



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EL MERCURIO: SUS EFECTOS TÓXICOS EN EL
MEDIO AMBIENTE CON REPERCUSIÓN EN LA SALUD
HUMANA Y ÁMBITO ODONTOLÓGICO.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ROSA ISELA OLIVARES QUINTERO

TUTOR: Esp. JAIME ALBERTO GONZÁLEZ OREA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



A mi Dios gracias por concederme la vida, por brindarme salud y por darme unos padres maravillosos, también por todos los momentos felices y por los complicados porque de ellos he crecido como persona.

A mis padres Sofía Quintero y Francisco Olivares por todo su amor, apoyo incondicional y su infinita paciencia, por los grandes sacrificios y complicaciones que tuvieron que enfrentar para brindarme lo mejor. Gracias a los dos por ser mis padres y también por serlo para mi hijo. Este logro también es de ustedes; los amo y los admiro más de lo que se imaginan.

A Diego Tadeo por devolverme las ganas de vivir cuando creía que nada tenía sentido. Sé que no ha sido fácil para los dos, pero a pesar de las adversidades me llenas de fe, con tus besos y caricias porque no hay ningún día sin que me digas "Te amo mamá", por mirarme con tus ojitos y sonreírle a mi corazón, por toda la fortaleza y alegría que me transmites día a día y hacer que crea en mi misma para enfrentar la vida. Gracias por estos siete años, porque has alegrado mi vida y junto a ti he aprendido que el amor da fortaleza y valentía...te amo mi niño.

A mi hermana Nely por ser para mí un gran ejemplo de superación y lucha constante, gracias por las múltiples formas de apoyo, por sus consejos y escucharme siempre que lo he necesitado. A mi hermana Aideé por su apoyo y sus consejos. A mis hermanos Héctor y Armando por su apoyo y cariño.

Al Dr. Jaime González Orea, gracias por su tiempo y apoyo para guiarme en la realización de este trabajo.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL MERCURIO.....	8
2. EL MERCURIO, SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	12
2.1 Mercurio elemental.....	14
2.2 Mercurio inorgánico.....	15
2.3 Mercurio orgánico	15
2.4 Cinética del mercurio.....	16
2.5 Distribución	17
2.6 Eliminación.....	17
2.7 Usos del mercurio	18
3. INTERACCIÓN DEL MERCURIO EN EL MEDIO AMBIENTE	22
3.1 El mercurio presente en la atmósfera.....	22
3.2 El mercurio presente en el los suelos.....	22
3.3 El mercurio presente en el agua	23
4. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE MERCURIO	24
4.1 Extracción de mercurio	24
4.2 Recuperación de mercurio	25
4.3 La producción de mercurio en México.....	25
5. FUENTES CONTAMINANTES DE MERCURIO	26
5.1 Fuentes naturales.....	26
5.2 Fuentes antropogénicas	27
5.2.1 Fuentes de combustión	28
5.2.2 Fuentes de producción.....	29
6. EFECTOS TÓXICOS DEL MERCURIO EN EL MEDIO AMBIENTE Y EN LA SALUD	30
6.1 Contaminación ambiental por mercurio.....	30
6.2 Toxicidad del mercurio	31



6.3 Mecanismos de toxicidad	31
6.4 Manifestaciones clínicas de intoxicación con mercurio	32
6.4.1 Intoxicación con mercurio metálico	33
6.4.2 Intoxicación con sales inorgánicas de mercurio	34
6.4.3 intoxicación con compuestos de mercurio orgánico	34
6.4.4 Nefrotoxicidad	35
6.4.5 Neurotoxicidad	36
6.5 Marcadores biológicos de exposición a mercurio	36
6.6 Formas de exposición	37
6.6.1 Exposición ocupacional	37
6.6.2 Exposición a derrames de mercurio	38
6.6.3 Exposición alimentaria.....	39
6.7 La presencia del mercurio en pescados y mariscos	39
6.8 El riesgo del consumo de pescados y mariscos con alto contenido de mercurio durante el embarazo	40
6.9 El mercurio y su aplicación en tintas para tatuajes.....	43
6.10 Algunos eventos de intoxicación con mercurio.....	45
7. LA AMALGAMA EN ODONTOLOGÍA	47
7.1 Historia de la amalgama dental	47
7.2 La amalgama dental.....	49
7.3 Normas que regulan la amalgama dental.....	50
7. 3.1 Clasificación de la amalgama	50
7.4 Usos de la amalgama	50
8. EL MERCURIO EN LA AMALGAMA DENTAL	51
8.1 Características del mercurio usado en Odontología	51
8.1.1 Proporción de mercurio y aleación.....	51
8.1.2 Manejo del mercurio y la aleación de amalgama	52
8.2 La toxicidad del mercurio presente en la amalgama dental.....	53



8.2.1 La exposición del feto al mercurio por amalgama dental de la madre	54
8.3 Vías de exposición al mercurio en la práctica Odontológica	54
8.4 Contaminación por mercurio desde el consultorio dental al medio ambiente	57
8.5 Fundamentos a favor de la amalgama	58
9. RECOMENDACIONES	59
9.1 Medidas para una buena práctica odontológica con amalgama	59
9.2 Manejo de pequeños derrames de mercurio metálico	62
9.3 Recomendaciones en el consumo de pescados y mariscos	63
9.4 Durante el embarazo y lactancia	63
9.5 En el uso de cosméticos	63
CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65



INTRODUCCIÓN

En el medio ambiente se generan de forma natural diferentes metales pesados, entre ellos el mercurio. El mercurio en especial tiene características peculiares que lo hacen visiblemente atractivo por su brillantes, fluidez a temperatura ambiente, alta tensión superficial y su gran capacidad para amalgamarse con otros metales.

