del Uso de Plomo en Cosméticos en México	

10.1 Ley General de Salud.....	30
10.2 Normas Oficiales y Dispositivos Legales para el Control de Plomo en Cosméticos	31
10.3 Acuerdo de Sustancias Prohibidas y Restringidas.....	32
10.4 NOM-141-SSA-1-1995.....	33
10.5 NOM-118-SSA1-1994.....	34
11. Marco Regulatorio Internacional para el Uso de Plomo en Cosméticos	
11.1 Normatividad en Estados Unidos	36
11.2 Normatividad en la Comunidad Europea.....	37
12. Formulaciones Típicas de Productos Cosméticos de Color	
12.1 Máscaras de Pestañas.....	40
12.2 Sombras para Ojos en Crema.....	41
12.3 Delineadores para Ojos.....	42
12.4 Lápices de Madera.....	42
12.5 Lápices de Labios.....	43
12.6 Sombras Compactas.....	44
13. Espectroscopia de Absorción Atómica	
13.1 Fundamentos de Espectroscopia de Absorción Atómica ...	46
13.2 Espectroscopia de Absorción Atómica sin Flama.....	54
13.3 Límites de Detección.....	55

13.4 Calibración.....	56
14. Determinación de Plomo en Productos Cosméticos por Espectroscopia de Absorción Atómica.....	57
15. Casos Forenses de Envenenamiento por Plomo en Cosméticos	
15.1 Casos de Intoxicación en Cosméticos para Ojos.....	64
15.2 Acciones Gubernamentales para Evitar la Intoxicación por Plomo en Productos Cosméticos.....	67
16. Discusión de Resultados.....	70
17. Conclusiones	72
18. Referencias Bibliográficas.....	73

1. RESUMEN

Este trabajo aborda la problemática que guarda la determinación del contenido de plomo en lápices labiales, productos cosméticos comerciales de venta en México que, en cuyo caso de encontrarse por encima de los límites de seguridad aprobados por la legislación mexicana constituyen un alto riesgo de salud pública para los consumidores por las afectaciones a largo y mediano plazo que se pueden presentar. Así como también mostrar cuales son los mejores métodos de análisis instrumental para la cuantificación del metal mencionado. De igual forma se pretende presentar los lineamientos regulatorios para la industria cosmética en el uso de este metal y compararlos con los existentes a nivel internacional con fines forenses.

2. INTRODUCCIÓN

El plomo fue uno de “los siete metales del mundo antiguo”, data de por lo menos 3,500 años A.C. Una gran variedad de artefactos fabricados con este metal fueron usados durante esa época. El uso del plomo a gran escala no ocurrió sin embargo, hasta que los romanos desarrollaron un método muy elaborado para distribuir el agua en sus poblados. La cantidad de plomo usada por estos fue extraordinaria, por ejemplo para construir el acueducto de Lyon, usaron al menos 12,000 toneladas de plomo por cada sección. Había un gran peligro transportando el agua de esta forma pero se cree que el plomo absorbido por los ciudadanos de esta manera era menor comparada con la absorbida por el uso del acetato de plomo, también llamado “azúcar de plomo”, el cual adicionaban deliberadamente al vino para mejorar su sabor o prevenir contaminantes microbianos, no se sabe si conocían a detalle el daño que este elemento podría causar pero ya para entonces se empezaron a detectar sus efectos adversos pues Plinio escribió: “el uso excesivo de tal vino desarrolla parálisis en las manos” y Dioscorides menciona que: “los vinos tratados son peligrosos para los nervios”. En la cúspide del imperio Romano se estimaba que la producción de plomo excedía las 80,000 toneladas al año. La resultante debilidad asociada con la exposición constante al plomo se cree que fue uno de los principales factores que desencadenaron la caída del imperio.¹

El plomo es un metal grisáceo, azulino que se halla en forma natural en pequeñas cantidades en la corteza terrestre, bajo diversos compuestos es usado en numerosos tipos de industrias y actividades como la minera, fundidoras, refinerías, producción de materiales industriales, pigmentos para pinturas, alfarería, cables, productos químicos y antidetonantes en gasolinas. La exposición al plomo en cualquiera de sus formas constituye un riesgo para la salud ya sea que se ingiera, o se respire tanto durante la exposición ocupacional como en la doméstica.²

Se puede inhalar el plomo a través de polvos o vapores emitidos por las industrias, vehículos automotores, etcétera o bien, ingerirse en alimentos,

agua, polvo o tierra contaminados por plomo. En la actualidad lo podemos encontrar tanto en el ambiente urbano como en el rural. ^{2,3}

La cantidad de plomo en circulación, o la que se ha emitido por su uso en otros productos es enorme. En 1979, en los Estados Unidos se añadieron al abastecimiento de este metal 731,000 toneladas de plomo, de las cuales en ese mismo año se utilizaron 187,000 toneladas en aditivos de gasolina un poco por abajo de las 253,000 toneladas usadas en 1970. En 1971 el congreso de los Estados Unidos emitió una ley que obligaba a que el contenido de plomo en la gasolina fuera de menos del 1% y en 1977 fue reducido a 0.06%. Un buen ejemplo de cómo estas medidas tuvieron sus efectos positivos en los niveles de plomo fue en 1990 cuando un estudio practicado a bebés del sexo femenino en ese mismo país demostró que los niveles de plomo adquirido habían bajado de 45 a 4.3 µg por día. ¹

En el caso de pinturas industriales el uso del plomo se prohibió en 1991 en Estados Unidos y en México en el 2004 se restringió su uso a pigmentos anticorrosivos en pinturas y recubrimientos para mantenimiento de barcos, plataformas y en general de objetos que estén en contacto constante con agua de mar y ambientes agresivos de corrosión. ²

Se estima sin embargo, que a la fecha una buena cantidad de plomo de los aditivos de la gasolina y de las pinturas está aún distribuida en la superficie terrestre por su uso excesivo en el pasado. Estas fuentes de contaminación son comúnmente conocidas por la población, pero mucha gente no está alertada del riesgo del envenenamiento por plomo tanto en niños como en adultos por una fuente fácilmente disponible como los tradicionales cosméticos para ojos conocidos como Kohl, Al-kahl o Surna o Surma. ³

Los efectos tóxicos del plomo son el resultado de su acción sobre el encéfalo y sistema nervioso periférico. El nombre dado a la conjunción de síntomas debidos a la ingesta de plomo se llama saturnismo. Hace algunas décadas no eran raros los casos de encefalopatía saturnina causada por exposición a

pinturas a base de plomo en niños que vivían en casas construidas antes de 1940.^{1,3}

En casos de envenenamiento agudo los hallazgos patológicos incluyen inflamación de la mucosa gastrointestinal y degeneración de los túbulos renales. En la intoxicación crónica ocurre edema cerebral y degeneración de los nervios y células musculares. A concentraciones altas se asocia con un bajo desempeño en el rendimiento escolar, discapacidad a nivel intelectual, distracción, hiperactividad, desorganización y menor capacidad para seguir instrucciones, además de anemia. Cuando el nivel de exposición al plomo es alto en útero, el efecto puede ser devastador para el feto, causando serios problemas neurológicos, puede provocar bajo peso al nacer o nacimientos prematuros e incluso muerte fetal.²⁻⁴

El uso de compuestos de plomo como materias primas para la elaboración de productos cosméticos está regulado para no rebasar los límites de riesgo tanto en límites de concentración o incluso trazas tanto en México como en otras naciones a través de las autoridades sanitarias respectivas. Su determinación cuali-cuantitativa por los fabricantes es una buena medida de Control de Calidad para garantizar la inocuidad de los productos a los usuarios y debe ser regulada de una manera más rigurosa para ofrecer productos seguros para su consumo. Algunos ejemplos de uso son el acetato de plomo que puede ser adicionado bajo ciertas concentraciones a los tintes de cabello progresivos, puede encontrarse en trazas en pigmentos grado Medicamentos, Alimentos y Cosméticos (M, A y C) para adicionarse a productos de color generalmente como lápices labiales, delineadores de ojos, máscaras para pestañas, sombras de ojos y rubores.⁵

3. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Proporcionar información confiable sobre la cuantificación de plomo por Espectroscopia de Absorción Atómica en lápices de labios, Productos Cosméticos comercialmente disponibles en México.

Objetivos Particulares

1. Informar sobre la toxicidad del plomo como contaminante en cosméticos y su repercusión negativa sobre la salud del ser humano.
2. Determinar si la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica es confiable para la cuantificación de plomo en matrices complejas de productos cosméticos como lápices labiales para ser aplicada en el campo de la química forense para la verificación de límites permisibles o ausencia de este contaminante en dichos productos.
3. Realizar un análisis comparativo de las diferentes regulaciones gubernamentales de salud para México, Estados Unidos y la Comunidad Europea.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema se enfoca en que en la actualidad no existe una norma oficial nacional o internacional específica para la cuantificación de plomo en productos cosméticos, de tal forma que al no ser de carácter regulatorio la determinación en este contaminante, no se realiza en el producto terminado y muchas veces tampoco en las materias primas. Los fabricantes usualmente confían en lo que reportan sus proveedores colocando en un nivel de riesgo a los consumidores finales.

Este estudio establece por lo tanto que la Espectroscopia de Absorción Atómica es un método adecuado para la determinación de plomo y complementado con el uso de un Digestor de Microondas ya que se han hecho estudios que demuestran que el método es específico, exacto, sensible y que se logra rapidez en la obtención de resultados.

De tal forma que pueda ser utilizado como base para la implementación de técnicas de análisis en las compañías privadas y en consecuencia proteger a los consumidores y evitar una intoxicación por el uso excesivo de algunos productos comerciales con altos contenidos de plomo.

5. TIPO DE ESTUDIO

Es una tesina monográfica, descriptiva y retrospectiva.

6. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La importancia de la investigación bibliográfica radica en resaltar la responsabilidad social que los fabricantes tienen con los usuarios finales para ofrecerles solo productos seguros y que puedan ser usados con la confianza de que estos no causarán ningún daño a su salud, se pretende determinar cual es el método analítico más usado para la determinación de plomo en cosméticos y establecer las bases para implementar un estudio similar que pueda ser confiable, desarrollado y validado posteriormente por los fabricantes en la determinación del contenido de plomo en sus productos y que de esta manera también puedan cumplir con las regulaciones sanitarias sobre todo en compañías exportadoras quienes se enfrentan a las exigencias de un mercado global, pues actualmente los esfuerzos de la Administración de Drogas y Alimentos (FDA por sus siglas en inglés) se centran principalmente en productos que entran en su país más que en los suyos fabricados internamente, de tal forma que un muestreo de revisión no es extraño antes de cruzar la frontera de entrada a Estados Unidos.

Como se ha mencionado, en México no existe un método de ensayo específico para productos cosméticos y por lo tanto su determinación es muy esporádica o casi nula sobre todo por compañías en desarrollo que carecen de una estructura sólida con laboratorios analíticos bien establecidos, además existe poca información en español del tema lo que lo hace menos accesible. Así mismo, por la peligrosidad del plomo en los cosméticos un contenido alto por arriba de 20 ppm que son los límites permisibles por la autoridad sanitaria para las materias primas se podría provocar el retiro de productos ya distribuidos en el mercado, representando pérdidas económicas importantes para las compañías manufactureras.

Desafortunadamente en los últimos años la penetración en masa de productos asiáticos y orientales en el mercado mexicano ha tenido un impacto económico muy negativo para las compañías legalmente establecidas en México y preocupadas por el cumplimiento de las normas, las compañías extranjeras

infractoras de las leyes logran producir productos muy baratos a precios muy por debajo de los de sus similares, lo que representa una competencia desleal pues quienes cumplen las regulaciones deben tener mecanismos de Control de Calidad que representan costos cargados al producto y los otros no. La forma en que lo logran es entre otras, a través de la utilización de materias primas grado industrial no autorizadas para uso cosmético, tales materiales son desde luego sustancialmente más baratos pero con una afectación de consideración en la salud del usuario que al no estar alertado de los riesgos, utiliza los productos de manera continua exponiéndose a la absorción del plomo que contienen.

7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de esta tesina se recopiló información bibliográfica concerniente a los efectos tóxicos del plomo sobre la salud y al ser un trabajo de investigación bibliográfica se consultaron referencias de trabajos publicados relacionados con el desarrollo de métodos donde usan la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica en lápices labiales y formulaciones similares, se consultaron fuentes del año 1990 al 2007.

La búsqueda de referencias bibliográficas se llevó a cabo en Bibliotecas consultando libros relacionados con el tema y revistas de carácter científico como el International Journal of Cosmetic Science, Journal of Contact Dermatitis, Pakistan Journal of Analytical Chemistry, etc.

Se utilizó Internet, se consultaron páginas de la base de datos de la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM por medio del buscador para temas científicos Scifinder y se contrató la asesoría profesional de la compañía especializada en investigación llamada Servicio de Resúmenes Químicos (Chemical Abstracts Service).

8. MARCO TEÓRICO

8.1 LA HISTORIA

Ya se describió como los romanos usaron este metal adicionando el acetato de plomo al vino y los efectos negativos que tuvieron sobre la salud como dolor abdominal, de articulaciones, de cabeza, así como ceguera y disturbios mentales alcanzando la locura en casos extremos.¹

Los primeros en describir las consecuencias del plomo fueron Hipócrates de Cos (370 AC) quien detalla los síntomas en trabajadores con plomo, Nicanor en el siglo II AC encontró una relación directa por exposición al plomo en estreñimiento, cólico, palidez, parálisis y perturbaciones de la visión. Plinio el viejo y Paracelso describen el envenenamiento por plomo en trabajadores de navíos y varios siglos después Bernardo Ramazzini en 1773 describe temblor y parálisis en las manos de alfareros que usan plomo en el glaseado. El primer autor moderno que describió el envenenamiento ocupacional fue Tanquerel des Planches quien realizó un estudio publicado en 1839 basado en 12,000 casos de intoxicación por plomo. Este estudio es tan completo que incluso hoy en día es muy poco lo que se ha agregado a la descripción de signos y síntomas por esta intoxicación. En 1897 en Brisbane, Australia se realizaron por primera vez los registros documentales acerca de la intoxicación por plomo en niños debido a pinturas a base de ese metal y en 1920 se emitió ahí mismo la primera acta orientada a prevenir la intoxicación por pintura contaminada con este metal. En los Estados Unidos el saturnismo ocasionado por este tipo de pintura se documentó en la primera década del siglo XX. Al inicio de los primeros estudios se creía que si un niño se recuperaba de la etapa aguda del padecimiento no habría secuelas. Estudios posteriores han demostrado lo contrario, ya que ha quedado de manifiesto que los trastornos por intoxicación por plomo pueden ser irreversibles.^{3,4}

8.2 LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PLOMO

El plomo es un metal natural de la corteza terrestre en donde se le encuentra principalmente como sulfuro de plomo (también llamado galeana), en concentraciones de 16 ppm. El plomo es un metal muy blando, maleable y

dúctil de color gris azulino plateado que se halla en forma natural en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. No tiene olor ni sabor especial, tiene un punto de fusión de 327.4°C, un punto de ebullición de 1,740°C y una densidad relativa^{2,4,6} de 11.34 g/cm³.

8.3 LOS USOS DE LOS COMPUESTOS DEL PLOMO

El plomo en diversos compuestos es usado en numerosos tipos de industrias y actividades. Las más importantes son la industria minera, fundidoras, refinerías, producción de materiales industriales, pigmentos para pinturas, alfarería, cables, productos químicos y antidetonantes.² Otros compuestos de plomo son usados como tipos metálicos para máquinas de escribir, baterías de almacenamiento, pinturas industriales, soldaduras, cubrimientos de cables eléctricos, vidriado de alfarería, gomas, juguetes, gasolina y aleaciones de latón. Otras fuentes incluyen cuentas de plástico o joyería, whisky ilegal, esmaltado de alfarería casera, polvo en galerías de tiro, cenizas y humo producto de la combustión de madera vieja pintada, periódicos, revistas, contenedores de batería y pigmentos de pintura artística.⁷

En la industria química y de la construcción las aleaciones de plomo (principalmente con antimonio y estaño) se usan en tuberías y revestimiento de cables a los que proporciona resistencia a los ácidos y la humedad. Las aleaciones de plomo con estaño se utilizan en soldaduras para aplicaciones eléctricas. Los pigmentos con plomo son muy apreciados por su colorido y bajo costo. El cromato de plomo o amarillo de plomo, el oxiclورو de plomo o amarillo de Cassel se utilizan como pigmentos y estabilizadores en pinturas y plásticos. Los barnices de plomo dan dureza y brillo a la cerámica. Se utiliza también en la construcción para disminuir el ruido y la vibración y proteger de la radioactividad.⁸

El tetraetilo y el tetrametilo de plomo se adicionaban a la gasolina como antidetonante. Se dice que solo desde 1720 a 1997 se añadieron más de 63 millones de toneladas de plomo a los suministros de los Estados Unidos. Por lo tanto la cantidad de plomo en circulación o la que se ha perdido por su uso sigue siendo enorme en nuestros días y podemos estar expuestos a este a través del medioambiente por los vapores emitidos por las gasolinas. Existen

muchas fuentes de plomo en el medioambiente, el plomo puede estar presente en altas concentraciones en algunas muestras de agua y gasolina.⁷

8.4 LA IMPORTANCIA DEL PLOMO

El plomo es un metal pesado, la corteza terrestre contiene de forma natural plomo que se esparce por el medio ambiente en cantidades pequeñas debidas a procesos naturales.⁹

El plomo también pasa al medioambiente a causa de las actividades humanas, en cuyo caso las cantidades son 300 veces más altas que cuando el fenómeno se debe a procesos naturales. Se acumula en el medio ambiente, no es biodegradable y no disminuye en toxicidad con el paso del tiempo. Es tóxico cuando se ingiere o se inhala. El plomo circula por la sangre, lo reabsorben los riñones y el cerebro y queda depositado en los huesos y dientes. Desde hace milenios se sabe que es tóxico cuando se está en contacto con cantidades excesivas. Tras laboriosas investigaciones, hace poco tiempo que se ha descubierto la toxicidad del plomo cuando se está en contacto con cantidades pequeñas.⁹

Un factor clave que determina la toxicidad del plomo es su biodisponibilidad, este término describe la transferencia y absorción del elemento en la cadena alimenticia. En el caso del plomo la absorción del elemento es alta.⁷

8.5 LAS FUENTES CONTAMINANTES DE PLOMO

Los seres humanos están en contacto con el plomo a través del aire, el polvo, el agua y los alimentos, hay millones de niños y adultos que están en contacto con cantidades excesivas de plomo en el medio ambiente, en el hogar, en el colegio y en el lugar de trabajo. La exposición a este contaminante constituye un problema de salud pública en todo el mundo, particularmente para los países en vías de desarrollo. El plomo no tiene ninguna función biológica en los organismos vivos, sin embargo su utilización en diversas actividades humanas constituye una fuente de exposición para todos los grupos de edad tanto para los ocupacionalmente expuestos así como para la población en general.⁹

Las vías de exposición que resultan de su uso incluyen el aire, la comida, el agua, el polvo, el suelo y la pintura, en situaciones específicas existen otras

vías también importantes como el uso de cosméticos como el Khol. Cabe señalar que las fuentes y las vías de exposición varían de un área a otra y de un país a otro, por ejemplo en los Estados Unidos de Norteamérica la pintura con plomo es la fuente principal de exposición a este metal en la población infantil mientras que en México la cerámica vidriada con plomo es la fuente principal de exposición¹⁰ como se muestra en la figura 1.