El uso del mercurio por el hombre se remonta desde los tiempos a.C., la presencia de mercurio de forma natural en la corteza terrestre se da principalmente por emisiones volcánicas y erosión de rocas; las emisiones antropogénicas son producidas por el hombre, estas han aumentado los índices de mercurio hacia el medio ambiente contaminando el aire, el suelo y el agua. El hombre requiere de alimentos para gozar de buena salud, parte de su dieta se basa en pescados y mariscos, éstos a su vez contienen cantidades variadas de mercurio por un proceso acumulativo, por consiguiente, la ingesta involuntaria de mercurio en cantidades variadas, a través de estos productos pesqueros, afectando la salud del ser humano. Los efectos tóxicos del mercurio están relacionados con su composición química y las diferentes formas en que se presenta.

La presencia del mercurio en el medio ambiente es un problema de gran importancia ya que repercute de manera negativa en la salud del ser humano. Ante la preocupación por los impactos ambientales y los efectos tóxicos en la salud por el uso mercurio, diversas organizaciones y programas han trabajado y lo siguen haciendo para erradicar en la mayor forma posible el uso de mercurio, entre ellas la colocación de amalgamas dentales en el área odontológica, mucho se ha dicho que la amalgama dental como restauración es altamente toxica por su contenido de mercurio, pero no existen estudios científicos que lo avalen. Prueba es que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en el convenio de Minamata en 2013, se acordó eliminar productos que contienen mercurio a partir del año



2020, en el cual, el uso de la amalgama dental no se incluyó para ser eliminada como tratamiento de restauración en dientes que presentan caries.

La revisión de la bibliografía tiene como objetivo conocer las propiedades del mercurio, metal presente en la amalgama como material restaurador en la práctica odontológica. Surge la duda sobre la seguridad de su uso por la controversia que se ha presentado desde hace tiempo, ya que, se dice ser altamente tóxico. Además de resultar interesante conocer su origen y como ha sido su trascendencia interactuando con el medio ambiente y con el ser humano.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL MERCURIO

El hombre ha utilizado el mercurio para el desarrollo y civilización de su cultura. Desde la antigüedad el mercurio ha sido conocido por los chinos e hindúes antes del año 2000 A.C. En el año 500 a.C. ya se usaba para formar amalgamas con otros metales; los griegos usaban el mercurio para fabricar pomadas y los romanos para fabricar cosméticos.

Se dice que la monumental tumba del emperador chino Qin Shi Huang, muerto en el año 210 antes de Cristo, está rodeada de ríos de mercurio que el emperador creía le darían inmortalidad. Se dice también que Qin Shi Huang murió envenenado por el mercurio que ingería en búsqueda de la inmortalidad.¹ Imagen 1



Imagen 1 Qin Shi Huang.²

En China y otros lugares existen indicios del uso del cinabrio, mineral de obtención de mercurio, por su intenso color rojo, como pigmento, lo trituraban hasta obtener un polvo para después utilizarlo como pintura para el cuerpo y también para dejar huella de sus vivencias plasmadas en las superficies



rocosas y en el interior de cuevas y grutas; lo usaban en festividades importantes para teñir el rostro de las estatuas de los dioses en Roma.

Los incas usaron como pintura el cinabrio y lo llamaron llampi.³ Imagen 2



Imagen 2 Pintura con cinabrio.⁴

Durante la Edad Media también el cinabrio era molido y le añadían cera de abejas para obtener una mezcla roja utilizada para sellar los documentos importantes de aquellos tiempos.

El mercurio (Hg) fue denominado “plata viva” en el año 350 a.C. Plinio lo llamó hydrargyrum de donde proviene el símbolo Hg. Hacían una mezcla de mercurio con saliva para aliviar algunas enfermedades de la piel. Lo consideraban efectivo para tratar enfermedades cutáneas como la sarna y también para erradicar los piojos.³

Utilizado como símbolo de poder para los emperadores, ya que las cualidades del mercurio fascinaban y las consideraban mágicas.

El mercurio fue tomando un lugar importante en la medicina al ser usado en el tratamiento de diversas enfermedades oculares, de la sangre, y la sífilis. Pero comienzan manifestarse efectos sobre el uso del mercurio en la salud de las personas expuestas al metal, como lo fueron los trabajadores de las

minas de España que morían por intoxicación al estar en contacto constante con el metal, las personas enfermas que llevaban un tratamiento a base de mercurio presentaban más alteraciones patológicas de las que ya padecían. Paracelso pensó que lo peligroso del mercurio era aplicarlo externamente y que ingerirlo no haría daño pues el cuerpo lo eliminaría en forma de sudor, excreciones u orina. Otros mercurialistas recomendaban el uso del elemento en forma de ungüentos, ingerida y hasta inhalada. En el siglo XVI los usos del mercurio fueron disminuyendo por los efectos tóxicos que causaba.³

Imagen 3



Imagen 3 El uso del mercurio en la antigüedad.⁵

Las primeras descripciones de los efectos tóxicos de sus vapores fueron descritos por Ellenber en 1473, Paracelso en 1533 y Ramazzi en 1700.⁶

Hay una estrecha relación del mercurio con la explotación minera del oro y la plata en México con la llegada de los españoles a América. En época de la

Nueva España el mercurio era traído a nuestro país de la mina de Almadén ubicada en España, también de la mina de Idrija en Eslovenia, y mediante la amalgamación era utilizado para extraer oro y la plata. Imagen 4



Imagen 4: Minería en época colonial. ⁷

Se intentó extraer mercurio de minas mexicanas, pero no fue posible ya que el interés español era se enfocó en la extracción de oro y plata; tiempo después trajeron mercurio de Perú y abastecer lo suficiente las minas de nuestro país y así, llevar a cabo los trabajos de extracción de los metales preciosos.