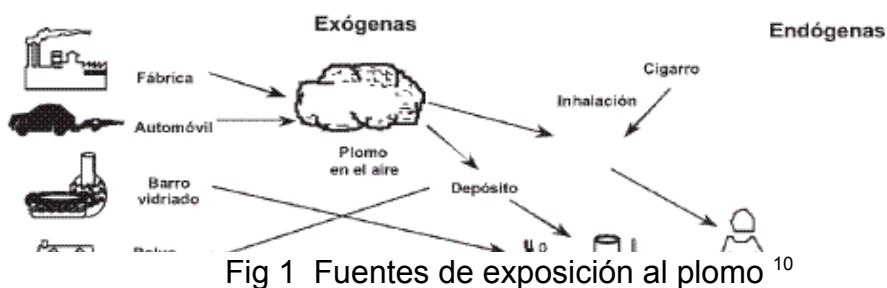


Fig 1 Fuentes de exposición al plomo ¹⁰

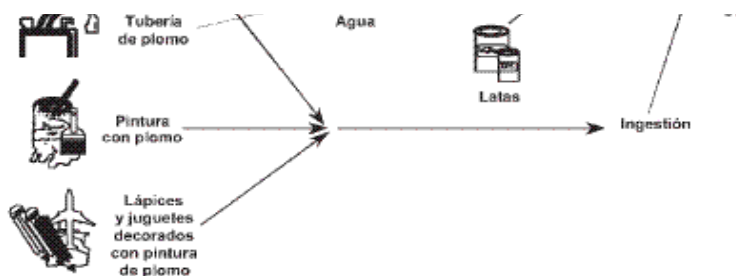


FIGURA 1. FUENTES DE EXPOSICIÓN A PLOMO

Entre los grupos de mayor riesgo a los productos químico-tóxicos están los neonatos y los niños menores de 10 años, debido a la extremada susceptibilidad y vulnerabilidad de su organismo, ya que sus características funcionales y estructurales durante este ciclo vital son diferentes a las de niños mayores o adultos. Medido en sangre, el plomo se encuentra de manera general en cantidades más elevadas en zona urbanas que en zonas rurales. Las poblaciones de los países en desarrollo y en especial los niños pueden estar en contacto con mayores cantidades de plomo a falta de una

reglamentación de las emisiones industriales y de las emisiones de los vehículos que consumen gasolina con plomo, así como por el escaso grado de cumplimiento de los reglamentos de higiene y de seguridad ambiental y laboral de las industrias artesanales o domésticas (por ejemplo las industrias de pulimento y fundición de metales) y ciertas prácticas culturales como el empleo de medicamentos populares que contienen plomo, se ha encontrado también una relación con el empleo de utensilios de cerámica para cocinar y guardar alimentos así como el empleo de cosméticos contaminados con plomo.^{9,10} Muchos países incluyendo México enfrentan una larga y no reconocida lucha contra la epidemia que resulta del envenenamiento por niveles bajos de plomo. Para 1990 México fue el decimotercer país productor de este metal, con una producción cercana a las 140,000 toneladas de las cuales se exportó el 60%, las principales regiones productoras fueron Chihuahua, Zacatecas e Hidalgo, casi dos terceras partes de la producción se destinó a producir óxidos de plomo, que sirvieron entre otros usos como materia prima para las industrias del hierro, del acero, del papel, textil, cerámica así como para elaborar pigmentos y en la fabricación de acumuladores.^{5, 11,12}

La Contaminación para el Medio ambiente: El acelerado crecimiento de la zona metropolitana de la ciudad de México durante las dos últimas décadas la ha transformado en una de las megaurbes más importantes del mundo, en esta zona habita más del 20% de la población total del país y se centraliza la actividad industrial, política y comercial, al mismo tiempo se concentran ciertos riesgos entre los que destacan la contaminación ambiental como consecuencia del consumo de combustible. El plomo ambiental se reconoce como uno de los riesgos más importantes en la salud, para 1994 se estimaba que se consumían alrededor de 14 millones de litros de gasolina con plomo en la ciudad de México. El gobierno reconoció este problema e impulsó la disminución del uso de tetraetilo de plomo en la gasolina. Para 1994 la gasolina tipo Nova contenía entre 0.5-1.0 mL de tetraetilo de plomo, la introducción de la gasolina tipo Magna Sin conteniendo solo 0.1 mL de tetraetilo de plomo por galón fue un gran avance.¹²

Se han realizado también estudios de monitoreo ambiental encontrando una relación geográfica con los niveles de plomo por ejemplo, se determinó que durante 1990 la zona industrial de Xalostoc donde el tráfico vehicular y las

emisiones industriales eran particularmente altas, el nivel de plomo en la atmósfera excedía los $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en el sur de la ciudad en una zona residencial como el Pedregal se encontraron menos de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estos datos demostraron también una vinculación directa con las emisiones contaminantes de las gasolinas con los niveles de plomo en sangre ya que los infantes que vivían en la zona con emisiones de plomo más alta obtuvieron un Nivel de Plomo en Sangre (NPS) de $15.5 \mu\text{g}/\text{dL}$ mientras que los que vivían en zonas residenciales tenían $10.3 \mu\text{g}/\text{dL}$. Otro informe relacionado indica que gracias a las acciones gubernamentales de reducción de plomo en la gasolina, de 1990 a 1992 los NPS descendieron de 16.6 a $11.14 \mu\text{g}/\text{dL}$ y de 1992 a 1994 continuaron disminuyendo hasta $5 \mu\text{g}/\text{dL}$.^{8,11}

En el estado de Morelos en el año 1996 se realizó un estudio similar encontrando también la misma constante, NPS altos en zonas altamente pobladas y con mayor tráfico vehicular y valores menores en las zonas menos densas. Los NPS encontrados fueron de $2.09 \mu\text{g}/\text{dL}$ en los niños que vivían en zonas de alto tráfico vehicular y menor al valor anterior en las de poco tráfico. En Cuernavaca para 1996 aún se distribuía el tipo de gasolina Nova Plus así que este es uno de los factores que explica el comportamiento de los NPS y su relación con las emisiones vehiculares. Afortunadamente en la actualidad el factor de las gasolinas con plomo ya no se reporta como el determinante para explicar los niveles de plomo en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara, como lo había sido en fases previas a la reconversión de las gasolinas que evidentemente ha favorecido la disminución de la contaminación ambiental.¹³

Este hecho fue ampliamente demostrado en un estudio realizado con datos de 1988-1998 donde se demuestra que las concentraciones de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana y valle de México han descendido durante las últimas décadas como resultado de diversas acciones enfocadas a la disminución del uso del plomo en la gasolina, el cierre de la refinería de Azcapotzalco y la reducción en el número de automóviles circulantes con el programa hoy no circula puesto en marcha de manera obligatoria en 1989. La introducción de gasolina sin plomo y de los convertidores catalíticos se asoció con un descenso en la concentración de plomo atmosférico en porcentajes muy

importantes por ejemplo, de 1988 a 1990 la disminución por efecto de la introducción de la gasolina sin plomo y los convertidores catalíticos nuevos logró el descenso del 23% en el plomo ambiental, para 1991 cuando las dos medidas mencionadas estaban ya vigentes (cierre de la refinería y programa hoy no circula) se logró la disminución en un 52%, en 1992 se logró un decremento hasta del 73% del plomo ambiental y en 1994 del 82%, finalmente la eliminación total del plomo en los diferentes tipos de gasolina.⁸

En agosto de 1997 dio como resultado el logro de un 89%. Es importante señalar por lo tanto los esfuerzos gubernamentales para la reducción de este contaminante en las gasolinas específicamente, la Norma Oficial Mexicana vigente NOM-026-1993, establece que la contaminación de plomo como contaminante atmosférico no debe rebasar el valor de 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un período de tres meses promedio aritmético, como protección a la salud de la población susceptible.¹⁴

La Exposición Ocupacional: Los problemas de salud laboral causados por plomo ocurren principalmente en la metalurgia y minería extractiva, así como en la industria informal de fabricación de acumuladores eléctricos por extracción de plomo a partir de baterías recicladas.⁴ En estudios hechos en Zacatecas se encontró que en una empresa de desbismutación del plomo, donde se manejan compuestos ricos en este metal, una vez recuperado el bismuto el resto se convierte en deshechos, el manejo inadecuado de estos fue el causante de numerosos problemas ambientales en este estado como la contaminación de los terrenos aledaños a la empresa los cuales se encontraron en un rango de concentración de plomo de entre 73 a 84,238 $\mu\text{g}/\text{g}$ de muestra, en cuanto a los NPS en niños se encontró que este valor estaba por debajo de los 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ que establece como seguros la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, esta concentración ubica al afectado en un nivel seguro y no se establece ninguna acción específica para su protección sin embargo, algunos autores señalan que aún a concentraciones bajas se producen daños a la salud en los niños cuando la exposición es constante.^{15,16}

En Estados Unidos la Agencia de Alimentos y Medicamentos (Food and Drug Administration o FDA por sus siglas en inglés) advirtió en 1998 que los trabajadores incluyendo pintores, instructores de armas de tiro, reparadores de

autos y trabajadores de la construcción además de estar ellos mismos expuestos a este contaminante podrían ser los portadores del plomo a sus casas transportándolo en sus ropas, manos y cabello exponiendo así a sus familias. Para proteger a los trabajadores de tal exposición la Administración Ocupacional de Salud y Seguridad exigió a las compañías cambiar de lugar de trabajo a aquellos trabajadores cuyos niveles de plomo en sangre alcanzaran los 50 $\mu\text{g}/\text{dL}$.¹⁷

La Cerámica Vidriada: En México la cerámica vidriada o loza de barro vidriada es ampliamente utilizada para cocinar, guardar, servir alimentos y bebidas sobre todo por la población de bajos recursos económicos; esta cerámica tradicional es cocida a bajas temperaturas y por lo tanto el plomo permanece en este material y se libera a los alimentos. Sustancias ácidas como el chile, jitomates y jugo de limón ayudan a incrementar la contaminación por plomo ya que este es más soluble a pH ácidos, también se ha demostrado que el tiempo de contacto es determinante y que si el utensilio es muy viejo libera más cantidad de plomo. En 1990 un estudio realizado en Estados Unidos en artículos de barro populares mexicanos que se vendían en la frontera entre este país y México se encontró que el contenido de plomo era de 0.33 hasta 3,620 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (la prueba se hizo utilizando un ácido para extraer el plomo y por ello se reporta por mL) el uso de este tipo de cerámica es desde luego, una importante fuente de exposición al plomo.^{12,18,19}

En cuanto a normatividad en este rubro la Norma Oficial Mexicana NOM-006-SSA1-1993 establece que el contenido de plomo liberado por cualquier artículo cerámico, destinado a contener alimentos, bebidas y para uso recreativo debe cumplir con ciertos límites que van desde 2.5 a 7.0 ppm dependiendo de ciertas características del utensilio. En el caso de barro vidriado va desde 7.5 a 210 ppm también dependiendo de las características de la vasija, estos niveles son altos comparados con los de Estados Unidos que establecen que los utensilios que tengan un mayor tiempo de contacto con los alimentos deberán contener un máximo de 0.5 ppm.¹⁷

Las Latas y la Comida Enlatada: Gracias a su biodisponibilidad el plomo puede pasar de los materiales de empaque a los alimentos que contienen. En un estudio realizado en 1990 se demostró que la latería soldada con plomo y

con diferentes tipos de recubrimientos se liberaban de 0.003 a 3.70 mg de plomo por Kg. En México de acuerdo a la Secretaría de Ecología desde 1991 se convino con la industria alimentaria la eliminación del uso del plomo para este propósito.^{5,12}

En los Estados Unidos de Norteamérica para 1996 aún con la prohibición de latas soldadas con plomo se llegaron a encontrar algunas de estas latas, sobre todo en tiendas pequeñas de alimentos tradicionales de otros países que llevan de manera ilegal de otros países donde no se tiene esta restricción convirtiéndose en otro riesgo potencial para ellos.¹⁷

El Agua: En México ya que muchas tuberías soldadas con plomo usadas para la conducción del agua eran aún distribuidas hasta antes de 1991 y que estas no fueron reemplazadas después de esta fecha se predeciría un alto contenido de plomo en el agua sin embargo, un estudio realizado en 1994 demostró que el contenido era de 0.1 ppb debajo del lineamiento de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establecía 0.001 ppm como límite seguro, la causa de tales niveles de plomo tan bajos se explicó por el hecho de que el agua de la Ciudad de México es alcalina y por lo tanto precipitó el plomo disminuyendo su disponibilidad para los consumidores. Para los Estados Unidos los requerimientos de la FDA establecen que el agua embotellada deberá contener como máximo 5ppb y si excede este límite se deberá realizar el retiro del mercado así como implementar acciones gubernamentales, no se tienen datos que muestren que sea un peligro serio de riesgo de contaminación en este país.^{12,17}

Las Pinturas y los Pigmentos: Las pinturas que contienen cromato de plomo han sido frecuentemente usadas en México, en 1990 algunas de ellas alcanzaban un porcentaje de hasta el 50% en pinturas de exteriores usadas ampliamente en carreteras y puentes peatonales. Los compuestos de plomo no son solubles en agua pero si en ácidos y por lo tanto el plomo puede ser liberado por contacto con la lluvia ácida o agua de drenaje. En el caso de lápices de colores se determinó que los lápices de colores brillantes tenían un contenido más alto de plomo y que los niños están más expuestos a la contaminación ya que tienden a morderlos y pueden por lo tanto ingerir los trozos desprendidos ocasionando envenenamiento.^{9,12}

Los Juguetes: A pesar de que las pinturas con plomo están prohibidas para su uso en juguetes aún para el año 2006 se menciona en foros de la Organización Mundial de la Salud que a pesar de que no existe una recopilación sistemática de información sobre enfermedades, lesiones o decesos debidos a la presencia de productos químicos en juguetes, existen informes en la literatura médica de casos individuales de envenenamiento agudo por metales pesados como el plomo. Así mismo informa que se han reportado casos de plomo en joyas de fantasía de juguete que los niños pequeños suelen llevarse a la boca y así absorber este tóxico. Se tienen datos de incidentes no tan lejanos como el caso de un envenenamiento en Oregon, Estados Unidos donde un pequeño ingirió un dije metálico con un contenido de plomo del 39% que ocasionó el retiro de 1.4 millones de juguetes. Posteriormente en Febrero de 2006 en Minnesota un niño de 4 años murió a consecuencia de la ingestión de un dije metálico cuyo contenido de plomo se encontraba por arriba del 99%, en el momento del diagnóstico el nivel de plomo en sangre era de 180 $\mu\text{g/dL}$.²⁰

En México un caso reciente de Junio y Agosto del 2007 fue el retiro voluntario del mercado de varios tipos de juguetes por una de las compañías más grandes del mundo que afectó a millones de unidades en varios países incluyendo a México, fueron manufacturados en China y contenían altos porcentajes de plomo. Aún cuando a la fecha los niveles de plomo no han sido publicados y tampoco se han reportado casos de afectaciones a la salud, la magnitud del retiro da idea de cuan grande ha sido el problema que permanece abierto a futuras investigaciones para la definición de las causas específicas del problema y seguimiento de daños a la salud.²¹

Otras Fuentes de plomo: Existen otras fuentes potenciales de exposición al plomo como son los cigarrillos, dulces, medicina tradicional como el Azarcón usado como tratamiento en la diarrea con un altísimo contenido en plomo y que ha sido relacionado con intoxicaciones por plomo en niños Mexicanos.¹²

9. TOXICOLOGÍA DEL PLOMO

9.1 ABSORCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ELIMINACIÓN

Las principales vías de absorción del plomo son las gastrointestinales (ingestión) y las respiratorias (inhalación). En el caso de la ingestión, la absorción del metal varía con la edad; los adultos absorben en promedio 10% del plomo que ingieren, en tanto que en los niños puede llegar hasta 40%, algunos autores estiman hasta un 50%. Los niños absorben dosis tres veces mayores a las de los adultos si se tiene en cuenta la mayor proporción entre superficie y volumen. No se sabe mucho acerca de su transporte por la mucosa gastrointestinal pero se estima que el calcio y el plomo establecen competencia por un mecanismo de transporte común ya que se ha detectado una relación recíproca entre el contenido de calcio de los alimentos y la absorción del metal. Los niños que tienen deficiencias de calcio y hierro lo absorben con mayor facilidad, la mayor cantidad de este se almacena en los huesos. Por inhalación, el grado de absorción varía según la forma en la que el plomo esté presente (vapores o partículas) y también su concentración, se absorben alrededor del 90% de las partículas de plomo inhaladas del medio ambiente.²²

Una vez que el cuerpo humano absorbe este tóxico, cerca del 99% del plomo que fluye por la corriente sanguínea se liga a la hemoglobina de los eritrocitos, apenas del 1 al 3% se liga a los tejidos. El plomo se distribuye inicialmente en los tejidos blandos, en particular en el epitelio tubular de los riñones y en el hígado después el metal se redistribuye y se deposita en los huesos, dientes y cabello. Se sabe que cerca del 95% del plomo absorbido se depositará finalmente en huesos. Solo cantidades pequeñas de compuestos inorgánicos de plomo se acumulan en el encéfalo, y gran parte de él está en la sustancia gris y en los ganglios basales.²²

El depósito del plomo en huesos es similar al del calcio, pero el metal se deposita en forma de fosfato de plomo terciario. El plomo en las sales óseas no contribuye a la toxicidad. Después de la exposición o contacto reciente, la concentración del metal suele ser mayor en los huesos planos que en los largos sin embargo, generalmente los huesos largos contienen más plomo, en el período inicial de depósito, las concentraciones del mineral alcanzan su máximo en la porción epifisaria de los huesos largos, en particular en los que

están en fase de crecimiento, en las radiografías los depósitos de plomo se distinguen por su forma de anillos de mayor intensidad en los centros de osificación del cartílago epifisiario. Estos signos son de gran importancia diagnóstica en niños.²²

En los humanos la orina es el medio de excreción más importante, la concentración de plomo en este líquido es directamente proporcional a la que existe en plasma pero se debe considerar que gran parte del plomo se encuentra en los eritrocitos y es muy poco el que se filtra por los riñones. El plomo también se excreta en la leche materna y el sudor, se deposita en el cabello y uñas, también se sabe que el metal se transfiere al feto a través de la placenta y que la sangre de la madre puede contener una cantidad alta de plomo que haya ingerido desde su niñez provocando daños al feto.^{9,22}

La vida media del plomo en sangre se mide en semanas por el contrario, en hueso se mide en años. La vida media de eliminación del plomo de la sangre es de uno a dos meses y en aproximadamente seis se logra un estado de “equilibrio dinámico”. Una vez que se alcanza este estado en el ser humano, la ingestión diaria de plomo es semejante a la excreción del material, y las concentraciones en los tejidos blandos son relativamente constantes. Sin embargo, al parecer aumenta la concentración de plomo en los huesos y se ha calculado que la vida media de ellos es de 20 a 30 años. La capacidad de excreción del plomo es limitada y, por ello cualquier incremento en la ingestión diaria, por mínimo que sea, puede producir un balance positivo del metal y su acumulación será mayor.²²

9.2 INTOXICACIÓN AGUDA POR PLOMO

La intoxicación aguda por plomo es relativamente rara, y es consecuencia de la ingestión de compuestos de plomo solubles en ácidos o por inhalación de vapores. Los síntomas inmediatos son astringencia, sed y sabor metálico, con subsecuente náusea, dolor abdominal y vómito. El dolor abdominal puede ser intenso pero difiere del de la intoxicación crónica (saturnismo). Las heces son generalmente de color negro por el Sulfuro de plomo y a veces hay diarrea o estreñimiento. Entre los síntomas agudos del sistema nervioso central están parálisis, dolor y debilidad muscular. En ocasiones se observa crisis hemolítica aguda, que causa anemia y hemoglobinuria intensa. El plomo daña los riñones

y se advierten oliguria y cambios en la orina. El paciente puede morir en cuestión de uno o dos días, si logra sobrevivir después del cuadro agudo, posiblemente muestre los signos y síntomas característicos de la intoxicación crónica. En New Hampshire en abril de 2000 una niña de 30 meses de edad falleció a consecuencia de intoxicación por plomo, este es el primer caso pediátrico de muerte por esta causa en una década. El 29 de Marzo de 2000 esta niña fue llevada al servicio de urgencias pues desde el día anterior presentaba fiebre baja y vómito, los análisis practicados mostraron anemia microcítica y alteraciones en los eritrocitos. Se le administraron antibióticos para combatir una supuesta infección por estreptococos en la garganta y un antiemético. El 17 de abril fue ingresada nuevamente pues el vómito había empeorado, posteriormente presentó un estado letárgico, a las pocas horas de su ingreso al hospital, la paciente dejó de responder, presentaba apnea e hipotensión. Fue transferida a un respirador artificial. Una tomografía mostró presencia de edema cerebral, con dilatación de los ventrículos, por otro lado, los resultados de un examen practicado en días anteriores mostró NPS de 391 $\mu\text{g}/\text{dL}$. A pesar de habersele administrado terapia de quelación y de que hubo un rápido descenso de los NPS, el 21 de abril se declaró muerte cerebral. Este es un caso que ilustra los aspectos importantes de la intoxicación aguda y como sus complicaciones pueden ser fatales, los síntomas de intoxicación aguda incluyen inflamación de la mucosa gastrointestinal, degeneración tubular renal, anorexia, irritabilidad, disminución de la actividad lúdica y alteración del patrón del sueño. Estos síntomas se pueden presentar a partir de NPS de 50 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en adelante.^{22,23}

9.3 LA INTOXICACIÓN CRÓNICA POR PLOMO

Este tipo de intoxicación es consecuencia de la ingestión, absorción cutánea o inhalación de plomo. Los signos y síntomas de la forma crónica de intoxicación (saturnismo o plumbismo) pueden dividirse en seis categorías: Gastrointestinales, Neuromusculares, del Sistema Nervioso Central (SNC), Hematológicos, Renales y de otra índole. Pueden surgir en forma independiente o en combinación. Los síndromes neuromuscular y del sistema nervioso central pueden deberse a exposición o contactos intensos, en tanto

que el del abdomen es manifestación más común de una intoxicación de evolución más lenta e insidiosa. El síndrome del SNC por lo regular es más frecuente en niños, en tanto que el gastrointestinal es más frecuente en adultos.²²

Efectos en Vías Gastrointestinales:El plomo afecta el músculo liso del intestino, el síndrome abdominal comienza con signos imprecisos, anorexia, molestias musculares, malestar generalizado y cefalalgia. Se presenta estreñimiento principalmente en adultos o algunas veces diarrea. Gusto metálico persistente y al avanzar la intoxicación puede intensificarse la anorexia y estreñimiento. La característica más marcada de este síndrome es el espasmo intestinal que causa un severo dolor abdominal “cólico saturnino”. Los ataques son muy intensos y los músculos del abdomen se vuelven rígidos. Cuando el cólico no es muy intenso a veces basta con alejar al sujeto del ambiente de exposición para eliminar los síntomas. Para calmar el dolor se administra gluconato de calcio que suele ser más eficaz incluso que la morfina.²²

Efectos Neuromusculares:El síndrome neuromuscular o parálisis saturnina es manifestación de la intoxicación aguda avanzada: se presenta debilidad muscular y fatiga facial como únicos síntomas y aparecen antes de la parálisis real. Estos síntomas aparecen solo después de actividad muscular prolongada y por lo común no hay afectación sensorial.²²

Efectos en el Sistema Nervioso Central (SNC):Al síndrome del SNC se le llama Encefalopatía saturnina o Encefalopatía por plomo, este es el síntoma más grave de esta afectación y se presenta más frecuentemente en niños que en adultos. Los signos tempranos pueden ser torpeza vértigo, ataxia, caídas, cefalalgia, insomnio, inquietud e irritabilidad. Conforme avanza la encefalopatía el paciente muestra primero excitación y confusión, después delirio, con convulsiones tónico-clónicas repetitivas o letargo y coma. El vómito es frecuentemente en “proyectil”, algunas veces también hay perturbaciones de la vista. Existe hipertensión intracraneal, puede haber meningitis, edema intenso, hemorragias, gliosis y áreas de necrosis. La tasa de mortalidad en personas que muestran ataque cerebral es de aproximadamente 25%. Si se administran quelantes después de los primeros síntomas de encefalopatía aguda, cerca del 40% de los sobrevivientes tendrán secuelas como retardo psíquico,

anormalidades electroencefalográficas o convulsiones, parálisis cerebral, atrofia óptica y contracciones involuntarias de músculo. La encefalopatía ocurre cuando los NPS son de 100 $\mu\text{g}/\text{dL}$ o mayores, pone en riesgo la vida y es imperativo administrar un tratamiento oportuno. Se deberá considerar en todo diagnóstico que los signos y síntomas de la intoxicación por plomo no son específicos.²²

En ocasiones la exposición al plomo ocasiona deterioro psíquico progresivo en niños. Sus antecedentes indican evolución normal durante los primeros 12 a 18 meses de vida, pero les sigue la pérdida constante de sus capacidades motoras y del habla, pueden mostrar hiperactividad y conducta agresiva y un cuadro de convulsiones de difícil control. La falta de percepción sensorial impide el aprendizaje. Como hemos visto todos los niños están expuestos a muy largo plazo a la presencia de plomo en diferentes cantidades en sus alimentos, el aire que respiran, en la tierra, en sus zonas de juego y puede ser causa de una intoxicación subclínica debida a exposiciones de bajo nivel. Aún a concentraciones pequeñas de plomo en sangre se han observado efectos adversos en la conducta, disminución en la capacidad de concentración y aumento en la impulsividad. Hay evidencia de que los NPS de tan solo 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{dL}$ se han asociado con una disminución en el coeficiente intelectual promedio de 2.5 y de 1 punto respectivamente. En México, Estados Unidos y Europa se han hecho estudios de campo que muestran que NPS menores a 20 $\mu\text{g}/\text{dL}$ hacen que se afecten las habilidades visomotoras y que incluso a concentraciones consideradas como asintomáticas, el plomo es dañino para el organismo. En los Estados Unidos, los Centros para el Control y Prevención de las Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention) consideran que los NPS de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ o mayores pueden ocasionar absorción excesiva del metal en niños y es la señal para emprender acciones de evaluación, limpieza e intervención en el medio ambiente. Cuando los NPS rebasan los 25 $\mu\text{g}/\text{dL}$, se recomienda administrar quelantes. Los Centros para el Control y Prevención de las Enfermedades recomiendan someter a detección sistemática y universal a todos los niños desde los seis meses de vida.^{17,22,23}

Efectos Hematológicos: Cuando las concentraciones de plomo en sangre se acercan a 80 $\mu\text{g}/\text{dL}$, se advierte en los eritrocitos un moteado basófilo, que es

considerado un efecto inhibitorio del plomo en la enzima pirimidina-5' – nucleotidasa. Este moteado no es un efecto patognómico de la intoxicación por plomo. La anemia microcítica hipocrómica es una complicación más característica de la complicación por plomo en el aparato hematopoyético, se observa con mayor frecuencia en niños y se asemeja un tanto a la anemia por deficiencia de hierro. Parece ser que la anemia es consecuencia del acortamiento de la vida de los eritrocitos e inhibición de la síntesis de hemoglobina.²²

La síntesis de hemoglobina se afecta negativamente por concentraciones pequeñísimas de plomo. El plomo interfiere en diversos puntos del proceso de biosíntesis del grupo hem, incluyendo deficiencias en la hidratasa del ácido amino levulínico (ALA-D) y la hierroquelasa, este mecanismo evita la incorporación del hierro a la protoporfirina hem precursora, que se acumula en el eritrocito en desarrollo. La intoxicación en humanos y animales de experimentación se caracteriza por acumulación de protoporfirina IX y hierro no-hem en eritrocitos, por acumulación de δ -amino levuminato, y por una mayor excreción de esta última en la orina. Se acompaña también de una mayor excreción de coproporfirina III por vías urinarias, pero aún no se conoce con exactitud la causa de este fenómeno.^{22,23}

Efectos Renales: Estos son menos dramáticos que los observados en el SNC y vías gastrointestinales pero se han registrado casos de nefropatía. El efecto nefrotóxico se manifiesta en dos formas: un trastorno tubular reversible generalmente después de exposición aguda de niños al plomo y una nefropatía intersticial irreversible generalmente producida por la exposición prolongada al plomo en el medio industrial. En niños intoxicados por plomo la intoxicación renal frecuentemente se presenta como una disfunción tubular proximal con glucosuria, aminoaciduria y fosfaturia. Aún cuando estas se consideran reversibles ha habido casos en los que persisten glucosuria y aminoaciduria después de 8-13 años después de haberse aplicado la terapia contra el plomo.²²

Los estudios en adultos han evidenciado más ampliamente la intoxicación renal crónica por plomo. Es posible que en los adultos expuestos laboralmente y que hayan presentado un nivel elevado de este metal en sangre por períodos prolongados, la tasa de filtración glomerular haya disminuido o bien que

presenten acumulación de desechos nitrogenados (azotemia). Aún cuando los hallazgos patológicos en la intoxicación renal por plomo no son específicos, se han relacionado con la gota y la hipertensión.²²

Otros efectos: Otros signos y síntomas del saturnismo incluyen tono cenizo de la tez, palidez de los labios, moteado de retina, aspecto de “envejecimiento prematuro” y la línea saturnina en el borde gingival, que es negra grisácea o azul muy oscuro.²²

Los NPS se han asociado directamente con la presión arterial en adultos, inclusive cuando estos han llegado a ser de 5 a 10 $\mu\text{g/dL}$, aunque existe cierta incongruencia en los estudios de medición de presión sistólica y diastólica. Los estudios de seguimiento a largo plazo en niños intoxicados por plomo apoyan la posibilidad de un riesgo incrementado de hipertensión y enfermedad cardiovascular.²²

En relación a la talla se ha demostrado un efecto negativo del plomo sobre esta. En un estudio realizado en niños México-Norteamericanos de 5 a 12 años de edad que participaron en la Encuesta para Analizar la Nutrición y la Salud de la Población Hispana (Hispanic Health and Nutrition Examination Survey, HANES por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos, la estatura de los niños que tenían NPS por encima de la mediana (aprox 10 $\mu\text{g/dL}$) era en promedio, 1.2 cm inferior a las de los niños cuyos niveles estaban por abajo.²³

En varones expuestos a este contaminante se ha encontrado un menor número de espermatozoides. No se ha definido con exactitud la carcinogenicidad del plomo en los seres humanos, aunque se han relacionado algunos casos de carcinoma renal en trabajadores de la industria del plomo.²²

En la figura número 2 se describe la relación de los NPS de niños y adultos con los daños a la salud asociados.

Concentración de plomo en la sangre ($\mu\text{g/dL}$)

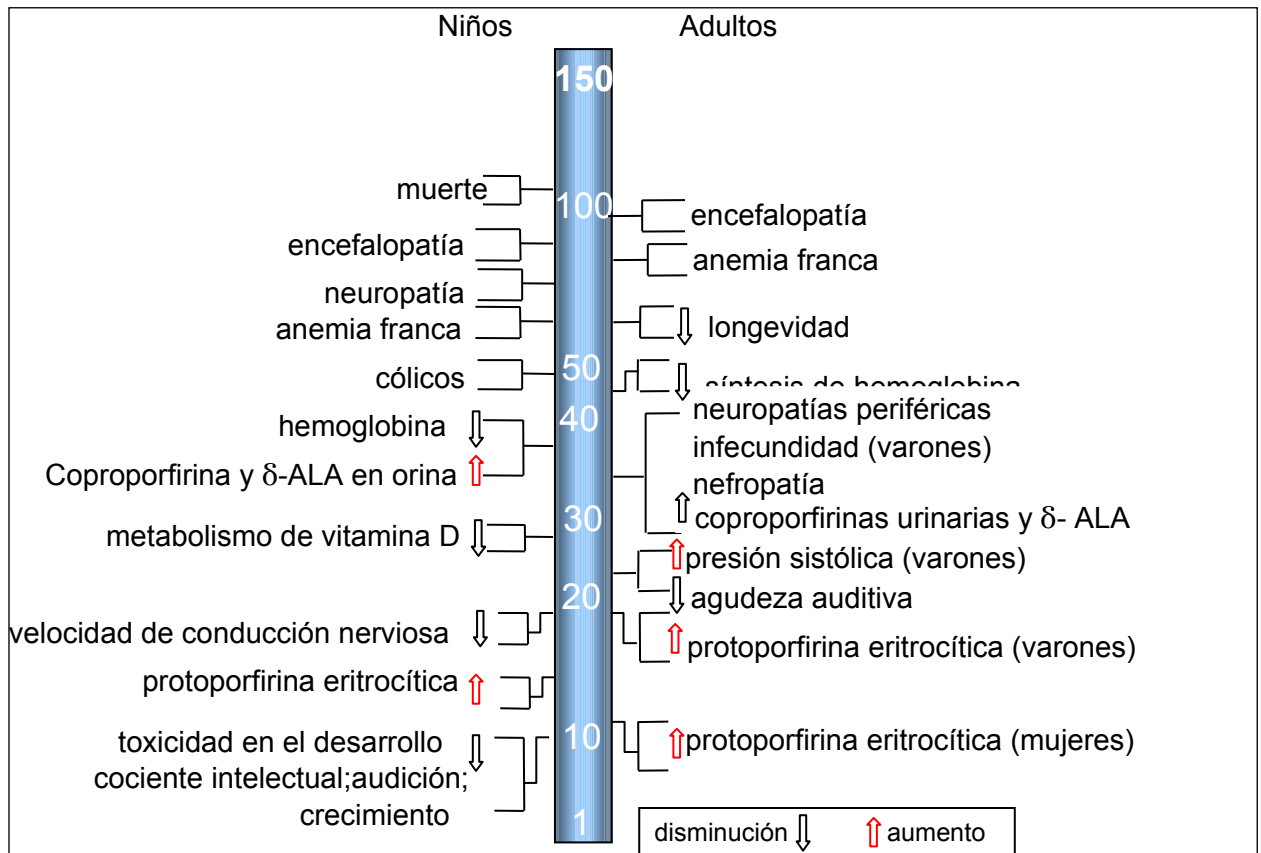


Figura 2. Manifestaciones de la intoxicación por plomo, en relación con las diversas concentraciones del metal en niños y adultos.²²

δ -ALA= δ -aminolevulinato

9.4 DIAGNÓSTICO DE INTOXICACIÓN POR PLOMO

De manera general el médico no hace un diagnóstico de intoxicación por plomo si no cuenta con un antecedente de exposición anormal a este metal, los signos y síntomas de este tipo de intoxicación son similares al de otro tipo de enfermedades, por ejemplo en el caso de encefalopatía, sus signos pueden semejarse a los de algunos cuadros degenerativos. El cólico saturnino es muy diferente al de otros cuadros abdominales.²²

El diagnóstico presuntivo inmediato se basa en lo siguiente: concentraciones de plomo mayores a $80\mu\text{g/dL}$, protoporfirina eritrocítica libre entre 200 y $250\mu\text{g/dL}$, la aparición de material radio-opaco en radiografías simples de abdomen, líneas radio-opacas a causa de plomo en muñecas y rodillas. Cualquier niño

con síntomas menores de intoxicación desarrolla encefalopatía aguda súbitamente si los NPS son superiores a 80 $\mu\text{g}/\text{dL}$.⁷

La concentración de plomo en la orina de adultos normales suele ser menor de 80 $\mu\text{g}/\text{L}$, la mayoría de sujetos con intoxicación por plomo tienen concentraciones de este metal de hasta 300 $\mu\text{g}/\text{dL}$, sin embargo entre quienes tienen nefropatía crónica por plomo u otras formas de insuficiencia renal, los niveles de plomo en orina pueden estar dentro de los límites normales, a pesar de haber un aumento notable de los NPS.²²

En el caso de la intoxicación por compuestos como tetraetilo y tetrametilo de plomo que se absorben fácilmente por la piel o por vías gastrointestinales y pulmones, los síntomas se manifiestan como trastornos del SNC: insomnio, pesadillas, anorexia, náusea, vómito, diarrea, debilidad muscular e inestabilidad emocional. En estados de exposición intensa a corto plazo, las manifestaciones se complican hasta delirios sistemáticos, ataxia, movimientos musculares exagerados y un estado maniaco. Puede haber un elevado incremento en la eliminación de plomo en orina, pero los NPS permanecen en cifras casi normales, son poco frecuentes la anemia y moteado basófilo de los eritrocitos, se detecta poca afectación en el metabolismo de porfirinas y las protoporfirinas no siempre están aumentadas. En caso de exposición intensa el sujeto puede fallecer en término de horas o después de varias semanas, si la persona sobrevive la fase aguda de este tipo de intoxicación el restablecimiento suele ser completo, sin embargo hay datos de casos de daño residual del SNC.²²

9.5 TRATAMIENTO DE LA INTOXICACIÓN POR PLOMO

El tratamiento inicial en su fase aguda consiste en medidas de sostén y evitar que siga la exposición a este tóxico. En el caso de ingestión, eliminar los compuestos ingeridos mediante lavado gástrico con sulfato de magnesio diluido o solución de sulfato sódico induciendo el vómito. Las convulsiones se tratan con Diazepam, conservando el equilibrio hidroelectrolítico, el edema cerebral se trata con Manitol y Dexametasona, es importante determinar los NPS antes de iniciar la administración de quelantes. Este está indicado en sujetos sintomáticos o donde los NPS son de entre 50 a 60 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Se usan principalmente el edeteato cálcico disódico, el dimercaprol, D-penicilamina y el

succímer (ácido 2,3-dimercaptosuccínico). De forma general el edeteato cálcico di-sódico y el dimercaprol se utilizan en combinación contra la encefalopatía saturnina.^{7,22}

El tratamiento de la intoxicación por compuestos orgánicos de plomo es sintomático y se dice que no responde al tratamiento con quelantes.⁷

10. REGULACIÓN SANITARIA DEL USO DE PLOMO EN COSMÉTICOS EN MÉXICO.

El control de los productos cosméticos desde el punto de vista de sanidad se realiza en nuestro país a través de la Ley General de Salud, que reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en este se establecen las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las Entidades Federativas en materia de salubridad en general. Es de aplicación en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social.²⁴ A continuación se describirán los elementos regulatorios relacionados a cosméticos incluyendo la definición de estos.