Imagen 5 Pintura-mapa, muestra las minas de plata de Guanajuato. ⁸



2. EL MERCURIO, SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

El mercurio es un elemento metálico cuya fórmula es Hg y número atómico 80, posee un peso atómico de 200,59u. Se encuentra en el grupo IIB de la tabla periódica.⁹ Es 13.5 veces más denso que el agua¹⁰. Es un elemento altamente pesado que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido característica que lo hace único entre todos los metales, es de color plateado y fácilmente comienza a evaporarse cuando hay un ligero aumento de la temperatura.

El símbolo del mercurio es Hg y se debe a la palabra hydrargyrum que proviene del latín, que quiere decir plata líquida así mismo se deriva la palabra “hidrargirismo” y se refiere a la intoxicación producida por el mercurio por algunos de sus compuestos.

Este elemento se encuentra presente en la naturaleza tanto en los suelos, el agua y el aire; es soluble en ácido sulfúrico y lípidos pero insoluble en agua, alcohol, ácido clorhídrico y éter; tiene alta tensión superficial.¹³ Imagen 6 ¹⁴



Imagen 6 Mercurio elemental.¹⁴

El mercurio alcanza la solidificación a -38.37°C y la ebullición 357°C ., se clasifica en el lugar número 67 de acuerdo a su abundancia en la corteza de la tierra; cabe mencionar que no es esencial para ningún proceso biológico.

El cinabrio es la fuente más importante de obtención de mercurio, este es un mineral que se forma junto a las rocas volcánicas, y fuentes cálidas y húmedas, está compuesto por 86.2% de mercurio y 13.8% de azufre; su fórmula química es HgS . Existen otros minerales de los que también se puede obtener mercurio pero en menores cantidades en comparación con el cinabrio.¹³ Imagen 7



Imagen 7 Cinabrio HgS .¹⁵

En la tabla periódica los metales se dividen en dos grupos, que son A y B, en la clase A se encuentran los metales que tienen mayor afinidad por el oxígeno y el nitrógeno, en el grupo B se encuentran los metales más a afines por el azufre y el fosforo, estos metales son más pesados, como el mercurio.¹

El mercurio también presenta afinidad por el selenio (Se), formando seleniuro de mercurio HgSe , presenta una menor solubilidad en comparación con la solubilidad del sulfuro¹.

El mercurio se encuentra en tres formas primarias: Hg elemental o metálico en estado de valencia 0, compuestos inorgánicos mercuriosos (1+) y

mercúricos (2+). Así el mercurio elemental también es conocido como mercurio líquido; el mercurio inorgánico o sales de mercurio, y mercurio orgánico, siendo éste último el más peligroso para la salud.¹⁶

2.1 Mercurio elemental

Mercurio elemental o metálico es el único metal que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente, es insoluble en agua; tiene una fuerte reacción cuando se combina con metales alcalinos, el cloro, óxido de etileno entre otros químicos. La principal vía de exposición al mercurio es por inhalación de vapor, no es bien absorbido por vía oral o contacto con la piel. Cuando el vapor de mercurio es inhalado puede atravesar membranas alveolares y capilares de los pulmones y se integra al torrente sanguíneo distribuyéndose en todos los tejidos.¹ Imagen 8



Imagen 8 Mercurio líquido entre el cinabrio.¹⁷

2.2 Mercurio inorgánico

El mercurio inorgánico son sales, como cloro, nitrato, sulfuro, acetato de mercurio y óxidos de mercurio. La absorción de mercurio inorgánico depende principalmente del tamaño de la partícula y solubilidad. Algunas de las sales de mercurio son muy volátiles y su tiempo de permanencia en la atmosfera es corto comparado con los gases emitidos con mercurio elemental. Las sales de mercurio son muy toxicas, en concentraciones de 3-30g de mercurio de considera peligroso o mortal. Las sales de mercurio se llegaron a utilizar como diurético.



Imagen 9 Mercurio inorgánico.¹⁸

2.3 Mercurio orgánico

Cuando el mercurio y el carbono se combinan forman los compuestos organomercuriales como etilmercurio, fenilmercurio y el compuesto más conocido es el metilmercurio MeHg; estos son verdaderamente preocupantes para la salud, ya que se encuentra en el medio ambiente y es bioacumulable a lo largo de la cadena alimenticia. El metilmercurio es el más peligroso para la salud por ser liposoluble, su gran afinidad por el sistema nervioso central, y gran facilidad para atravesar membranas biológicas.