10.1 LEY GENERAL DE SALUD

El artículo 2º de la Ley General de Salud garantiza a los ciudadanos Mexicanos el derecho al bienestar físico y mental para contribuir al ejercicio pleno de nuestras capacidades, a la prolongación y el mejoramiento de la calidad de la vida humana así como a la protección de las condiciones de salud que coadyuvan al desarrollo social. Vigila también las actividades de la población para preservar, conservar, mejorar y restaurar la salud así como el acceso a servicios de salud y de asistencia social para satisfacer las necesidades de la población. Finalmente el desarrollo de la enseñanza y la investigación científica y tecnológica para la salud. Del mismo modo la Secretaría de Salud ejerce el control sanitario a través de acciones de orientación, educación, muestreo, verificación y en su caso, aplicación de medidas de seguridad y sanciones a quienes infrinjan la ley.²⁴

CAPITULO IX

Productos de Perfumería y Belleza

ARTICULO 269. Para los efectos de esta Ley, se consideran productos de

perfumería y belleza:

- I. Los productos de cualquier origen, independientemente de su estado físico, destinados a modificar el olor natural del cuerpo humano:
- II. Los productos o preparaciones de uso externo destinados a preservar o mejorar la apariencia personal:
- III. Los productos o preparados destinados al aseo de las personas, y
- IV. Los repelentes que se apliquen directamente a la piel.²⁴

ARTICULO 270. No podrá atribuirse a los productos de perfumería y belleza ninguna acción terapéutica, ya sea en el nombre, indicaciones, instrucciones para su empleo o publicidad.²⁴

ARTICULO 272. En las etiquetas de los envases y empaques en los que se presenten los productos a que se refiere este capítulo, además de lo establecido en el artículo 210 de esta Ley, en lo conducente, figurarán las leyendas que determinen las disposiciones aplicables.²⁴

10.2 NORMAS OFICIALES Y DISPOSITIVOS LEGALES PARA EL CONTROL DEL PLOMO EN COSMÉTICOS

Actualmente existen tres fuentes que regulan el uso de los compuestos del plomo en los productos de perfumería y belleza: el Acuerdo por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza, dispositivo legal cuya última actualización entró en vigor el 22 de marzo de 2007 y la NORMA Oficial Mexicana NOM-141-SSA1-1995 que contiene la información detallada para instruir al consumidor en el uso de los productos cosméticos que contienen plomo y ciertas leyendas precautorias destinadas a advertir sobre sus efectos negativos y en tercer lugar la NORMA Oficial Mexicana NOM-118-SSA1-1994 para materias primas que establece sus límites de plomo.^{25,26,27}

El acuerdo de Sustancias Prohibidas y Restringidas contiene:

- 87 sustancias prohibidas, incluyendo 39 ingredientes que no pueden usarse en fragancias, adicional a los que se refieren en los artículos
- 234 (estupefacientes) y 245 (psicotrópicos) de la Ley General de Salud, fármacos y fármacos preparados.
- 84 sustancias sujetas a concentraciones máximas autorizadas y usos permitidos.
- 61 conservadores sujetos a condiciones y concentraciones máximas autorizadas.
- 36 Filtros solares permitidos a concentraciones máximas autorizadas.
- 325 Colorantes sujetos a concentraciones y usos permitidos.
- 31 ingredientes activos que pueden ser usados en la elaboración de repelentes de insectos y 7 ingredientes activos para repelentes de insectos sujetos a concentraciones máximas autorizadas.²⁵

Es de resaltar que existe una contradicción que pudiera provocar problemas de interpretación pues por un lado se está prohibiendo el uso del plomo y sus compuestos en el Acuerdo de sustancias prohibidas y restringidas y por otro lado su uso está implícito en ciertos productos como los tintes progresivos como se indica en la NOM-141-SSA1-1995.²⁶

10.3 ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS SUSTANCIAS PROHIBIDAS Y RESTRINGIDAS

Este acuerdo considera que como una medida de protección a la salud de la población, se requiere garantizar la condición idónea de los productos destinados al uso de las personas, como son los productos de perfumería y belleza. Que existen algunas sustancias que se emplean en la fabricación de estos productos que pudieran tener efectos tóxicos o implicar cualquier otro riesgo para la salud, y que por lo tanto es necesario identificarlas claramente y prohibir su empleo.

Declara también que la Secretaría de Salud ha realizado estudios que han podido hacer distingo entre sustancias de las cuales no existen indicios de que su uso represente un riesgo para la salud y de aquellas que por sus cualidades sí

constituyen un peligro a la salud. Y finalmente que el campo de la industria de perfumería y cosméticos, se encuentra en evolución continua lo que obliga a adoptar acciones que protejan la salud de la población y que al mismo tiempo eviten el rezago de nuestro país en el campo de la industria de perfumería y cosméticos.²⁵

El artículo segundo de este acuerdo establece claramente que no se podrá utilizar en la elaboración de los productos de perfumería y belleza las sustancias a que se refieren los artículos 234 y 245 de la Ley General de Salud, fármacos, fármacos preparados y los siguientes químicos:

LXXIII. plomo y sus compuestos.²⁵

En esta modificación al acuerdo emitida en el diario Oficial de la Federación el 22 de Marzo de 2007 vemos que el uso del plomo ha sido prohibido, lo cual es un cambio importante pues en la versión anterior del 7 de diciembre de 1999, en el artículo tercero que describe el uso de colorantes decía textual: En la elaboración de los productos de perfumería y belleza, sólo se podrán usar los siguientes colorantes, con las restricciones señaladas, en su caso:

II. Colorantes orgánicos minerales e inorgánicos (minerales):

II.1. Acetato de plomo. Sólo para tintes progresivos. El contenido de plomo, como Pb, no deberá exceder de 0,6% m/v, no se deberá emplear para colorear bigote, pestañas, cejas o pelo de otra parte del cuerpo, diferente al cabello.

Bajo esta premisa vemos que hay un gran avance en la restricción de este elemento sin embargo, este acuerdo se contrapone con la actual Norma Oficial Mexicana 141-1995.²⁶

10.4 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-141-1995, BIENES Y SERVICIOS. ETIQUETADO PARA PRODUCTOS DE PERFUMERÍA Y BELLEZA PREENVASADOS .

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos de información sanitaria y comercial que debe contener la etiqueta en productos de perfumería y belleza de

cualquier capacidad preenvasados, para elegir una mejor opción de compra y evitar que su uso represente un riesgo a la salud. Es de observancia obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas o morales que se dedican a su proceso o importación con excepción de los productos a granel.²⁶

En esta norma en el capítulo 4 de leyendas precautorias se indica que estas deben ostentarse en la superficie de información del envase primario o secundario o en su caso en un instructivo anexo, independientemente de las instrucciones de uso, que por el tipo de producto se requieran ya que existen precauciones especiales para productos cosméticos como filtros solares, desodorantes y antitranspirantes, etc. También se indica que dichas leyendas deberán redactarse de manera clara, concisa, que no induzca al error o confusión del consumidor de tal forma que en el apartado 4.7.3 se establece que en el caso de tintes para el cabello progresivos se indique:

- Que contiene acetato de plomo.
- Que se evite el contacto con los ojos.
- Que no se aplique en cejas, pestañas ni bigote (a excepción de aquellas dirigidas específicamente a esa zona).
- Que se laven las manos después de su aplicación.
- Que suspenda su empleo en caso de irritación.
- Que no se deje al alcance de los niños.
- Además deben incluirse las indicaciones de primeros auxilios para el caso y recomendar la consulta a un médico.²⁶

10.5 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-118-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MATERIAS PRIMAS PARA ALIMENTOS, PRODUCTOS DE PERFUMERIA Y BELLEZA. COLORANTES Y PIGMENTOS INORGANICOS. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.

Esta Norma Oficial establece las especificaciones sanitarias de algunos materiales usados en la fabricación de cosméticos especificando el porcentaje máximo permitido de plomo en dichos materiales de la siguiente manera:

Especificaciones Sanitarias. Los colorantes y pigmentos inorgánicos deben cumplir con las siguientes especificaciones físicas, químicas, de identidad y pureza.²⁷

Descripción del colorante	Índice de Color CI*	Límites en ppm (mg/kg)de plomo
Aluminio en polvo	CI 77000	20
Carbonato de magnesio	CI 77713	Metales pesados (como Pb) no más de 3 plomo no más de 10
Di-óxido de titanio	CI 77891	10
Ferrocianuro férrico	CI 77510	20
Ferrocianuro férrico amónico	CI 77520	20
Hidróxido crómico verde	CI 77289	20
Oxícloruro de bismuto	CI 77163	20
Oxido crómico verde	CI 77288	20
Oxido de magnesio	CI 77711	Como plomo no más de 10 Metales pesados (como Pb); no más de 3
Mica	CI 77019	20
Oxido de zinc	CI 77947	20
Oxidos de fierro	CI 77491 CI 77492 CI 77499	10
Pirofilita	CI 77004	20
Plata	CI 77820	10
Polvo de bronce	CI 77400	20
Polvo de cobre	CI 77400	20
Silicato de calcio	CI 77230	10
Sulfato de calcio	CI 77231	10
Ultramarinos	CI 77007, CI 77013	20
Violeta de manganeso	CI 77742	20

CI= Índice de color (Color Index , CI por sus siglas en inglés)²⁷

11. MARCO REGULATORIO INTERNACIONAL PARA EL USO DE PLOMO EN COSMÉTICOS

En otras partes del mundo también existen normas y reglamentos aplicables a los productos cosméticos, en este capítulo abarcaremos solo la reglamentación en Estados Unidos de Norteamérica y la Comunidad Europea por la importancia comercial que representa para el país así como una breve revisión con Japón para fines comparativos.²⁸⁻³⁰

11.1 ESTADOS UNIDOS

El organismo gubernamental que regula lo relacionado a la producción y control de ingredientes de los productos cosméticos es la FDA, esta agencia establece a través del Código Federal de Regulaciones (Code of Federal Regulations, CFR por sus siglas en inglés) una serie de ingredientes cuyo uso está prohibido en cosméticos, esta incluye ingredientes como arsénico bitional, propelentes fluorocarbonados, etc pero es de resaltar que no menciona al plomo.²⁸

En lo que respecta a colorantes el CFR capítulo 21 parte 73 y 74 menciona una lista positiva de pigmentos para uso general en los cosméticos, así como una lista específica para el área de los ojos, o uso externo solamente para aquellos en los que no existe contacto con las membranas mucosas.²⁸

El CFR capítulo 21 parte 74 contiene una lista de aditivos de color sujeta a certificación. Incluye pigmentos y polvos orgánicos. La certificación implica que cada lote deberá ser enviado por el fabricante para verificación por la FDA de que cumple con las especificaciones establecidas en el código. También se especifica su área de aplicación como en la parte 73. Existen 4 colorantes orgánicos y sus lacas que se permiten en el área de los ojos:

- AM y C Azul No 1
- AM y C Rojo No 40
- AM y C Amarillo No 5
- AM y C Verde No 5

El CFR Capítulo 21 Parte 86 contiene los aditivos de color listados provisionalmente: el A M y C alúmina de calcio o aluminio, y alúmina de sodio,

potasio, bario, calcio, estroncio o zirconio, dióxido de titanio, óxido de zinc, benzoato de aluminio y carbonato de calcio.^{28,29}

En total se enlistan 52 pigmentos exentos de certificación y 44 sujetos a certificación. Entre la lista de los exentos a certificación se encuentran los más comunes como óxido de titanio y óxidos de hierro así como el acetato de plomo. En relación a este último se establece que su pureza no sea menor al 99% y que su uso esté sujeto a las siguientes restricciones:

- El uso del acetato de plomo puede ser usado con seguridad en cosméticos para colorear el cabello solamente.
- La cantidad de acetato de plomo debe ser tal que el contenido de plomo calculado como Pb no exceda el 0.6 % (peso/ volumen).
- Los cosméticos no serán usados para colorear bigotes, pestañas, cejas o cabello y ninguna otra parte del cuerpo.
- Los requisitos de etiquetado implican que se deberá declarar lo siguiente:
 - Lavar abundantemente con agua si el producto está en contacto con la piel.
 - Contiene acetato de plomo.
 - Para uso externo solamente: manténgase fuera del alcance de los niños.
 - No se use en piel con heridas o irritada.
 - Si se desarrolla irritabilidad cutánea, descontinúe su uso.
 - Siga las instrucciones cuidadosamente y lave sus manos después de su uso.^{28,29}

11.2 COMUNIDAD EUROPEA

El documento en el que se legisla a los estados miembros de la comunidad europea sobre productos cosméticos se encuentra en la Duodécima Directiva 90/121/CEE de la Comisión del 20 de febrero de 1990 por la que se adaptan al progreso técnico los Anexos II, III, IV, V y VI de la Directiva 76/768/CEE del Consejo.³⁰

En su artículo 289 la enmienda europea mencionada establece que el plomo y sus compuestos están prohibidos para ser usados en productos cosméticos sin

embargo al igual que la Legislación Mexicana autoriza su uso en el anexo III, declara que los resultados de las últimas investigaciones científicas y técnicas indican que puede admitirse en los productos cosméticos el uso del acetato de plomo como tinte capilar con determinadas restricciones y condiciones y mencionando obligatoriamente en el etiquetado determinadas advertencias a fin de preservar la salud; en la primera parte del Anexo III, se establece : “se añadirá el número de orden 55: 1.2.3.4.5.6 acetato de plomo. Únicamente como tinte para el cabello en concentración de 0,6 % calculado en plomo y con las siguientes leyendas en sus empaques:

- Mantener fuera del alcance de los niños.
- Evitar todo contacto con los ojos.
- Lavarse las manos después del uso.
- Contiene acetato de plomo.
- No utilizar para la coloración de las cejas, pestañas y bigote.
- Suspender su uso en caso de irritación de la piel.³⁰

En relación a los colorantes autorizados para su uso en productos cosméticos en el **anexo IV** de la enmienda se listan los colorantes autorizados en dos secciones: **parte I**, los listados permanentemente y **parte II**, los provisionalmente listados de acuerdo a los siguientes campos de aplicación:

1. Colorantes admitidos en todos los productos cosméticos.
2. Colorantes admitidos en todos los productos cosméticos excepto en los que se aplican cerca de los ojos y más concretamente, en los productos para maquillar y desmaquillar los ojos.
3. Colorantes admitidos únicamente en los productos cosméticos que no se destinen a entrar en contacto con las mucosas.
4. Colorantes admitidos únicamente en los productos cosméticos destinados a entrar en breve contacto con la piel.³⁰

Si un colorante se enlista en el anexo IV, el color puro y sus sales y lacas son permitidas a menos que otra cosa se prohíba en el anexo II (lista de sustancias que no pueden ser usadas en productos cosméticos). Las excepciones incluyen

bario, estroncio y zirconio. En general los límites de pureza en cuanto a niveles de plomo se mantienen hasta en 20 ppm como máximo.³⁰

Japón: Se regula a través del Ministerio de Salud y Seguridad Social (Minister of Health and Welfare, MHW por sus siglas en inglés) a través del decreto No 30.²⁹ Contiene una lista de tan solo 83 colorantes autorizados y además encontramos que existen 5 pigmentos aprobados en Estados Unidos y México pero que están prohibidos en Japón:

M y C Rojo No 6 Laca de Bario

M y C Rojo No 21 Laca de Aluminio

M y C Rojo No 27 Laca de Aluminio

M y C Rojo No 33 Laca de Zirconio

M y C Naranja No 5 Laca de Aluminio

Además se restringe el uso del Benzoato de Aluminio en 0.5 % máximo en lápices labiales, Rosina a 7 % máximo permitido en lápices labiales y no se permite el uso de Carbonato de Calcio.²⁹

Una de las diferencias que observamos respecto a la Legislación Mexicana en este rubro es que la lista de colorantes autorizados es mucho más larga en el caso de México y que en el caso de la Comunidad Europea y Estados Unidos en estos últimos se hace una clara definición del área de aplicación de los colorantes. Sin embargo, vemos que el país que mayor exigencia tiene en cuanto al uso de colorantes es Japón.²⁹

12. FORMULACIONES TÍPICAS DE PRODUCTOS COSMÉTICOS DE COLOR

Los productos cosméticos de color están relacionados con la belleza y decoración más que con la funcionalidad, se usan para mejorar la apariencia. Los colorantes son una parte muy importante de las formulaciones cosméticas. Como hemos visto en el capítulo anterior el uso de tales colorantes está restringido dependiendo del área a la cual se destine su aplicación así como de ciertas concentraciones de metales pesados como el plomo, además del país en que se venda el producto cosmético. Los manufactureros responsables se deberán apegar a la aplicación de estas reglas.²⁹

Como se ha explicado, la toxicidad del plomo depende de la concentración que se absorba por el organismo, lamentablemente no existe una concentración restrictiva definida de niveles de plomo en los productos cosméticos terminados, si existe para ciertas materias primas como los colorantes pero estos son mezclados con otras materias primas dependiendo de la forma cosmética que se desee, y no son usados solos; de tal forma que para hacer una aproximación de la cantidad de plomo a la que se expone una persona al usar un producto cosmético se deberá conocer cual es la formulación de este. Nos enfocaremos solamente a los productos que tienen un mayor contenido de colorantes cuyo contenido es más conocido y que al mantenerse en mayor tiempo de contacto con la piel, el organismo pudiera tener mayor exposición al plomo y por lo tanto absorberlo.²⁹

12.1 MASCARA DE PESTAÑAS

Las máscaras para pestañas brindan un contraste entre el iris y el blanco de los ojos y los perfilan mejor. Hacen parecer los ojos más grandes, engrosan las pestañas, añaden profundidad al ojo y lo hacen contrastar. Con la inclusión de las mujeres a la fuerza laboral, este producto es ampliamente utilizado y se usa durante varias horas, sobre todo las formulaciones a prueba de agua que solo es posible retirarlas con un removedor oleoso.²⁹

Tabla 12.2.1 Formulación típica de Máscara de pestañas.³¹

Descripción	Porcentaje (%)
Disolventes	40-60
Ceras	10-20
Resinas	3-10
Gelantes	3-7
Colorantes	2-15
Otros	2-10

12.2 SOMBRA PARA OJOS EN CREMA

Esta es otra familia de las sombras para ojos y su uso no es tan popular como en el caso de las sombras compactas. Contienen ceras de altos puntos de fusión para poder dar la consistencia requerida y hacerlas moldeables.