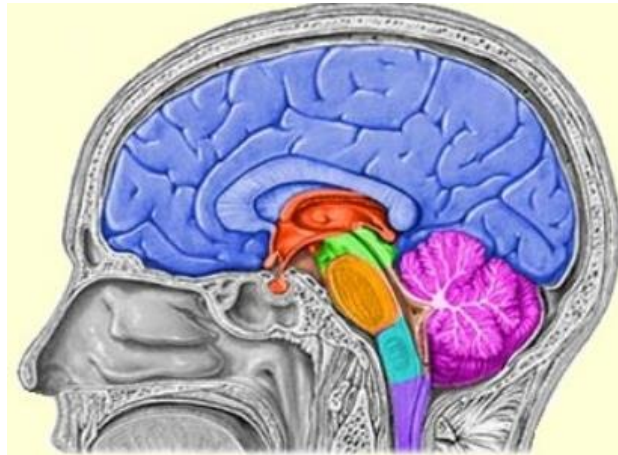


Imagen 10 Sistema nervioso central.¹⁹

2.4 Cinética del mercurio

La inhalación de vapores de mercurio elemental es la vía más importante de acceso de mercurio metálico o elemental en el cuerpo humano; no es bien absorbido por la vía oral o por contacto con la piel, pero una vez dentro del cuerpo fácilmente se distribuye por el organismo. En las células es oxidado a mercurio inorgánico divalente por la vía oxidasa-catalasa que se encuentra presente en todos los tejidos; se oxida rápidamente a ion mercúrico Hg^{2+} por acción del peróxido de hidrógeno, en una reacción catalizada por la enzima catalasa. El mercurio divalente tiene una distribución reducida ya que presenta movilidad limitada. Aproximadamente el 80 % de los vapores de mercurio elemental son inhalados, pero el nivel de absorción es bajo, se estima que la cantidad de mercurio metálico absorbido en el tracto digestivo es de 0.01% esto puede deberse a que no reacciona con moléculas importantes, las macromoléculas formadas hacen difícil la absorción, así como también el proceso de oxidación al que es sometido.⁶

Las sales de mercurio se absorben de 2 a 15% que depende de la solubilidad y tamaño de la partícula. Los compuestos alquil mercuriales se



absorben prácticamente por completo en el tracto gastrointestinal, es poco probable que en algunos compuestos de metilmercurio sean absorbidos por la piel.

2.5 Distribución

El mercurio que es absorbido se distribuye por la sangre, En general, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas, mientras que 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albumina. Como norma, a partir de la sangre su distribución en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio dinámico determinado por dosis, duración de la exposición, grado de oxidación, concentración de sus compuestos en la sangre, relación con grupos sulfhidrilos libres, afinidad con los componentes celulares y velocidad de disociación del complejo mercurio proteína.⁶ El mercurio al mezclarse con grupos sulfhidrilo, altera enzimas y daña membranas.²⁰

El contenido normal de mercurio en el organismo humano oscila entre 1 y 13mg., del cual 10% es metilmercurio. Su distribución en el organismo es: músculo 44 a 52%, hígado 22%, riñón9%, sangre 9 a 15%, piel 8%, cerebro 4 a 7% e intestino 3%.⁶

2.6 Eliminación

La eliminación se da por medio de los compartimientos central, el compartimiento periférico y el por el cuarto compartimiento. El compartimiento central está compuesto por todos los órganos a excepción del riñón e hígado. El compartimiento periférico incluye el riñón e hígado; el riñón acumula mercurio por un tiempo mayor y lo aclara con lentitud. El hígado lo acumula por periodos cortos y lo aclara rápidamente. En este compartimiento se encuentran los procesos de filtración glomerular, secreción biliar y secreción por la mucosa intestinal. En el cuarto

compartimiento constituye el punto final antes de su excreción; lo integran orina, heces, pelo y uñas.⁶ Imagen 11

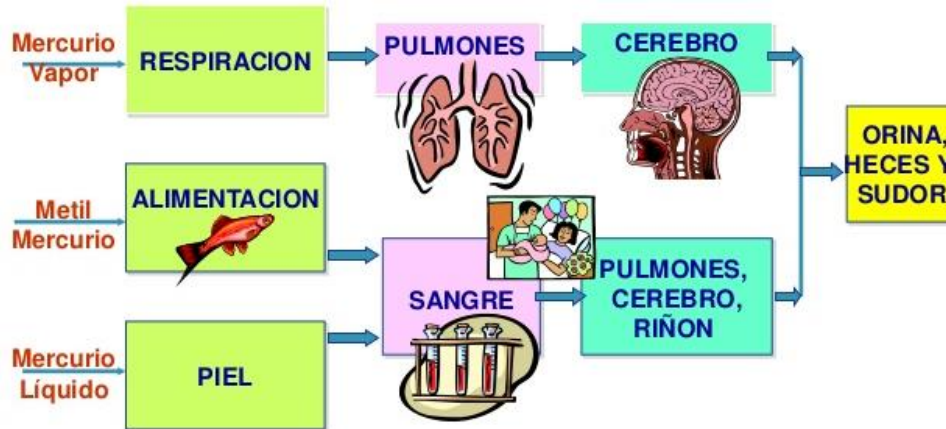


Imagen 11 Vías de ingreso al cuerpo humano y metabolismo del mercurio.²¹

2.7 Usos del mercurio

Muchos productos usados en la vida cotidiana contienen diferentes cantidades de mercurio como en termómetros clínicos e industriales, barómetros y otros instrumentos de medida como manómetros y esfigmomanómetros.¹ Imagen 12

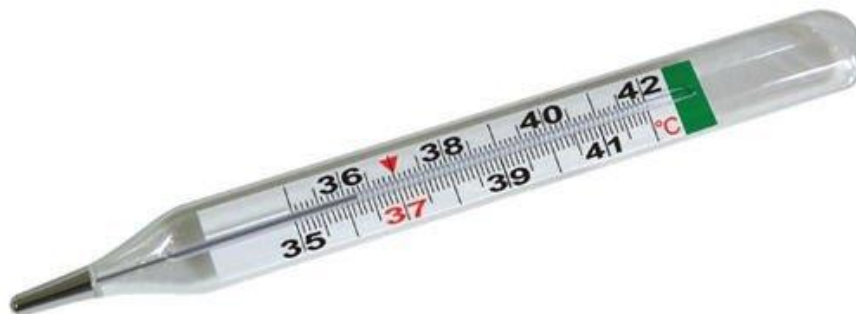


Imagen 12 Termómetro de mercurio.²²



Estos usos pueden constituir un riesgo para la salud debido a la exposición al mercurio tanto para el usuario como para los que pueden exponerse a vapores de mercurio en el aire contaminado.