- Disolventes volátiles: ciclometiconas, hidrocarburos e isoparafinas.
- Ceras similares a las usadas en las máscaras de pestañas pero a menores concentraciones.
- Emolientes: ésteres, aceites y silicones.
- Gelificantes: Derivados de la bentonita y hectorita
- Colorantes y Perlas: Deberán ser las listadas como autorizadas.
- Viscosantes: Mica, talcos, serecitas, nitruro de boro, nylon, almidones, sílice, teflón, etc.^{29,31}

Tabla 12.2.1 Formulación típica de Sombra para Ojos en Crema^{29,31}

Descripción	Porcentaje (%)
Disolventes	35-55
Gelificantes	1.5-3.5
Ceras	7-12
Emolientes	3-8
Colorantes y Perlas	5-20
Viscosantes	5-35

12.3 DELINEADORES PARA OJOS

Los delineadores de ojos son usados para cambiar la forma del ojo, hacen que aparezcan más largos o pequeños y hacen contrastar el color del iris. Dan el efecto de pestañas más densas. Son de un uso muy generalizado.

Los delineadores líquidos contienen los siguientes ingredientes:

- Disolventes: Agua o disolventes orgánicos.
- Gelantes: Gomas (silicato de aluminio y magnesio, bentonitas)
- Emulsificantes: Esteres solubles en agua y emulsificantes
- Poliololes: Polietilenglicol, butilenglicol y 2-metil-1,3 propanediol
- Colorantes Se utilizan generalmente óxido de hierro y otros inorgánicos.
- Formadores de película: polivinilpirrolidona, acrilatos.^{29,31}

Tabla 12.3.1 Formulación típica de Delineador para Ojos ^{29,31}

Descripción	Porcentaje (%)
Disolventes	50-80
Gelantes	0.5-1.5
Emulsificantes	1-3
Poliololes	4-8
Colorantes	10-20
Alcohol	5-10
Formadores de Película	3-8

12.4 LAPICES DE MADERA

Los lápices se usan generalmente para dar color a las cejas y a los párpados y son muy populares como barras de labios, delineadores de labios y como rubores dependiendo de la dureza del producto y la composición del color. Se mantienen por varias horas en la piel.

Los ingredientes usados son generalmente

- Aceites, ésteres y silicones

- Triglicéridos de alto punto de fusión
- Acido esteárico para ayudar a la formación de la puntilla
- Ceras sintéticas
- Colorantes y perlas
- Aglutinantes: mica, talco, serecita, nitruro de boro, teflón, sílice.^{29,31}

12.5 LAPICES DE LABIOS

Los lápices labiales dan color a los labios y hacen que se tenga una apariencia más saludable, perfila los labios y algunas veces los acondiciona. Armonizan el conjunto de cejas, ojos, cabello y ropa. Crean la ilusión de tener unos labios más grandes o pequeños. Hay dos tipos generalmente, la formulación clásica y la de larga duración, la de larga duración ofrece mantener el color por varias horas incluso más de 8 horas.^{29,31}

Ingredientes de un Lápiz Labial Clásico:

1. Emolientes: Aceite de castor, ésteres, lanolina, aceite de lanolina, octildodecanol, aceites vegetales
2. Ceras : Candelilla, carnauba, cera de abeja y derivados, microcristalina, ozoquerita, siliconas de alquilo, alcohol de lanolina acetilada y compuestos del petróleo.
3. Colorantes: los listados como autorizados
4. Ingredientes activos : Materias primas adicionadas para obtener beneficios como humectación; acetato de tocoferilo, hialuronato de sodio, extracto de aloe, palmitato de ascorbilo, silanoles, ceramidas, pantenol, aminoácidos y beta carotenos
5. Agentes matificantes y texturizantes: Micas, sílicas, nylon, teflón, nitruro de boro, oxiclورو de bismuto, almidones, lauroil lisina, etc.
6. Antioxidantes y conservadores: Butil hidroxianisol, butilhidroxitolueno, ácido

cítrico, propilparabeno, metil parabeno y tocoferol.^{29,31}

Tabla 12.5.1 Formulación típica de un Lápiz Labial^{29,31}

Descripción	Porcentaje (%)	
	Brillante	Mate
Emolientes	50-70	40-55
Ceras	10-15	8-13
Plastificantes	2-5	2-4
Colorantes	0.5-3	3-8
Perlas	1-4	3-6
Fragancia	0.05-0.1	0.05-0.1
Conservadores/ Antioxidantes	0.5	0.5

Tabla 12.5.2 Formulación típica de Labial Indeleble^{29,31}

Descripción	Porcentaje (%)
Disolventes	25-60
Emolientes	1-30
Ceras	10-25
Fijadores	1-10
Texturizadores	1-15
Colorantes/perlas	1-15
Fragancia	0.05-0.1

12.6 SOMBRAS COMPACTAS PARA OJOS

Estos productos son de uso más generalizado que las sombras en crema y tendrían mayores beneficios pues su efecto es más duradero del mismo modo

Tabla 12.6.1 Formulación típica de Sombra Compacta para Ojos^{29,31}

Descripción	Porcentaje (%)
Colorantes	40.5
Talco	32.4
Ciclometicona y dimeticona	13.6
Erucato de oleílo	13.5

Como vemos, de manera general los lápices labiales y las sombras para ojos contienen un mayor porcentaje de colorantes y en consecuencia tienen una posibilidad de exposición al plomo en mayor grado.

13. ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Como se ha mencionado no existe un método normalizado para la determinación de plomo en los productos cosméticos finales, existe un método oficial para su cuantificación en colorantes para cosméticos sin embargo, su uso no puede ser extendido a los cosméticos ya que las matrices de las formas cosméticas es muy compleja como también hemos podido apreciar. Al no existir un método oficial las fuentes de referencia son los trabajos que se han publicado en la literatura científica y de ahí se deriva que una de las técnicas más usadas es la Espectroscopía de Absorción Atómica por las cualidades y ventajas que veremos más adelante.²⁷

13.1 FUNDAMENTOS DE ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

13.1.1 Principios Básicos

La Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA), es el método espectroscópico de absorción empleado para detectar elementos metálicos en estado gaseoso. Tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada por átomos libres, generalmente en el estado elemental. Seleccionando una longitud de onda para un elemento determinado que corresponda a la transición entre los átomos del estado elemental y los átomos en un estado excitado, la absorción de la radiación va a determinar la despoblación del estado elemental. El valor de la absorción es proporcional a la concentración de los átomos en el estado elemental y por lo tanto a la concentración del elemento. La intensidad de transición de energía puede representarse por la ecuación:

$$T = P/P_0$$

Donde T es la transmitancia, P es la potencia de la fuente de luz pasando a través de la muestra y P_0 es la potencia de la fuente de luz antes de pasar a través de la muestra. La concentración cuantitativa de un analito puede entonces ser determinada midiendo la cantidad absorbida.^{32,33}

La EAA se emplea sobre todo en el análisis cuantitativo de muestras complejas, el límite de detección es en algunos casos favorables del orden de algunas decenas de partes por billón. Sin embargo este límite es muy variable

y depende de la naturaleza del analito y de la matriz en que se encuentre, así como del tipo de instrumento.³²

En términos generales se pueden cuantificar cerca de 70 metales en casi cualquier tipo de muestra, como ya se dijo es capaz de detectar ppb así como concentraciones altas con una mínima o nula preparación de la muestra, se aplica a una gran variedad de muestras, biológicas, médicas, clínicas (sangre, orina y otros fluidos corporales, tejidos, cabello, dientes, uñas), muestras ambientales (aguas, sólidos, sedimentos), industria metalúrgica, farmacéutica, alimenticia, del aire, de higiene industrial, estudios de contaminación, etc., casi cualquier muestra sólida, líquida o gaseosa puede ser analizada aunque la mayoría de ellas se convierten a soluciones homogéneas antes de su análisis. Las muestras acuosas se pueden analizar sin preparación, la sangre puede ser diluida con agua ultra pura para reducir interferencias pero, si el nivel a ser determinado está más allá de la capacidad de la técnica entonces se deberá usar una extracción con disolventes u otras técnicas de concentración de analito. Las muestras sólidas necesitan ser digeridas o disueltas previamente, se utilizan para ello reactivos ultra puros. La disolución puede tomar desde unos cuantos minutos hasta más de 24 horas, en cuyo caso se pueden usar técnicas actuales como la digestión por microondas. El tiempo involucrado para realizar un análisis completo está determinado por la preparación de la muestra. Los rangos reales de determinación después de la calibración toman aproximadamente de 10 segundos en el caso de la EAA y aproximadamente 2 minutos para la EAA con horno.³³

Entre sus limitantes se tiene que no provee información sobre la forma química del metal, la preparación de la muestra puede consumir tiempo, está limitada a la cuantificación de metales y metaloides y es una técnica destructiva.³³

Un espectrómetro de absorción atómica consiste básicamente de 6 componentes: una fuente de radiación primaria (fuente de luz), celda que consta de una fuente de radiación primarias la cual producirá la radiación a ser absorbida, una fuente de átomos libres asociada con un sistema de introducción de la muestra, un sistema óptico dispersivo (monocromador), un detector, un sistema electrónico de adquisición, procesador y analizador de datos. Los átomos libres se deberán obtener en el camino entre la fuente de

radiación primaria y el detector. En la figura 3 se muestran los componentes básicos de este equipo.³⁴

ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

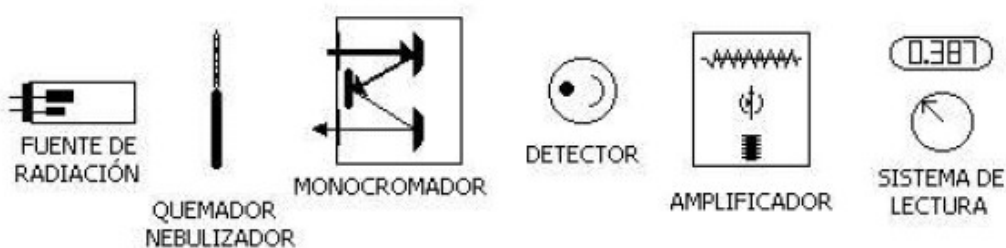


Figura 3. Componentes de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.³⁴

13.1.2. Descripción de la técnica

La técnica de absorción atómica en flama se desarrolla de la siguiente manera: la muestra en forma líquida se aspira a través de un tubo capilar y pasa a un nebulizador donde se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido. Este rocío se transfiere a una flama, donde se va a favorecer la formación de átomos. Dichos átomos absorben cualitativamente la radiación emitida por la lámpara y la cantidad de radiación absorbida está en función de su concentración.³⁴

La señal de la lámpara después de pasar por la flama llega a un monocromador, que se encargará de separar, separar y controlar la intensidad de la energía radiante. La señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor, posteriormente pasa a un amplificador y por último a un sistema de lectura.³⁴

13.1.3 Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica

Fuente de radiación: Emite una línea específica correspondiente a la necesaria para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado. El tipo más común es el de emisión continua.³³

Lámpara de cátodo hueco: Este tipo de fuente de radiación es de las ampliamente difundidas en la EAA. Las lámparas de cátodo hueco consisten de un cilindro de vidrio sellado al vacío y con un gas inerte en su interior

generalmente Neón o Argón y ocasionalmente Helio. Dentro de este mismo cilindro se encuentran dos filamentos; uno de ellos es el cátodo y el otro el ánodo. El ánodo generalmente es un alambre grueso hecho de níquel o tungsteno, el cátodo se encuentra en forma de un cilindro hueco hecho del metal de interés puro. De manera general se requiere una lámpara diferente para cada elemento que se analiza, aunque algunas son de elementos múltiples.^{33,34}

La figura 4 esquematiza una típica lámpara de cátodo hueco.

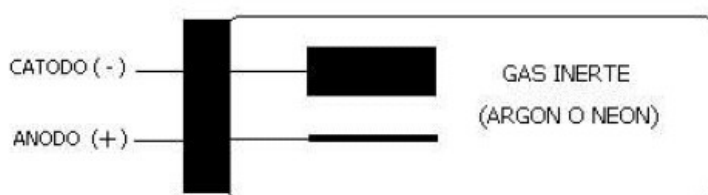


Figura 4. Lámpara de cátodo hueco.³⁴

La lámpara de cátodo hueco es una fuente de líneas capaz de producir la mayoría de las líneas de emisión del metal del que está hecho el cátodo. Tienen una vida útil determinada generalmente de 2 a 5 amp/hora y se pueden deteriorar si no se usan, especialmente las de arsénico y selenio. Se deben calentar antes de su uso y actualmente son muy estables aún después de estar funcionando por periodos prolongados. Las lámparas de cátodo hueco son las más económicas.³³

Lámparas multielemento: Combinando dos o más elementos de interés en el cátodo es posible producir una lámpara de cátodo hueco que pueda ser empleada en el análisis de más de un elemento. Se debe considerar sin embargo que algunas combinaciones de elementos pueden provocar que sus líneas de resonancia interfieran unas con otras. Cuando existe la seguridad de que no hay interferencias espectrales entre elementos y cuando las propiedades metalúrgicas son adecuadas para hacer la aleación necesaria se pueden construir cátodos con más de un elemento metálico. De esta forma una lámpara puede servir para determinar uno, dos, tres o hasta seis elementos.

Para elegir entre una lámpara de cátodo hueco individual y una de elementos múltiples deben considerarse factores como: frecuencia de uso, grado de exactitud requerida en los resultados, presupuesto de laboratorio, etc.^{34,35}

Lámpara de descarga sin electrodos: Las fuentes de radiación de este tipo tienen la misma finalidad que las lámparas de cátodo hueco, solo que la forma de excitación de los átomos emisores de radiación es diferente, son de 5 a 100 veces más intensas que las de cátodo hueco pero menos estables.³³

Cuando la lámpara se enciende se forma un campo de microondas el cual causa la volatilización y la excitación de algunos átomos del elemento depositado en la cápsula de cuarzo de la lámpara y así se forma el haz de radiación del elemento específico a determinar. La figura 5 es esquemática de una lámpara de este tipo. Son recomendables para los metales que no se detectan bien con las de cátodo hueco, estos metales son altamente volátiles y sus líneas de resonancia están en la región ultravioleta del espectro electromagnético, incluyen arsénico, selenio, zinc y cadmio. Son de dos a tres veces más sensibles que la de cátodo hueco pero son más caras y requieren mayor consumo de energía.³⁴

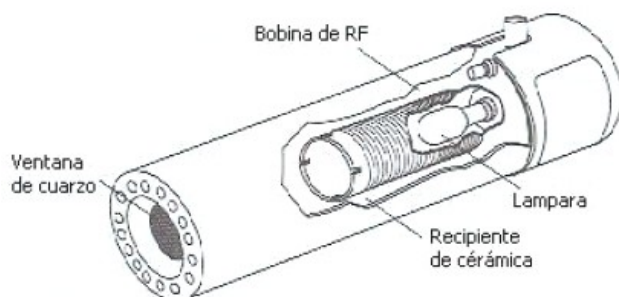


Figura 5. Lámpara de descarga sin electrodos.³⁴

Nebulizador: Este permite formar pequeñas gotas por aspiración de la muestra líquida. Los nebulizadores neumáticos son los más ampliamente usados para la introducción de una solución. El flujo de aire comprimido (gas de nebulización) aspira y nebuliza la solución cuando la muestra es absorbida a través del tubo capilar. En el centro del nebulizador, la muestra se rodea por el gas oxidante que emerge del tubo capilar causando la disminución de la presión en la punta y se succiona la muestra en solución del reservorio de

muestra. La alta velocidad a la que sale esta muestra del tubo capilar crea unas gotas muy finas en forma de rocío. La operación del nebulizador determinará la sensibilidad y reproducibilidad del método. Este aerosol pasa entonces a través de una cámara de expansión, donde las gotas grandes son eliminadas por unos deflectores. Esta cámara también permite el mezclado de los gases y tiene un tubo de drenado para el exceso de aerosol. Un ejemplo de la cámara en combinación con un nebulizador neumático y quemador se esquematiza en la figura 6. El propósito de esta combinación de partes es obtener un rango de gotas de diámetro muy pequeño y reproducible, idealmente del tamaño de 2 a 6 μm antes de ser transferidas al quemador. En términos generales los nebulizadores neumáticos tiene una eficiencia muy baja, del orden del 5-10% y no se recomiendan para soluciones con alto contenido de sólidos debido a que se pueden bloquear los tubos capilares. El exceso de gotas grandes es desechado por el tubo de drenaje.³³⁻³⁵

Para la elección de este se deberá considerar la cantidad de muestra disponible, la forma física de la muestra y las características analíticas requeridas tales como precisión, exactitud y límite de detección.³³

Otro tipo de Nebulizadores: Se han desarrollado otro tipo de nebulizadores a fin de mejorar la eficiencia de nebulización así como para manejar soluciones con altos contenidos de sólidos, los nebulizadores ultrasónicos generan un aerosol más homogéneo y fino, generalmente de gotas más pequeñas de 5 μm , tiene una eficiencia de más del 30%. El principio básico involucra el uso de sonidos de alta frecuencia (generalmente 0.1 a 10 MHz) para crear gotas pequeñas de la solución las cuales son arrastradas al atomizador a través de una cámara. Otro tipo de nebulizadores se ha usado para evaluar directamente muestras como salsa de tomate, leche evaporada o sangre completa. En general este tipo de nebulizadores se recomiendan para necesidades específicas y no son de uso universal.³³

Quemador y Flama: se considera que la atomización en llama tiene dos pasos básicos: primero la nebulización para generar un aerosol fino de la muestra en solución y en segundo lugar para la disociación del analito en átomos en estado elemental. La llama actúa sobre los cationes metálicos en solución para producir átomos metálicos, estos se dividen en dos tipos de poblaciones:

átomos térmicamente excitados y átomos en estado fundamental. Los que mide la EAA son los que están en estado fundamental que en número son mucho mayor. Por ejemplo a 2,500°C hay aproximadamente 1 átomo de sodio excitado térmicamente por cada 5 en estado fundamental.³²

Generalmente se usa una combinación de un gas combustible (por ejemplo acetileno) con un oxidante (aire u óxido nitroso). La mezcla deberá ser controlada para obtener condiciones adecuadas de operación para el elemento bajo análisis. Un paso muy importante es el de alineación de la flama en la dirección de la luz, el instrumento usado deberá ofrecer un alto control sobre el sistema de muestreo y control de movimientos horizontales, verticales y rotacionales, el ajuste horizontal o lateral es el más crítico. El procedimiento más recomendado para ello es colocar un trozo de papel blanco en la dirección de la luz previo a la ignición de la flama a fin de identificar la ruta de la fuente de luz. La optimización final de la posición se hará con la flama iluminada mientras se aspira una solución estándar apropiada.³⁵

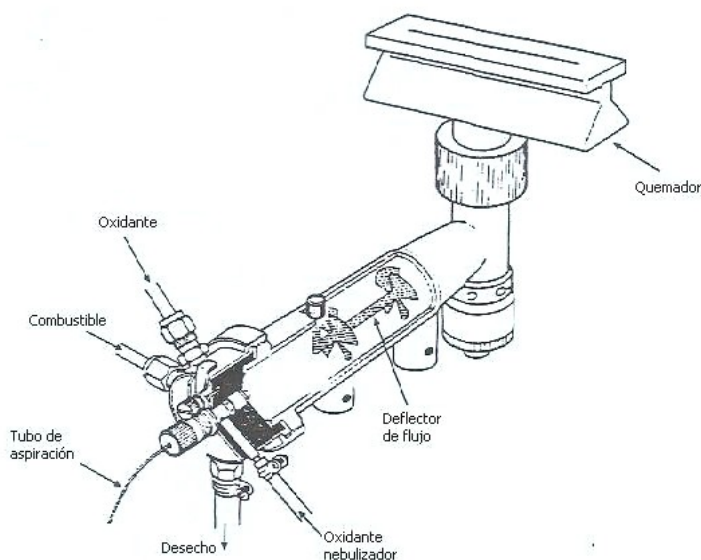


Figura 6. Quemador-Nebulizador de premezclado o de flujo laminar.³⁴

Monocromador: Se emplea generalmente un monocromador para rechazar la radiación generada por la llama, que incluye emisiones por excitación térmica de esta y de compuestos radicales, así como de otros elementos que formen parte de la matriz. La mayoría de estas emisiones no se producen a la longitud de onda utilizada en el análisis por lo que un monocromador puede rechazar la mayoría de la intensidad térmica no deseada. La EAA es un método muy

selectivo y no tiene interferencias espectrales virtuales, el monocromador no requiere tener una alta resolución, usualmente una resolución de 0.02 a 2 nm es adecuada.^{32,33}

Detector o transductor: Estos deben ser capaces de transformar, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente. El más ampliamente utilizado es el tubo fotomultiplicador. El fotomultiplicador consiste de un cátodo fotoemisor y varios dínodos a vacío. El dínodo genera la multiplicación de electrones. Los fotoelectrones expulsados por el fotocátodo golpean el primer dínodo y libera de 2 a 5 electrones secundarios, estos son acelerados hacia el siguiente dínodo y se da un efecto en cascada. El cátodo está recubierto de un material fácilmente ionizable como aleaciones de metales alcalinos con antimonio, bismuto o plata. La sensibilidad espectral de un fotomultiplicador depende del material de recubrimiento del cátodo, uno de los recubrimientos más versátiles es el de arsenato de galio.³³

Amplificador: Sistema electrónico, que como su nombre lo indica amplifica la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes.³³

Sistema de lectura: Se requiere de un sistema de lectura en el cual la señal de intensidad de corriente, sea convertida a una señal que el operario pueda interpretar (transmitancia o absorbancia). Este sistema de lectura, puede ser una escala de aguja, una escala de dígitos, un graficador, una serie de datos que pueden ser procesados a su vez por una computadora, etc. La EAA en flama es a la fecha la técnica más ampliamente utilizada para determinar elementos metálicos y metaloides. Esta técnica tiene grandes convenientes y es de costo relativamente bajo, pudiéndose aplicar tal técnica a una gran variedad de muestras.³³

Un instrumento de Absorción Atómica acoplado a un horno de grafito y a un generador de hidruros puede alcanzar límites de detección hasta de partes por billón, lo cual lo hace indispensable en áreas como son: estudios de contaminación ambiental, análisis de alimentos, análisis de aguas potables y residuales, diagnóstico clínico, etc.³³

13.2 EAA SIN FLAMA- Atomizadores electrotérmicos

Recientemente ha surgido otra técnica en la que no se emplea llama, esta se ha sustituido por un sistema de generación de átomos en estado gaseoso, la importancia de esta técnica radica en que se pueden analizar muestras más pequeñas, los quemadores típicos aspiran varios mililitros de solución por minuto pero la mayor parte es drenada, los sistemas de EAA sin llama funcionan con pocos microlitros de solución problema, generalmente 2 a 200 μl , ofrece también una sensibilidad absoluta entre 10 y 100 veces mayor que la de llama sin embargo la EAA es susceptible a interferencias, particularmente de haluros de tierras alcalinas y requieren por lo tanto sistemas más complejos y costosos. El dispositivo más común en esta técnica es el **horno de grafito**. En este horno hay un sistema para proteger el tubo de grafito del oxígeno atmosférico y un mecanismo de recirculación de agua que permite refrigerar el tubo rápidamente, esto se hace para que las muestras subsecuentes puedan introducirse sin necesidad de esperar mucho tiempo a que el horno se enfríe.³³⁻³⁵

Actualmente el típico quemador en EAA se sustituye por el horno. Las muestras se introducen por microjeringas o en una pequeña microcubeta. La muestra se coloca en la pared del tubo o en una pequeña plataforma que está suspendida sobre el fondo del tubo, se conecta a una corriente y dependiendo de la naturaleza de la muestra, el horno se calienta por etapas. Primero se elimina el disolvente y en la segunda etapa son carbonizados los materiales orgánicos y el horno es entonces calentado a temperaturas mucho más altas.³³ A temperaturas elevadas, las paredes de grafito del horno interaccionan con la muestra. Esta interacción desencadena la reducción de los componentes metálicos y la generación del metal libre. A la temperatura de trabajo del horno, los metales pasan a estado gaseoso y absorben parte de P_0 (la potencia de la fuente de luz antes de pasar a través de la muestra). El argón que fluye a través del tubo mantiene el vacío y transporta el vapor del metal fuera del tubo, pero mientras esto tiene lugar, la absorbancia, en relación con el tiempo, está siendo registrada por el instrumento. El área bajo la curva es directamente proporcional a la cantidad de elemento metálico que ha provocado el pico de absorción. Una vez que la nube de vapor metálico se ha eliminado del horno, este puede ser enfriado para introducir una nueva muestra.³³

13.3 LÍMITES DE DETECCIÓN

La tabla 1 muestra información comparativa entre los métodos de llama y grafito y sus límites de detección.

Tabla 13.3.1 Límites de Detección para Ciertos Elementos por Espectroscopia de Absorción Atómica.³³

Elemento	Longitud de Onda	Límite de Detección		Horno (Absoluto) (pg)
		Flama (g/mL)	Horno* (ng/mL)	
Ag	328.1	0.05	0.01	0.2
Al	309.3	0.50	0.10	2
As	193.7	1.00	0.50	10
Au	242.8	0.20	0.50	10
B	249.8	5.00	10.0	200
Ba	553.6	0.05	0.25	5
Be	234.9	0.02	0.04	0.8
Bi	223.1	0.50	0.10	2
Ca	422.7	0.01	0.20	4
Cd	228.8	0.01	0.005	0.08
Co	240.7	0.03	0.30	6
Cr	357.9	0.03	0.01	0.2
Cs	852.1	0.06	0.05	1
Cu	324.7	0.01	0.04	0.8
Eu	459.4	0.10	0.10	2
Fe	248.3	0.02	0.20	4
Ga	287.4	0.10	1.0	20
Ge	265.2	1.00	3.0	60
Hg	253.6	2.00	5.0	100
K	766.5	0.02	0.02	0.4
Li	670.8	0.01	0.20	4.0
Mg	285.2	0.002	0.001	0.02
Mn	279.5	0.02	0.01	0.2
Mo	313.3	0.06	1.0	20
Na	589.0	0.002	0.005	0.1
Ni	232.0	0.05	0.5	10
Pb	217.0	0.10	0.1	2
Pd	244.8	0.20	1.0	20
Pt	266.0	0.50	2.0	40
Rb	780.0	0.10	0.6	12
Sb	217.6	0.20	0.5	10
Se	196.0	1.00	0.5	10
Si	251.6	0.10	1.0	20
Sn	235.5	0.10	3.0	30
Sr	460.7	0.05	0.4	8
Ti	276.8	0.10	1.5	30
V	318.4	0.15	1.5	30
Zn	213.9	0.01	0.002	0.04

* En base a un volumen de 20 µL

13.4 CALIBRACIÓN

Como la mayoría de las técnicas analíticas la EAA es relativa y requiere una calibración muy cuidadosa, esto se realiza mediante la aspiración de un blanco y ajustando los controles para leer una absorbancia igual a cero, después se calibra aspirando soluciones estándar. Los datos resultantes se analizan determinando sus absorbancias y empleando la curva de calibración, se obtienen las concentraciones. En los instrumentos que llevan incorporados microordenadores, los datos para la calibración se procesan a través de los dispositivos electrónicos. Cuando se utilizan instrumentos de haz sencillo se

deben realizar continuamente ajustes de calibración debido a errores del instrumento. La ventaja de este tipo de equipos es su bajo costo. En el caso de los de doble haz la calibración se realiza de la misma manera que en el de haz sencillo pero los de doble haz tienden a ser más estables, requieren con menos frecuencia ajustes de calibración y son más sensibles. Todos los aparatos de EAA son susceptibles a errores provocados por la radiación dispersa por partículas en llama, este problema se trata con un sistema de corrección de fondo.³²

14. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN PRODUCTOS COSMÉTICOS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Ya que no existe un procedimiento oficial emitido por un organismo internacional para la cuantificación de plomo en productos cosméticos, se realizó una investigación en revistas científicas relacionadas con el tema para definir cuales podrían ser las condiciones de trabajo más adecuadas para este propósito. Se debe considerar que las matrices de productos cosméticos son complejas y que estas pueden llegar a contener varias decenas de diferentes compuestos químicos sin embargo, se ha demostrado que el uso de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica es una herramienta muy conveniente ya que varios autores en diferentes países lo citan como un método exitoso. Existen otros métodos de cuantificación, pero en esta investigación se cubrirá solamente este método ya que al haber encontrado más referencias de trabajos publicados en organizaciones científicas con el equipo referido, indica que ha sido investigado con mayor profundidad y que es una técnica muy usada por sus buenos resultados.³⁶⁻⁴⁰

No obstante, es conveniente remarcar el hecho de que existe una limitada información disponible desde el punto de vista normativo y técnico concerniente a la cuantificación de metales pesados en los productos cosméticos terminados y su posible efecto por absorción transcutánea a través de su aplicación tópica.³⁶

14.1 Procedimiento A

Instrumentación: Los artículos consultados refieren modelos de espectrofotómetros Perkin Elmer 100B equipado con horno de grafito, muestreador Perkin Elmer Modelo AS-70 y registrador de datos.³⁶

Materiales: En este procedimiento se realizó el análisis a diferentes formas cosméticas incluyendo cremas, jabones y espumas de baño. El país de origen de los productos fue Italia, el muestreo se realizó 5 veces, una vez cada dos meses con el mismo proveedor.³⁶

Tratamiento de las muestras: primero se destruyó la materia orgánica de la siguiente manera: calibración del peso de las botellas de pesado. Transferencia de las muestras en las botellas de pesado y determinación de la muestra

húmeda. Desechado de las muestras en un horno a 105°C por 12 horas, tratamiento térmico a 50°C por hora y posterior calcinación a 450±10°C en un horno especial con paredes internas cubiertas de películas de cuarzo. Recolección de cenizas blancas o alternativamente repetición del último paso. Disolución de las cenizas en 1 mL de ácido nítrico a 40°C. Transferencia de la solución final en matraces volumétricos de 50 mL y dilución al volumen con agua desionizada. Todo el material de vidrio usado para la preparación de muestras almacenadas (stock) y soluciones estándar fue tratado con HNO₃ concentrado libre de metales marca Merck, para evitar contaminación cruzada de metales pesados desde un día antes. Todos los reactivos fueron grado analítico. Los estándares de plomo se prepararon por dilución con HNO₃ al 2% de las soluciones almacenadas, se utilizó agua ultra pura para la preparación de todas las soluciones.³⁶

Condiciones de operación: Se utilizó el método de regresión lineal de una curva de calibración seguido de la adición de diferentes alícuotas de estándares de concentración conocida. Se utilizó un horno de grafito con un programa de rampas de temperatura desde 80 hasta 2,650°C con un flujo de argón de 0-300 mL/min y de duración de 5 a 60 segundos en cada rampa.³⁶

Resultados: Se obtuvieron porcentajes de recobro promedio del 96.8% con una desviación estándar de 4.9, los contenidos de plomo en las 18 muestras cosméticas se encontraron por debajo de los límites de detección del aparato. En las otras 9 muestras los valores fluctuaron entre 14.2 ppb hasta un máximo de 184.4 ppb. El autor remarca que no hay una distribución uniforme de los resultados en todas las muestras y que la toxicidad intrínseca de los metales pesados hace necesario evaluar cuantitativamente el riesgo para el consumidor ya que la biodisponibilidad de los metales pesados se puede favorecer por otros compuestos como el EDTA que puede servir como acarreador de estos cationes y como vimos en el capítulo 6 es muy usado en las formulaciones cosméticas como sombras de ojos. También remarca que no existe ninguna indicación en las leyes italianas para el contenido de metales pesados en los productos terminados, solo hay referencia de que los compuestos químicos con metales pesados no deben ser incluidos en los productos cosméticos.³⁶

14. 2 Procedimiento B

En este estudio el autor indica que realizó el análisis por EAA por muestreo electrotérmico directo de dióxido de titanio, este procedimiento se refiere ya que como hemos visto el TiO_2 es ampliamente usado en las formulaciones cosméticas como sombras para ojos y lápices labiales. Este pigmento debe cumplir con los requerimientos de límite de plomo de acuerdo al CFR y directiva de la Comunidad Europea de 10 ppm.²⁸⁻³⁰

Reactivos y muestras: Se utilizaron soluciones almacenadas de estándares certificados. Para la disolución del TiO_2 se utilizó H_2SO_4 , HF y H_2O_2 . Para la generación de hidruros se usaron soluciones de tetrahidroborato marca Merck y HCl. El agua utilizada fue grado ultra puro.³⁷

Instrumentación: Se utilizó un espectrofotómetro modelo ZEE nit 60, con lámpara de cátodo hueco con un atomizador de horno de grafito y un sistema de corrección de ruido de fondo.³⁷

Procedimiento: las muestras se prepararon con agua ultra pura (20% m/v) tratadas en un baño ultrasónico con agitación constante. Se colocaron en un digestor de microondas, se adicionó 3 mL de ácido fluorhídrico, ácido sulfúrico y 1 mL de peróxido de hidrógeno, calentada posteriormente a $250^\circ C$ por 20 min. Después de enfriada se transfirió la solución a un matraz limpio y se diluyó a 10 mL. Se realizó la determinación de un blanco simultáneamente. La temperatura máxima de pirolisis fue de $500^\circ C$, temperatura de atomización de $1,800^\circ C$ con una velocidad de flujo de argón de $100\text{ mL}/\text{min}^{-1}$. También en este caso se utilizó un método de calibración por adición de estándares.³⁷

Resultados: Se obtuvo una muy buena correlación de las señales del analito, una desviación estándar de 0.16 (mg/kg). Límites de detección muy bajos del orden de 3.9 ng/g. La desviación estándar obtenida fue del 9-16% de 15 réplicas de absorbancia por 1 mg de muestra con alícuotas de 0.4- 10 mg. Se resalta que la limpieza de las instalaciones es primordial para obtener estos resultados.³⁷

14. 3 Procedimiento C

En este artículo consultado, se cuantifica el plomo como trazas en productos cosméticos elaborados con materias primas apícolas, este es de interés para el trabajo ya que los lápices labiales utilizan en sus formulaciones altas

concentraciones de cera de abeja. Se considera que los contenidos de plomo deben ser muy bajos por lo que es necesario el uso de una técnica analítica altamente sensible y con muy bajos límites de detección.³⁸

Reactivos: Se trató la cristalería por 72 h con HNO₃ 10% (v/v) y se enjuagó con agua desionizada y destilada. Se usaron soluciones patrón de Pb de 1,000 µg /mL (Spectrosol) , se preparó una solución de NaBH₄ al 3% con una disolución de NaOH 0.1 M, todos los reactivos fueron de pureza analítica.³⁸

Equipo: Se empleó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Modelo Solar 919 (UNICAM). La línea espectral se ajustó a la longitud de onda adecuada para plomo (283.3 nm) con un paso de banda 0.5 nm y una intensidad de corriente de 8mA. Se empleó flama de aire acetileno.³⁸

Procedimiento: A 1 g de muestra se adicionó 2 mL de HNO₃ concentrado y se colocaron en una placa de calentamiento de 80°C por 30 min, se adicionaron 2 mL más y se continuó el calentamiento hasta disolución. Se llevaron a 25 mL con agua desionizada y se prepararon blancos. Se trabajó con métodos de calibración, preparando disoluciones estándar entre 0.5 y 4 µg/mL y en un segundo caso se tomaron alícuotas para hacer adiciones de estándar con concentraciones de 0 a 3 µg/mL.³⁸

Resultados: Los autores encontraron que no existe diferencia significativa para los dos casos de métodos de calibración y se pudo realizar la cuantificación de las muestras por interpolación directa. Encontraron un porcentaje de recobro del 96% (antes de la digestión) en cremas y de un 99% después de la digestión. El contenido de plomo en las muestras analizadas fueron inferiores a 10 µg/g de muestra.³⁸