Los compuestos de dietil y dimetil son usados para tratar semillas.²³ En la industria farmacéutica el tiomersal o timerosal es un compuesto de mercurio orgánico, específicamente etilmercurio, se utiliza en algunas vacunas para su conservación. El cloruro mercúrico es un antiséptico o desinfectante local. Las sales inorgánicas se han utilizado en cosméticos como conservador, mucho se ha prohibido su uso en cremas y jabones para aclarar la piel, shampoo para el cabello, cremas antiarrugas, lociones, delineadores de ojos y rímel para pestañas¹⁰. Imagen 13



Imagen 13 Uso de cosméticos con mercurio.²⁴

Difícilmente los fabricantes de estos productos cumplen con este requisito, ya que la alta demanda de los consumidores por éstos cosméticos hace que se



vendan de forma ilegal y clandestina. En un estudio en México, se encontraron productos para aclarar la piel que en su lista de ingredientes no incluían mercurio pero al ser analizadas, más de la mitad de los productos contenían grandes cantidades de mercurio, una de ellas contenía tres veces más de lo indicado, tomando en cuenta que lo permitido es de 1ppm.

El sulfuro mercúrico es utilizado para dar color rojo a las tintas usadas en la aplicación de tatuajes, también el óxido de mercurio es usado para como colorante en otros tipos de pinturas.¹⁰ Imagen 14



Imagen 14 Tinta roja con compuesto de mercurio para tatuajes.²⁵

Con anterioridad algunos compuestos de metilmercurio y etilmercurio se usaban como fungicidas en los granos y semillas, actividad que se descontinuo por los efectos negativos a la salud. También se encuentra en pesticidas, pilas, baterías, lámparas y bombillas. Imagen 15 En el área odontológica el mercurio metálico se usa en las aleaciones de amalgama para restauración dental, éste tema se tratará más adelante.



Imagen 15 Pila de mercurio.²⁶



3. INTERACCIÓN DEL MERCURIO EN EL MEDIO AMBIENTE

El mercurio mantiene un flujo constante unido a la atmósfera, el suelo y el agua, por ende se hace presente en todos los sitios del medio ambiente pero no está distribuido de manera uniforme y homogénea. Las cantidades del metal pesado no varían, lo que ha incrementado ha sido el uso y con ello la contaminación ambiental que repercute gravemente en la salud de los seres vivos. Múltiples estudios proporcionan datos en los que muchos de los casos los resultados no coinciden debido a la inestabilidad del metal pesado, lo cual hace que no se tengan datos exactos de niveles de mercurio en la atmósfera los suelos y el agua.

3.1 El mercurio presente en la atmósfera

La atmósfera es un reservorio de mercurio de la misma manera que los medios acuáticos y la superficie terrestre. El mercurio llega a la atmósfera de forma natural por las explosiones volcánicas, evaporación de ríos lagos y mares, por la volatilidad de mercurio presente en la vegetación y restos fósiles, de manera antropogénica se da por diversas fuentes de combustión y procesos industriales, se integra a la atmósfera principalmente como mercurio elemental y sus formas oxidadas y permanece en ella en un tiempo aproximado de doce meses, en la forma inorgánica HgII puede permanecer alrededor de horas o hasta algunas semanas.

3.2 El mercurio presente en los suelos

El mercurio que se encuentra en la atmósfera es fácilmente absorbido por plantas, también por la sustancia superficial de los suelos, compuesta por la descomposición de materia orgánica llamada humus, y por ciertos minerales.

3.3 El mercurio presente en el agua

El mercurio llega a aguas de ríos lagos mares por la lluvia que arrastra restos de mercurio de la corteza terrestre, pero principalmente por fuentes antropogénicas mediante el arrojado de restos de basura con algún contenido de mercurio, residuos industriales, aguas residuales contaminadas con compuestos de este metal adicionadas con agentes oxidantes que dan otros compuestos de mercurio.

Su gran capacidad de absorción por las arcillas y otros sedimentos hace que se deposite rápidamente en el terreno o en las aguas de ríos y de océano.¹¹

Imagen 16

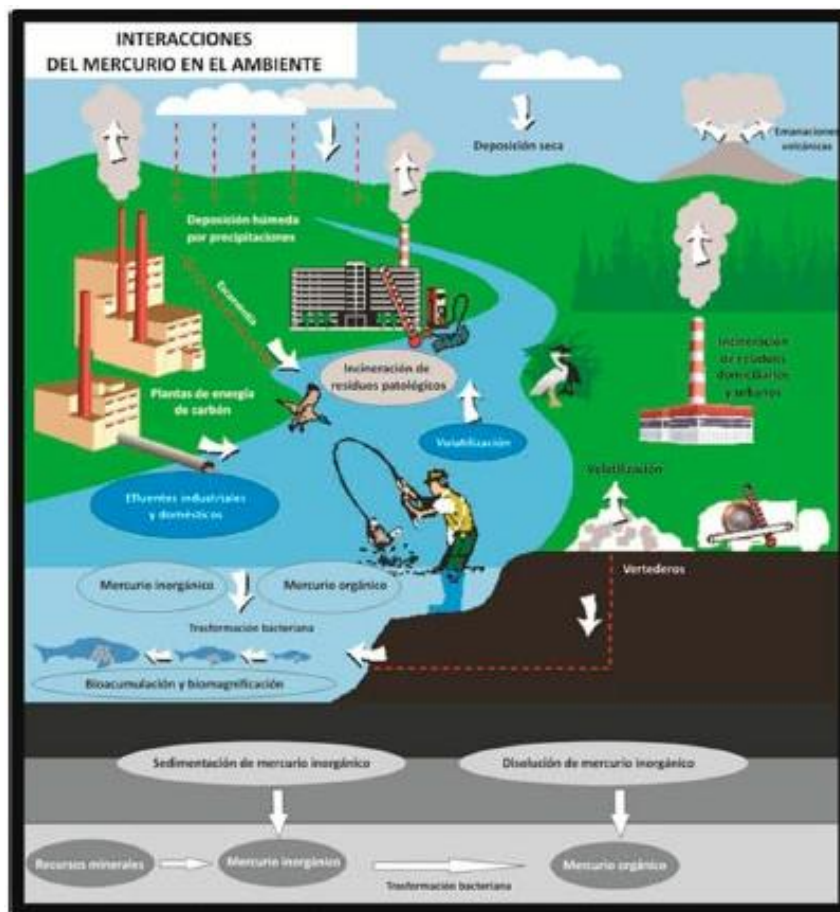


Imagen 16 Principales interacciones del mercurio en el medio ambiente.²⁷



La mayor parte del mercurio que llega al medio acuoso llega como Hg^{2+} , sólo una mínima parte se introduce en forma de metilmercurio. El mercurio que se encuentra en el agua sufre transformaciones por acción de las bacterias presentes, transformación de metilmercurio, dimetilmercurio, etilmercurio entre otros, se sedimenta y es absorbido por el plancton, éste es alimento de pequeños animales acuáticos, ingresando a la cadena alimentaria.

4. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE MERCURIO

La extracción de las betas minerales no es la única forma de obtención de mercurio. Otra de las formas es la obtención de mercurio en la recuperación y reciclaje de mercurio en los procesos industriales.

4.1 Extracción de mercurio

El mercurio se extrae de las minas a través de sus minerales, tanto por el método superficial como subterráneo o como subproducto de la extracción o refinamiento de otros minerales o metales como el zinc, oro y plata. El mineral se calienta en hornos para liberar el metal en forma de vapor, el cual se enfría en un sistema de condensación para formar el mercurio metálico.

El cinabrio es poco soluble en agua ya que ésta no puede separar al Hg de sus iones, sucede todo lo contrario con el oxígeno del aire, ya que oxida al azufre del sulfuro desplazándolo cuando se alcanza una temperatura de 200° a 250°C . El óxido de mercurio se descompone fácilmente a una temperatura de 400°C ., de ésta manera se obtiene mercurio metálico por el método de tostación de cinabrio.¹ Imagen 17

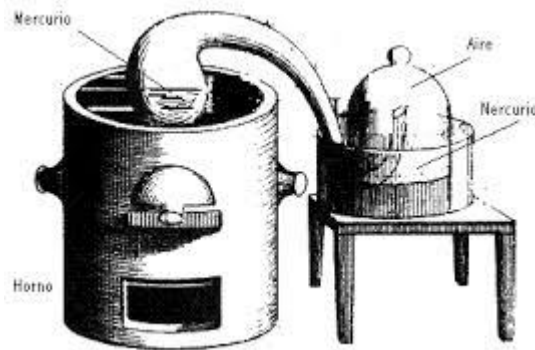


Imagen 17 Obtención de mercurio metálico.²⁸

De manera sencilla hay oxidación del ion sulfuro y explica fácilmente la presencia de mercurio en yacimientos de cinabrio. Por consiguiente la magnitud de solubilidad dependerá de la cantidad del ion sulfuro presente en el medio.

4.2 Recuperación de mercurio

De manera secundaria el mercurio se obtiene a partir del reciclado de desechos y productos que contienen mercurio, por ejemplo termómetros, manómetros, y el mercurio de reservas industriales, residuos mineros donde se puede obtener mercurio.

4.3 La producción de mercurio en México

Los minerales de mercurio se encuentran localizados principalmente en las siguientes entidades federativas de nuestro país, en particular en el noroeste, centro y este del territorio como Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Morelos, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas, ubicándose los principales yacimientos en los estados de: San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato y Guerrero.²⁹

5. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE MERCURIO

5.1 Fuentes naturales

Las principales fuentes naturales de mercurio se dan en las emisiones de los volcanes, en la erosión de rocas y minerales, en la evaporación del agua, y los incendios forestales. Las áreas de explotación de cinabrio se encuentran en zonas donde se presenta actividad volcánica. La profundidad de los sedimentos de mercurio indica la antigüedad del metal, lo que significa que entre más profundo se encuentre, más tiempo de permanencia tiene el mercurio en la tierra. Existen grandes yacimientos de mercurio en zonas de actividad volcánica como son el Cinturón de Fuego, la cordillera del Pacífico oriental, el Arco Mediterráneo, el Himalaya y la Cordillera Mesoatlántica.³⁰

Imagen 18



Imagen 18 Emisión volcánica, volcán de Colima.³¹

La distribución continental de los depósitos de este elemento es la siguiente: en Europa, en donde los principales países productores son Rusia, España, Italia, Yugoslavia y Turquía; en el continente americano los depósitos se localizan en Estados Unidos de América, México, Chile, Colombia y Perú, mientras que en Asia se produce en China, Japón y Filipinas.³⁰

5.2 Fuentes antropogénicas

Las fuentes antropogénicas del mercurio se deben al uso que el hombre le ha dado al mercurio y sus compuestos, al procesamiento industrial a altas temperaturas de materiales que lo contienen. Los incendios forestales también emiten cantidades de mercurio a la atmósfera. También la volatilización de mercurio que proviene de los basureros, desechos con algún contenido de mercurio, arrojados a las aguas residuales, a los ríos y mares. Las fuentes antrópicas aportan a la atmósfera 2000 toneladas de mercurio por año.¹ Imagen 19



Imagen 19 Emisión antropogénica.³²

5.2.1 Fuentes de combustión

En relación a los centros de salud, estos se consideran las principales fuentes de liberación de mercurio a nivel atmosférico, producto de las emisiones de la incineración de desechos médicos.³³ Imagen 20



Imagen 20 Incineración de residuos biológico-infecciosos.³⁴

Tabla 1 Principales fuentes de contaminación antropogénicas por combustión

Fuente	Proceso
Fogones o calderas	Utiliza carbón, petróleo o gas natural que pueden contener cantidades de mercurio, para generar calor o energía en carboeléctricas, hornos industriales, estufas, calentadores domésticos
Incineradores	Incineración de termostatos pilas, bombillas, etc.
Crematorios	Se da durante la incineración de cadáveres portadores de amalgamas dentales.