14. 4 Otros procedimientos

Otros trabajos han sido realizados para la determinación de plomo en diversas formas cosméticas utilizando absorción atómica, el revisado en esta referencia utilizó digestión por microondas, tratando las muestras con ácido nítrico y peróxido de hidrógeno con incrementos de presión logrando optimización de tiempos en este proceso de 25 minutos. El límite de detección fue de 0.005 mg/L y los porcentajes de recobro y desviación estándar fueron de 75-98.3% y 2.3-6.8% respectivamente.³⁹

Otro trabajo consultado describe la determinación simultánea de plomo, mercurio y arsénico en productos cosméticos, el plomo se determinó por Espectroscopia de Absorción Atómica mientras los demás analitos por fluorimetría atómica. Las muestras se sometieron a un proceso de extracción ácida y posteriormente digeridas en horno de microondas. Los rangos de linealidad para plomo fueron de 0.01-0.05 $\mu\text{g/mL}$ ($r=0.9965$). Los límites de detección fueron de 0.1 $\mu\text{g/g}$, con porcentajes de recobro del 90-100%, este método por lo tanto es conveniente y exacto.⁴⁰

En el último trabajo revisado, el autor determinó plomo, arsénico y mercurio en productos cosméticos con digestión por microondas, el plomo se determinó por Espectroscopia de Absorción Atómica y el mercurio usando Espectroscopia de Absorción Atómica en frío. Las muestras se digirieron con ácido nítrico y peróxido de hidrógeno (5+1) a una presión de digestión de 1.5-2.0 Mpa y tiempo de calentamiento de 3-5 min. La desviación estándar obtenida fue de 1.09-5.21 y los porcentajes de recobro del 90-99.6%.⁴¹

15. CASOS FORENSES DE ENVENENAMIENTO POR PLOMO EN COSMÉTICOS.

La industria cosmética se encuentra orientada a la fabricación de productos capilares, tintes, desodorantes, maquillaje de color, perfumes, fragancias, cuidado de la piel, higiene bucal, jabones, cremas, espumas para rasurar, talcos, de protección solar, productos para bebe y niños, entre otros. Ha estado presente en México desde la década de los 20's del siglo pasado, etapa en la que se importaban algunas fragancias; inicia un proceso de expansión en la década de los 50's y en la década de los 70's del siglo XX se consolidó. La importancia de esta industria es que guarda una estrecha relación con la salud de la población, así como por su producción y por la cantidad de empleos que genera. El valor del mercado en el año 2004 fue del orden de 43,600 millones de pesos para todos los productos de la industria cosmética.⁴²

El mercado mexicano ha sido creciente debido al incremento en el público consumidor en los últimos años ya que los adolescentes se convierten en adultos con poder adquisitivo. Se ha dado un incremento en el uso de cosméticos, debido a la actitud de las mujeres mexicanas de considerar a los cosméticos y a los salones de belleza como una oportunidad de consentirse. Las nuevas formulaciones y los cambios en las presentaciones contribuyen a incrementar el consumo. Específicamente en el sector de cosméticos de maquillaje y color hay más de 50 millones de clientes potenciales.

Las mujeres mexicanas consumen más cosméticos que el promedio mundial, incluso un número mayor que en países latinoamericanos como Brasil.⁴²

De acuerdo con datos de la Cámara Nacional de la Industria de Perfumería, Cosmética y Artículos de Tocador e Higiene (CANIPEC), el sector de color participa con 13.8 por ciento de la facturación total de cosméticos cuyo valor en el mercado mundial fue de aproximadamente 472,998 millones de dólares para 2006. Existe sin embargo un grave problema que enfrenta la industria bien establecida pues el comercio informal está captando consumidores en gran escala, tan solo en México en el año 2001 obtuvo 689 millones de pesos en ventas.⁴³

Como vemos el uso de productos cosméticos está muy generalizado y es usado por millones de personas diariamente con un tiempo alto de exposición

a estos productos ya que un lápiz labial puede usarse durante todo el día e incluso ser reaplicado varias veces al día, lo mismo que las sombras para los ojos.³⁶

En México, los productores formales apegados a la regulación sanitaria fabrican productos que se encuentran dentro de los límites de seguridad conocidos, parecen no representar un peligro para la sociedad y están sujetos a inspecciones sanitarias por parte de la Secretaría de Salud para la verificación de sus prácticas de manufactura, en cierta forma eso es una garantía sin embargo, el gran problema al que se enfrentan con el mercado informal es que los productos de estos últimos no se someten a ninguna evaluación técnica, ni regulación sanitaria y sus precios son más bajos en comparación con los formales lo que genera un gran consumo y competencia desleal.⁴²

Existe aún una gran controversia acerca de cuales son los límites seguros de plomo pues algunos autores señalan que aún a muy bajos niveles la exposición a este contaminante es dañina y en el caso del feto al traspasar la barrera placentaria estos son los individuos más susceptibles de tener problemas severos de neurotoxicidad.⁹ En el caso de cosméticos no se requiere presentar estudios de seguridad de los productos ante la autoridades antes de ser puestos en el mercado, lo mismo pasa en los Estados Unidos o en la Comunidad Europea, la FDA informa a la ciudadanía: La autoridad legal de la FDA es diferente de otros productos regulados por la agencia, tales como fármacos, productos biológicos y dispositivos médicos. Las compañías cosméticas son responsables de la seguridad de sus productos e ingredientes antes de ponerlas en el mercado.⁴⁴

De manera general en México solo los juguetes o los lápices de colores han sido relacionados formalmente con contenido alto de metales pesados como el plomo.^{12,21}

Durante este trabajo de investigación no se encontraron datos de estudios específicos de contenido de plomo en México ni casos reportados de envenenamiento por plomo en cosméticos, se reportan si como una fuente potencial en diferentes artículos y solo en productos de cultura tradicional sin embargo, en Estados Unidos se encontraron los siguientes casos.

15.1 CASOS DE INTOXICACIÓN POR PLOMO EN COSMÉTICOS PARA OJOS

Los casos de intoxicación por plomo en cosméticos reportados fluyen en torno al uso de cosméticos como un elemento de identidad cultural en algunos grupos étnicos en el cercano y medio oriente, asia sur-oriental y China. Estos productos son identificados como Kohl o Surma. Los compuestos de plomo continúan siendo usados para mejorar la apariencia de niños, adultos y han sido identificados como la causa de elevados niveles de plomo en sangre en niños, estos se aplican alrededor de los ojos para enfatizar su concepto de belleza. En el caso de los niños el plomo es transferido a los dedos y consecuentemente a la boca cuando estos se chupan las manos causando su absorción.¹⁵

Caso 1. En California Estados Unidos durante 1991 a 1994 se evaluó a varios niños para la detección de niveles de plomo que en este país es de carácter rutinario y obligatorio, se identificó en este estudio como fuente de contaminación a los cosméticos para ojos importados de Pakistán y la India en ciertos grupos étnicos. Se detectó que en 175 niños los NPS eran de 4.3 en aquellos infantes que no usaban cosméticos pero se incrementaba hasta 12.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en aquellos que si los usaban, los resultados de las pruebas de laboratorio indicaron que los cosméticos tenían un alto contenido de plomo. Estos productos fueron aplicados en el párpado inferior, superior o ambos, se aplicaron por cuestiones culturales y al parecer se aplicaron más en niños de menos de 2 años de edad que en niños más grandes, los niños más pequeños (3 meses de edad) en consecuencia mostraron NPS de más de 24 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en ellos se detectó que se aplicaba el cosmético diariamente. Cuando se evaluaron en el laboratorio los cosméticos aplicados se encontraron contenidos de plomo hasta del 16.4% de el denominado Khol, en algunos otros casos los porcentajes variaban de 70 a 86% de sulfuro de plomo. Estas familias aplicaban el producto en forma de gel, líquido o mezclas. Se encontró en este estudio que el plomo se absorbió gastrointestinalmente por vía oral a través del conducto naso-lacrimal, las lágrimas se colectaban en la nariz contribuyendo a la absorción gastrointestinal así como cuando los niños frotaban sus ojos y después se llevaban los dedos a la boca, práctica muy común. Los padres de

los niños afectados fueron alertados acerca de la toxicidad de estos productos y se les recomendó que usaran solo los vendidos en los Estados Unidos, los niños fueron tratados y puestos en un programa de seguimiento.⁴⁵

Caso 2. Aún cuando los programas de educación, evaluación y disminución de límites de plomo en los productos de consumo han reflejado un decremento en los NPS en habitantes de Estados Unidos se han reportado casos de fuentes no comunes como el caso de cosméticos. Se reportó en 1999 un caso de un niño de 11 meses de edad con niveles de 43 $\mu\text{g}/\text{dL}$, en su evaluación de rutina. La inspección en su casa no mostró indicios de exposición a plomo por pintura pero durante la entrevista sus padres informaron que habían aplicado el cosmético Surma en los ojos del niño durante 5 meses diariamente. El análisis de laboratorio reveló que el cosmético contenía 25% de plomo en peso. Al dejar de usar el producto los NPS bajaron a 23 $\mu\text{g}/\text{dL}$.⁴⁶

El autor refiere que el Surma es un cosmético usado en los países asiáticos con propósitos cosméticos y medicinales desde hace varios siglos, el Surma es el equivalente al Khol en la India y en el medio Oriente, este cosmético es usado por adultos y niños de ambos sexos.⁴⁶

Caso 3. En un artículo publicado en el 2000, se detalla el incidente de un bebé de 2 meses de edad se le presentó de emergencia en el hospital con disturbios crónico clónicos y se detectaron niveles altos de plomo de 200 $\mu\text{g}/\text{dL}$. La madre refirió estar usando Kohl en los párpados del niño. Este fue tratado con terapia de quelación por 5 días y los niveles de plomo bajaron a los niveles normales en las siguientes semanas, la familia fue asesorada para no usar tales productos cosméticos.⁴⁷

Caso 4. Se realizó un estudio de plomo, níquel, cobalto, cromo y arsénico en sombras para ojos en 88 colores de 25 marcas de 49 productos a fin de determinar la seguridad de las sombras para ojos. Se encontró que 66 de los 88 tonos de color contenían más de 5 ppm de al menos uno de los elementos. En un tono la cantidad de todos los elementos fue de menos de 1ppm, la cantidad de cobalto y níquel fue de 41 y 49 ppm, estos niveles fueron tan altos como para causar problemas de sensibilidad y alergia. La cantidad de plomo fue de menos de 20 ppm en todos los productos. Los resultados del estudio realizado indicaron que probablemente las sombras para ojos no tenían efectos

toxicológicos significantes, y que los consumidores sensibilizados a los elementos químicos referidos tienen problemas para elegir productos adecuados para ellos ya que estos elementos en forma de impurezas no son declarados en la lista de ingredientes. Menciona que los fabricantes deberían exigir la certificación de que las materias primas que compran no contienen elementos tóxicos, esto es posible comprando materias primas certificadas como vimos en el capítulo de regulación sanitaria. Aunque los niveles de contaminantes en el estudio referido se encontraron en niveles aceptables, muchos tuvieron contenidos altos desde el punto de vista del consumidor. Este artículo fue publicado en el año 2000.⁴⁸

Caso 5. En un estudio realizado en Pakistán y dado a conocer en 2001 al realizar una evaluación de niños de escuelas privadas encontraron NPS de 38.2 y 18.8 $\mu\text{g/dL}$ atribuyendo tal contaminación a la gasolina con plomo y al cosmético de ojos Surma. Se estima que la cantidad de Surma usada en este país varía de 10 a 15 mg diariamente y el contenido de plomo en estos productos va desde el 16 al 70%, la cantidad absorbida de plomo es de 1.6 a 10.5 mg, los niños absorben del 30 al 50% de plomo a través del tracto gastrointestinal y se podrían absorber de 0.48 a 5.25 mg de plomo diariamente por el uso de este cosmético, los niños desarrollan un balance positivo más grande a 5 $\mu\text{g/dL}$ de plomo ingerido por Kg de peso por día. Del mismo modo que los anteriores, el autor refiere que su gobierno debería implementar programas de prevención efectivos.⁴⁹

Caso 6. En Arabia Saudita se refiere el uso del delineador de ojos Kohl (Surma) como de uso muy popular entre la población y que la gente cree, es un producto seguro. Se recolectaron 107 muestras de Kohl de diferentes partes de este país y se encontró que los niveles de plomo estaban por arriba del 53%. Los análisis de sangre de usuarios asiduos a este producto revelaron una alta concentración de plomo así como niveles relativamente bajos de hemoglobina. El autor sugiere en su estudio emitido en el 2004 que debe empezar una campaña de alerta pública dado el alto riesgo a la salud implicado y que se motive el uso de Kohl libre de plomo.⁵⁰

Caso 7. En Africa también han identificado como fuente potencial de contaminación por plomo a los cosméticos esta vez en un maquillaje de Kwali

el cual se reportó conteniendo más del 60% de plomo, la intoxicación por cosméticos con plomo se presentó con dolor abdominal, encefalopatía manifiesta por irritabilidad, ansiedad y anemia en casos publicados en el 2005. El autor refiere que el contenido alto de plomo en lentes de contacto está también relacionado con la aparición de cataratas. La aplicación de preparaciones locales que contienen plomo en el tratamiento de infecciones y su uso en cosméticos ha sido identificada como una fuente de absorción de plomo importante en África, se dice que en una madre que amamanta a su hijo el uso de estos cosméticos podría elevar sus niveles en plomo en la leche hasta más de 130 µg/dL. El uso de los productos cosméticos conteniendo plomo expone a los usuarios a alcanzar niveles de plomo arriba de los aceptables y en consecuencia se debería implementar un programa público de difusión y educación acerca de los peligros de estos productos.⁵¹

15.2 ACCIONES GUBERNAMENTALES PARA EVITAR LA INTOXICACIÓN POR PLOMO EN PRODUCTOS COSMÉTICOS

En **México** lamentablemente no se encontraron reportes de alerta a la ciudadanía acerca de la toxicidad de remedios tradicionales muy usados que producen efectos dañinos a la salud como es el uso de Greta para tratar el empacho o el uso de la cerámica vidriada, es un hecho demostrado el que exista una relación directa entre los niveles de plomo en sangre elevados con la ejecución de estas prácticas sin embargo, las autoridades sanitarias no difunden la información de manera masiva. No se encontraron tampoco reportes de que algún cosmético haya sido evaluado por alguna circunstancia por las autoridades. A pesar de ser un producto de consumo masivo no se le da tanta relevancia ya que en el sitio web de la Secretaría de Salud no aparece mucha información acerca de este tipo de productos, aparecen más datos acerca de alimentos y medicamentos.¹⁰⁻¹²

En **Estados Unidos** probablemente por la mezcla de culturas y ya que los grupos de inmigrantes mantienen las tradiciones de sus países de origen así como por lo programas de prevención establecidos, se han detectado casos de intoxicación por plomo en cosméticos y se han emitido alertas a la población para evitar el uso de los productos identificados como peligrosos, de tal forma que en 2006 el Centro de Seguridad en Alimentos y Nutrición (Center for Food

Safety and Applied Nutrition, CFSAN por sus siglas en inglés) emitió un comunicado a la población donde menciona que aún cuando las fuentes más comunes de envenenamiento por plomo son la gasolina y la pintura de las casas viejas, advierte también de otra fuente que es el uso del cosmético tradicional Kohl, Pajal, Al-Kahl o Surma. En esta alerta se informa que este cosmético contiene más del 50% en peso de sulfuro de plomo y que aún a niveles relativamente bajos la exposición crónica al plomo puede causar problemas de aprendizaje y de comportamiento y que sus resultados indican que los niveles de plomo en sangre están directamente relacionados con el uso del mencionado Kohl. También es usado como cosmético en los ojos de los bebés y niños y se aplica a los recién nacidos en el cordón umbilical por supuestas razones médicas. Se resalta en este comunicado de manera prioritaria que el Kohl es ilegal en los Estados Unidos ya que no está autorizado su uso como pigmento. También se refiere que estos productos cosméticos se han importado ilegalmente a ese país y que se debe evitar su uso. Se recomienda también verificar que la lista de ingredientes no contenga plomo y evitar la compra de cosméticos no etiquetados.⁵²

En el estado de Maryland también en Estados Unidos en septiembre del 2006 se emitió una orden para evitar la venta de un producto llamado “Hashmi Surma Special” y otros productos conteniendo plomo, fijando una multa de 1,000 dólares para los que infrinjan este decreto. Estas medidas aplican para productos de anaquel y se les informa a los propietarios que serán perseguidos criminalmente por infracciones a la ley. Indican que se obtuvieron las muestras de un mercado de especialidades en la ciudad de Baltimore y que el resultado del análisis de esta muestra mostró un contenido de 39-45% de su peso en plomo, haciendo la comparación de que la pintura contiene un 0.5% de plomo como límite en Maryland y el actual estándar de referencia en este país es de 0.06% en peso para 2006.⁵³

Alertas como las referidas anteriormente no se encontraron en México.