5.2.2 Fuentes de producción

Cuadro 2 Principales fuentes antropogénicas por producción industrial

Fuente	Proceso
Industria minera	Descargas de los jales de cinabrio en las minas y áreas cercanas tienen altos niveles de mercurio
Industria del cloro	Se obtiene hidróxido de potasio o sodio y también cloro, utilizando celdas de mercurio el cual es reutilizable
Industria del papel:	Se utilizan principalmente los compuestos fenilmercurícos; hasta una quinta parte del total de mercurio utilizado se desecha a los mantos acuíferos, permaneciendo el resto en el producto
Producción del cemento	se utilizan hornos que requieren combustibles fósiles que contienen mercurio, emitiendo sus vapores a la atmósfera
Industria eléctrica	Utiliza mercurio en la fabricación de lámparas fluorescentes, rectificadoras, osciladores, contactos de control de energía. Pilas de mercurio se usan en diversos aparatos como, computadoras y calculadoras digitales, prótesis de audición, teléfonos inalámbricos entre muchos más.
Agricultura	Los compuestos alquilmecúricos han sido utilizados como fungicidas, se encuentran grandes del metal en el sedimento.



Imagen 21 Industria del papel.³⁵

Las plantas de cloro-álcali son las principales consumidoras de mercurio en México. Actualmente operan en este país tres plantas de este tipo que emplean la tecnología de celdas de mercurio, las cuales producen en conjunto 147,000 toneladas de cloro anualmente.²⁹

6. EFECTOS TÓXICOS DEL MERCURIO EN EL MEDIO AMBIENTE Y EN LA SALUD

6.1 Contaminación ambiental por mercurio

Los cambios en la tierra se dan constantemente, las condiciones en la atmosfera fueron cambiando debido a la liberación de oxígeno producido por los organismos fotosintéticos, causando grandes efectos tóxicos en los organismos procariontas, además de elementos tóxicos que son afines por el azufre como el mercurio, cadmio y arsénico; aumentando así los niveles de mercurio en el agua propiciando mecanismos de adaptación y supervivencia de nuevos organismos. Además, la presencia de oxígeno trajo consigo las explosiones volcánicas, que éstas a su vez, trajeron consigo la deposición de minerales sobre la superficie terrestre.¹ Imagen 22

El mercurio se encuentra fácilmente disperso en la tierra, en el agua, animales y plantas ya que tiende a acumularse en los organismos. El mercurio es un problema ambiental y de salud a nivel mundial. Los compuestos derivados de este metal son tóxicos y responsables de casos severos de intoxicación y muerte de un interminable número de personas.



Imagen 22 Ciclo del mercurio.³⁶

6.2 Toxicidad del mercurio

Desde la antigüedad se conoce la toxicidad del mercurio por Hipócrates, Plinio y Galeno. En 1473 Ellenberg realizó las primeras descripciones sobre los alcances tóxicos que tenían los vapores de mercurio como riesgo laboral con el título de *Von der Grifftigen Bensen Terupffen von Reichen der metal*.¹¹

6.3 Mecanismos de toxicidad

La toxicidad del mercurio se debe a que no establece enlaces químicos, precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos sulfhidrilo de varias enzimas esenciales. En estado iónico se fija a los grupos celulares ricos en radicales SH, altera varios



sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria, afectando su función energética. En el Riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales y altera el transporte de potasio y la ATP-asa en la membrana. En el encéfalo, la neurona de cerebro y cerebelo es la parte más sensible. En el sistema enzimático, inhibe las enzimas esenciales: catalasa plasmáticas, colinesterasa globular, glutatión-reductasa globular, glutatión-reductasa cerebral., galactoxidasa, glicero fosfatasa, succino-deshidrogenasa, di y trifosfato- piridin-nucleotido. Por lo tanto, el mercurio puede causar lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en concentración suficiente.¹¹

El mercurio altera la fisiología normal de las células, se une por enlaces covalentes al sulfuro de los grupos sulfhidrilos, reemplazando el ion hidrógeno ubicado en estos grupos, lo que da como resultado disfunción de los complejos enzimáticos, mecanismos de transporte, membranas y proteínas estructurales. El mercurio reacciona con grupos fosforilados, carboxilados y aminados. La toxicidad depende de la vía de exposición, del tiempo de contacto con el tóxico que permita su absorción, del tiempo que permanezca el tóxico dentro del organismo ya que los metales tienen la propiedad de depositarse en órganos blancos o en los tejidos donde sean colocados, del tiempo que tarde la instauración de un tratamiento adecuado y del estado físico o características de cada paciente como la edad, peso, estado nutricional, enfermedades asociadas.³⁷

6.4 Manifestaciones clínicas de intoxicación con mercurio

Las manifestaciones clínicas de las intoxicaciones con este metal pueden ser agudas o crónicas, con carácter local o sistémico.