En lo que respecta al acetato de plomo que hemos visto su uso es algo contradictorio, se ha prohibido su uso en México en los tintes progresivos pero se da un tiempo de agotamiento de materiales y de venta al público por un año más, en el caso de Estados Unidos la CFSAN a través de la oficina de Cosméticos y Colores se indica que el acetato de plomo se aplica solo de

manera temporal y que previo a su autorización se analizaron los estudios relacionados de seguridad que mostraron que se hicieron pruebas en humanos bajo condiciones controladas y que se monitoreo la cantidad de plomo en su sangre no encontrándose un incremento significativo y que el plomo no se absorbía después del uso de estos tintes progresivos. Estos datos les sirvieron para su aprobación bajo direcciones de uso que el consumidor debe seguir cuidadosamente y urgen a la ciudadanía a revisar la lista de ingredientes en el empaque de los productos. Sin embargo su uso está aprobado, cuando en otros países de América este ha sido prohibido.^{25,54}

En relación a los **lápices de labios**, surgió a últimas fechas en los Estados Unidos una organización civil que afirma que los lápices labiales contienen plomo, esta organización refiere que realizaron análisis a diferentes marcas comerciales de lápices labiales y que se encontraron más del 60% de estas muestras con contenido de plomo entre 0.02-0.65 ppm y hacen el cuestionamiento de que no hay un límite establecido para cosméticos pero si para productos como los dulces y agua potable.⁵⁵ La FDA y la Asociación de Cosméticos, Fragancias y Artículos de Tocador (Cosmetic Toiletries and Fragrances Association, CTFA por sus siglas en inglés) han marcado sus posiciones formales al respecto. La CTFA indica que el contenido de plomo en los lápices labiales es menor que el contenido que se encuentra en contaminantes usuales y que no existe un mundo libre de plomo⁵⁶ sin embargo, en Octubre de 2007 la FDA anunció en su sitio web que iniciará investigaciones ya que han recibido reportes de existencia de plomo en lápices labiales pero que sin embargo, no existen datos a la fecha que indiquen que esta suposición sea correcta y que se analizará de manera específica la información presentada, efectuando las pruebas necesarias de manera independiente con las acciones posteriores en caso de encontrar que los niveles son peligrosos para la salud; pero al mismo tiempo acota que no tiene autoridad para obligar que los productos sean aprobados antes de ser puestos en el mercado.⁴⁴

16. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Se ha demostrado ampliamente que el plomo es un elemento tóxico que afecta enormemente la salud de la población. Aún a concentraciones bajas puede ocasionar daños irreversibles. Los sistemas que más se afectan negativamente por efectos de este metal son el sistema hematopoyético y sistema nervioso central. Se ha identificado a los infantes y mujeres embarazadas como el grupo de mayor riesgo por exposición a este contaminante.^{2,3,9,11,12,16}
2. Diversos autores refieren que no existen límites seguros para este contaminante pues aún cuando los niveles de plomo en sangre se encuentran por debajo de los límites establecidos por las autoridades gubernamentales tanto en México como internacionalmente, se han reportado casos de afectaciones a la salud como problemas de aprendizaje, alteración del equilibrio, disfunciones del lenguaje.
3. No existe una normatividad específica que regule los contenidos máximos de plomo para productos cosméticos terminados, ni tampoco hay métodos de análisis validados, se tiene establecido solo para las materias primas como pigmentos.
4. Aquellos fabricantes responsables y conscientes de su responsabilidad social usan las materias primas autorizadas y son los que potencialmente estarían más controlados por dichas agencias de salud al recibir visitas de revisión, lo que resulta paradójico es que a las compañías no establecidas formalmente la probabilidad de detectarles anomalías es más baja, sobre todo a los productos manufacturados en otros países que entran ilegalmente a México, sin embargo la probabilidad de encontrar plomo en sus productos en concentraciones superiores que la industria establecida es más alta.
5. En cuanto a la regulación internacional vemos que entidades gubernamentales como la FDA de un país de primer mundo como Estados Unidos permite el uso de acetato de plomo en tintes progresivos que aún cuando el tiempo de contacto es temporal y se dice han demostrado no haber absorción percutánea por su uso, los desechos de este metal van a parar al drenaje público que potencialmente

constituye un riesgo de contaminación ambiental, así como las actividades relacionadas con su manufactura. Una de las diferencias más importantes comparativamente entre México y Estados Unidos y la Comunidad Europea es que en México recientemente ha sido prohibido su uso en los productos cosméticos mencionados.

6. Se cuestiona también el hecho de que las autoridades sanitarias tomen medidas que pretenden ser drásticas pero en la práctica son flexibles, como el caso de la prohibición del uso del acetato de plomo que sin duda representará un avance significativo en el logro de productos cosméticos libres de plomo y por lo tanto más seguros para la población. Sin embargo, por otro lado sus decisiones se ven influenciadas por intereses económicos al otorgar tiempos de agotamiento de materiales a las empresas de hasta 1 año en el que se les permite seguir vendiendo sus productos, aún cuando la misma autoridad ha establecido que ya no es posible su fabricación.
7. Existe la inquietud generalizada de la población de diversos países de que se promueva y que se demuestre con estudios serios cual puede ser el contenido real de plomo en los productos cosméticos pues hasta ahora las autoridades no han realizado este tipo de ensayos y las asociaciones de la industria privada solo justifican que sea más probable que se absorba plomo en mayor cantidad de otras fuentes como el agua, el polvo, los alimentos, la tierra y en general del medioambiente, sin embargo, no demuestran que sus productos están libres de este contaminante.
8. El hecho de que surjan iniciativas a través de asociaciones civiles para pugnar por leyes más eficaces para que las autoridades vigilen más efectivamente las acciones de la industria privada es muy positivo sin embargo en el caso de la campaña de cosméticos seguros, se aborda el hecho con información real y objetiva pero se desvirtúa el objetivo al citar resultados que pueden ser ciertos pero cuya veracidad no está sustentada por un consejo científico. El resultado de estas acciones sin embargo, ha sido efectivo pues ha propiciado que los representantes de la ciudadanía como el senador John Kerry haya presionado para que la FDA inicie una investigación al respecto en noviembre del 2007.⁵⁷

17. CONCLUSIONES

1. El plomo es un elemento nocivo para la salud cuya exposición a la población en general debería ser evitada, las entidades reguladoras oficiales en los países como las agencias de salud no tienen un límite establecido de referencia a este contaminante y dejan bajo responsabilidad de los fabricantes el control de sus productos.
2. No se encontraron referencias que indiquen que se han hecho estudios exhaustivos de cuantificación de plomo en lápices labiales ni en México ni internacionalmente, la información es escasa y proviene generalmente de Asia.
3. Se ha demostrado que la Espectroscopia de Absorción Atómica es un método adecuado para la determinación de plomo en cosméticos usando la técnica de digestión por microondas los tiempos de análisis se ven reducidos y por medio del horno de grafito se obtienen límites bajos de detección con adecuada exactitud y rango lineal. Esta característica es importante pues los rangos lógicos para encontrar plomo en cosméticos debería ser de menos de 10 ppm.
4. En caso de prosperar las iniciativas de las organizaciones particulares podrían verse pronto avances en la regulación sanitaria en relación a los contenidos máximos de plomo en productos cosméticos como lápices labiales, cuyo tiempo de contacto es elevado y que por sus formulaciones es factible que constituyan el grupo de productos más probable de tener las concentraciones más altas de plomo, independientemente del de los tintes progresivos mencionados anteriormente.

18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fenton J. Metales. En: Toxicology a case-oriented approach. Boca Ratón: CRC Press; 2002. p. 311-313.
2. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA1-1993. Salud Ambiental. Limitaciones y requisitos sanitarios para el uso y comercialización de monóxido de plomo (Litargirio), óxido rojo de plomo (Minio) y del carbonato básico de plomo (Albayalde). (12-08-2003).
3. Indicadores y Noticias de Salud. Intoxicación por plomo: de la detección a la prevención primaria. Salud Pública Méx. 1995; 37 (3): 264-276.
4. Ramírez AV. El Cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. An Fac Med Lima. 2005; 66(1): 57-70.
5. Instituto Nacional de Ecología. [Página principal en Internet]. México: 2005 [acceso 2 de Marzo 2008]. Política de reducción de riesgos sobre plomo en México. [14 pantallas] Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/33/politica.html>.
6. O'Neil MJ, Smith A, Heckelman PE, Obenchain J, Gallipeau JA, D'Areca MA. The Merck Index. An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals. 13th ed. New Jersey: Merck & Co Inc; 2001: p.967.
7. True B, Dreishbach R. Tóxicos metálicos. En: Manual de toxicología clínica de Dreisbach. 7^a ed. México: El manual Moderno; 2003.p. 234-240.
8. Cortez M, Téllez M, Gómez H, Hernández M. Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana de la ciudad de México 1988-1998. Salud Pública Méx. 2003; 45 supl 2: 196-202.
9. Fondo de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Saturnismo infantil: Información para promover los intereses de la infancia y adoptar medidas. New York: UNICEF; 1997. Serie informativa: 1-20.
10. Romieu I. Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en latinoamérica. Salud Pública de Méx. 2003; 45 supl 2: 244-251.

11. Jiménez C, Romieu I, Ramírez A, Palazuelos E, Muñoz I. Exposición a plomo en Niños de 6 a 12 años de edad. *Salud Pública de Méx.* 1999; 41, supl 2: 1-13.
12. Romieu I, Palazuelos E, Hernández M, Ríos C, Muñoz I, Jiménez C, Cahero G. Sources of lead exposure in Mexico city. *Environ Health Perspect.* 1994; 102 (4):384-389.
13. Meneses F, Richardson V, Lino M, Vidal M. Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del estado de Morelos. *Salud Pública de Méx.* 2003; 45, supl 2: 203-208.
14. Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993. *Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al plomo (Pb).* (11 de noviembre de 2003).
15. Manzanares E, Vega H, Salas M, Hernández V, Letechipía C, Bañuelos R. Niveles de plomo en la población de alto riesgo y su entorno en San Ignacio, Fresnillo, Zacatecas. *Salud Pública de Méx.* 2006; 48 (3): 212-219.
16. Norma Oficial Mexicana NOM-1999-SSA1-**2000**. *Salud Ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.* (30 de mayo de 2000).
17. Farley D. Dangers of lead still linger. *US Food and Drug Administration. FDA consumer magazine.* January-February 1998. 1-7.
18. Trotter, R. The cultural parameters of lead poisoning: a medical anthropologist's view of intervention in environmental lead exposure. *Environ Health Perspect.* 1990; 89: 79-84.
19. Jiménez C, Romieu I, Palazuelos E, Muñoz I, Cortés M, Rivero A, Catalán J. Factores de exposición ambiental y concentraciones de plomo en sangre en niños de la ciudad de México. *Salud Pública de Méx.* 1993; 35(6):599-606.
20. Grupo de trabajo del comité permanente. Los juguetes y la seguridad química. En: *Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química: Quinta*

- Reunión: Forum V. Budapest; Organización Mundial de la Salud. 2006. p 1-35.
21. Mattel de México [Página principal en Internet]. México: González F.; 2 de agosto de 2007 [acceso 2 de Marzo 2008]. Mattel emite aviso de seguridad a los consumidores. La empresa recolecta productos cuya pintura pudiera contener plomo; [2 pantallas] Disponible en: <http://service.mattel.com/mx/recall/announcement.pdf>.
 22. Klaassen CD. Metales pesados y antagonistas de los metales pesados. En: Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica. 10ª ed. México: Mc Graw-Hill Interamericana; 2005.
 23. Matte TD. Efectos del plomo en la salud de la niñez. Salud Pública de Méx. 2003; 45: 220-224.
 24. Ley General de Salud. Diario oficial de la federación 7 de Febrero de 1984. Última reforma, Diario Oficial de la federación (18 de diciembre de 2007).
 25. Secretaría de Salud. Acuerdo por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza. Diario Oficial de la Federación. Primera sección (21 de marzo de 2007).
 26. NORMA Oficial Mexicana NOM-141-SSA1-1995, Bienes y servicios. Etiquetado para productos de perfumería y belleza preenvasados. Diario oficial de la federación. Primera sección. (18 de julio de 1997).
 27. NORMA Oficial Mexicana NOM-118-SSA1-1994, Bienes y servicios. Materias primas para alimentos. Productos de perfumería y belleza. colorantes y pigmentos inorgánicos. Especificaciones sanitarias. (15 de agosto de 1994).
 28. US Food and Drug Administration. Code of federal regulations. 2006; Title 21, Volume 1. Parts 73-82. (03-01-2002).
 29. Schlossman M. Decorative products. En: Barel AO, Paye M, Mainbach H. Handbook of cosmetic science and technology. New York: Marcel Dekker. 2001: 645-683.

30. Commission Directive 2007/22/European Community of 17 April 2007 Amending Council Directive 76/768/ Annex IV. (17-03-2007).
31. Flick, E.W. Cosmetic and toiletry formulations. Vol 2. 2nd ed. Park Ridge: Noyes Publications; 1989: 172-176.
32. Bender GT. Métodos instrumentales de análisis en química clínica. Zaragoza: Acribia; 1992.
33. Sneddon J. Atomic absorption spectrometry. En: Settle F, editor. Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry. 3th edn. Florida: Prentice Hall; 1997.p. 373-393.
34. Facultad de Ciencias Químicas. Espectrometría de absorción atómica. Chihuahua: Universidad autónoma de Chihuahua; 2003. Antología: Lectura No 9.
35. Haswell S. Atomic absorption spectrometry. Amsterdam: Elsevier; 1991.
36. Conti ME, Botre F, Mazzei F. On the heavy metals content in cosmetic formulations: an atomic absorption spectroscopy investigation. J. Appl Cosmetology. 1996; 14(4): 147-154.
37. Dočecal B. Vojtková B. Determination of trace impurities in titanium dioxide by direct solid sampling electrothermal atomic absorption spectrometry. Spectrochimica Acta. 2007; 62 (Part B): 304-308.
38. Luna B, Quevedo O, Rodriguez AC. Determinación de plomo y arsénico en tabletas y cremas elaboradas a partir de productos apícolas. Ciencias Químicas. 2000; 31(3), 161-163.
39. Li H, HU X, Zhang J, Shen C. Determination of heavy metals in cosmetics by microwave digestion and atomic absorption spectrometry. Huanjing Yu Jiankang Zazhi. 2007; 24(3): 169-171.
40. Liu J, Dong B. Simultaneous determination of lead, mercury and arsenic in cosmetics by acid extraction. Zhongguo Gonggong Weisheng. 2005; 21(8): 1002-1003.
41. Zhu, Y. Determination of lead, arsenic and mercury in cosmetics using microwave sample digestion. Huaxue Fence. 2002; 38(6), 305-307.
42. Cámara Nacional de la Industria y Perfumería [Página principal en Internet]. México: 2004 [acceso 2 de Marzo 2008]. La industria de

- perfumería, cosmética y artículos de tocador e higiene en México; [3 pantallas]. Disponible en: <http://www.canipec.org.mx/> .
43. Cámara Nacional de la industria de perfumería y cosmética. Boletín informativo. México: Canipec; 2007. Año XIV (3). p.8.
 44. US Food and Drug Administration. Center for food safety and applied nutrition. Office of cosmetics and colors. Lipstick and lead: questions and answers. (12-27- 2007).
 45. Sprinkle, R. Leaded eye cosmetics: a cultural cause of elevated lead levels in children. *J Fam Pract.* 1995; 40: 358-362.
 46. Jones TF, Moore WL, Craig AS, Reasons RL, Schaffner W. Hidden threats: lead poisoning from unusual sources. *Pediatrics.* 1999; 104: 1223-1225.
 47. Narchi H. Radiological case of the month. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2000; 154: 83-84.
 48. Sainio E, Jolanki R. Metals and arsenic in eye shadows. *Contact Dermatitis.* 2000; 42(1): 5-10.
 49. Khan AH, Ghani F, Kurshid M. Low-level exposure and blood lead levels in children: a cross-sectional survey. *Arch Environ Health.* 2001; 56(6): 501-505.
 50. Al-Ashban RM, Aslam M, ShahAH. Kohl (surma): a toxic traditional eye cosmetic study in Saudi Arabia. *Public Health.* 2004; 118(4): 292-8.
 51. Nnorom IC, Igwe JC, Oji-nnomorom C. Trace metal contents of facial make up cosmetics commonly used in Nigeria. *Afr J Biotechnol.* 2005; 4 (10): 1133-1138.
 52. US Food and Drug Administration. Center for food safety and applied nutrition. Office of cosmetics and colors. Kohl, Kajal, Al-Kahl, or Surma: By any name, beware of lead poisoning. October 24, 2003; Revised October 16, 2006; 1-4.
 53. Maryland Department of the Environment. [Página principal en Internet]. Maryland: Press releases; 2002-2007 [acceso 2 de Marzo de 2008]. Maryland department of the environment and the Baltimore city health

- department partner to help children. [2 pantallas]. Disponible en: <http://www.mde.state.md.us/PressReleases/913.html>.
54. US Food and Drug Administration. Center for food safety and applied nutrition. Office of cosmetics and colors fact sheet. Lead acetate in hair dye products. January 9, 2002.
 55. Safe Cosmetics Organization [Página principal en Internet]. San Francisco; 2007 [acceso 2 de Marzo de 2008]. A poison kiss. The problem of lead in lipstick. [12 pantallas]. Disponible en: <http://www.safecosmetics.org/about/>
 56. Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association [Página principal en Internet]. Washington; 2003 [acceso 12 de diciembre de 2007]. CTFA response statement ; [2 pantallas]. Disponible en: <http://www.personalcarecouncil.org/Content/NavigationMenu/>.
 57. Senator John Kerry [Página principal en Internet]. Massachussets; 2007 [acceso 2 de Marzo de 2008]. Kerry pushes FDA to investigate lead content in lipstick. [4 pantallas]. Disponible en: <http://kerry.senate.gov/cfm>

p

58. <http://www.safecosmetics.org/about/>
59. <http://www.fda.gov/womens/owhupdate/fall2007.pdf>
60. http://ec.europa.eu/enterprise/cosmetics/html/consolidated_dir.htm
61. Bernhard Welz, Michael Sperling. Atomic Absorption Spectrometry. Wiley-VCH; Weinheim 3 edn. **1999**, 965.
62. Xu, Caiqin. Determination of Trace Lead in Cosmetics by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. Zhangzhou Municipal Center for Disease Prevention and Control. *Zhongguo Gonggong Weisheng*. **2005**; 21(3), 361.
63. Fan, Zhe-feng. Microwave Assisted Digestion-Hydride Generation ICP-AES Method for the Determination of Hg, As and Pb in Cosmetics. *Fenxi Ceshi Xuebao*. **2001**; 20(1), 55-57.
64. Wang, Xiaoyan; Ding, Xiaomei; Shi, Hanxin. Determination of Lead Content in Cosmetics by FAAS. *Riyong Huaxue Gongye*. **1999**; (3), 42-44.
65. Song, Guoxi; Zheng, Hongwen; Wang, Xinchao; Li, Xiuying. Simultaneous Determination Hg, As, and Pb in Cosmetics by ICP-AES. *Lihua Jiannan, Huaxue Fence*. **2000**; 36(3), 118-120.
66. R.K. Winge. Elsevier Science (April 1, **1984**), 584.
67. D'Alfonso. A Simple Sensitive and Low Cost Electroanalytical Approach for the Detection of Face Amounts of Lead and Cadmium in Cosmetics Products. 18 th. International I.F.S.C.C. Congress. The Cosmetic Image a Mosaic of Biosciences, Venice, October 3-6, **1994**.

68. Duffus, J.H. ; Worth, H.G.; Fundamental Toxicology. RSC Publishing. Norfolk. UK, 2006:206-234.
69. Shapiro, I. M. Biological Aspects of Exposure to Lead and Mercury: from Global Geochemistry to Cellular Dysfunction. Departments of Biochemistry and Patology, School of Dental Medicine, University of Pennsylvania. Philadelphia PA
70. Romieu, I.; Palazuelos, E. Envenenamiento Infantil por Plomo. Salud Pública de México. **2003**; 45 Sup 2:S181-S182.
71. Nagin, D. Comments from New Yor City Department of Health and Mental Higiene on FDA's Guidance for Industry. **2006**. Docket Number 2005D-0481. 1-6.
72. Pesce, A.; Kaplan, L. A.; Química Clínica Métodos, 3^a ed. Buenos Aires, **1990**: 407-417.
73. Manahan, S.E. Toxicological Chemistry. 2nd ed. Lewis Publishers. Chelsea. **1992**: 257-259.
74. Mermet, J.M. ; Valcárcel, M. Analytical Chemistry. A modern Approach to Analytical Science. 2nd ed, Weinheim, **2004**: 655-667.