Entre los factores que determinan los efectos sobre la salud, así como su gravedad son la edad de la persona, el estado de salud, la vía de exposición, el tiempo a la exposición, la forma y la dosis del compuesto de mercurio.



6.4.1 Intoxicación con mercurio metálico

Las manifestaciones agudas ocurren cuando hay exposición a altas concentraciones de vapores de mercurio ocasionando bronquitis y bronquiolitis erosiva con neumonitis intersticial, dando origen a un cuadro de edema pulmonar agudo no cardiogénico; el paciente puede morir por insuficiencia respiratoria. La ingesta de mercurio metálico tiene pocos efectos sistémicos debido a su muy baja absorción en el tracto gastrointestinal; localmente puede producir un efecto irritativo menor. La intoxicación crónica se relaciona con el tiempo de exposición y con la concentración de los vapores en el medio laboral dando una sintomatología insidiosa, que hace a veces difícil el diagnóstico. Además de signos inespecíficos en forma de astenia, dolores generalizados, anorexia y malestar general, pueden diferenciarse tres síndromes clínicos principales: estomatitis mercurial, eretismo mercurial y temblor.³⁷

La primera manifestación de la estomatitis mercurial es una sialorrea profusa, formación de úlceras en la encía y el paladar, sangrado y sensación de dientes largos con movilidad. Aparece en la mucosa gingival la línea de Gilbert, coloración parda negruzca que corresponde a la precipitación de sulfuros de mercurio, y en los dientes un color pardo azulado o diente mercurial de Letulle. Se presenta faringitis eritematosa; rara vez se observan depósitos de mercurio metálico en la mucosa bucal en forma de finísimas gotitas. La evolución de esta estomatitis es lenta y molesta, dificultando la ingesta de alimentos tanto sólidos como líquidos por dolor dentario y de mucosas inflamadas que limita la masticación. Es muy frecuente el deterioro y caída de piezas dentales.³⁷

El eretismo mercurial se caracteriza por trastornos psíquicos, como depresión, crisis de llanto inmotivado, pérdida de memoria, insomnio e indiferencia por la vida, delirios, alucinaciones, psicosis maniaco-depresiva,



lo cual los lleva a valoraciones psiquiátricas con diagnóstico de lapsos de depresión y esquizofrenia. También irritabilidad violenta que causa conflictos al paciente en sus relaciones interpersonales familiares y laborales.³⁷

El temblor es el síntoma más característico de la intoxicación crónica profesional por mercurio. No es constante, sobreviene de forma ondulatoria, interrumpiéndose durante breves minutos, con movimientos toscos y sacudidas; se comienza en los dedos de manos, párpados, labios y lengua, progresa posteriormente a las extremidades que va aumentando progresivamente.³⁷

6.4.2 Intoxicación con sales inorgánicas de mercurio

Las sales inorgánicas de mercurio producen coloración gris ceniza en la mucosa bucal, faringe e intestino y se acompaña muchas veces de dolor abdominal. Debido al efecto corrosivo del mercurio, los pacientes pueden presentar hemorragia intensa. Los síntomas de la exposición al mercurio orgánico (empleado desde 1930 como preservante de vacunas) son principalmente neurológicos, trastornos visuales, ataxias, parestesias, disartria, temblor y deterioro mental.³⁸

6.4.3 Intoxicación con compuestos de mercurio orgánico

Los compuestos mercuriales orgánicos son captados con facilidad por su liposolubilidad. Tanto el mercurio orgánico como el inorgánico se concentran de manera preferencial en el riñón.³⁹

El sistema nervioso central es el órgano blanco y los síntomas consisten generalmente en trastornos visuales, incluso ceguera, reflejos oscuros de los dos ojos, que puede permanecer por años, incluso después de haber removido la fuente de exposición.

Los síntomas que involucran al SNC son alteración del equilibrio, temblor muscular, hormigueos y alteraciones de la sensibilidad, hipoacusia, dificultad para pronunciar las palabras y deterioro mental. En los casos más graves se pueden presentar parálisis y muerte.¹⁰ Imagen 23

La principal fuente de exposición humana al metilmercurio es la ingestión de pescado y otros alimentos marinos.⁴⁰

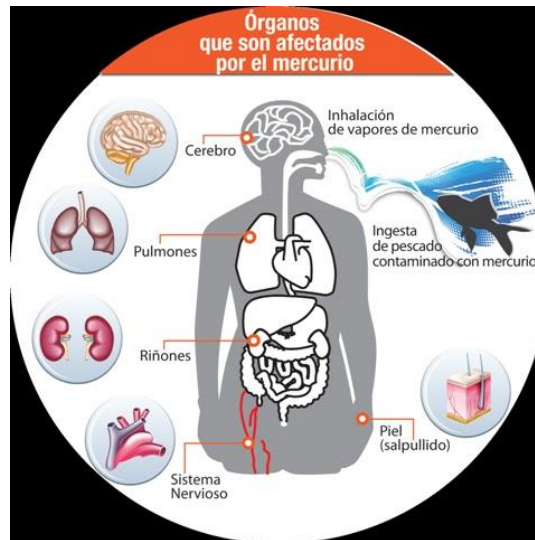


Imagen 23. Órganos afectados por mercurio.⁴¹

6.4.4 Nefrotoxicidad

En la actualidad la nefrotoxicidad crónica por mercurio es casi siempre consecuencia de exposición crónica de tipo industrial. La proteinuria es común en la nefrotoxicidad crónica por mercurio y puede existir síndrome nefrótico cuando la intoxicación es más grave. Los cambios patológicos corresponden a una glomerulonefritis membranosa con depósitos subepiteliales electrodensos, que sugieren el alojamiento de complejos inmunitarios.³⁹



6.4.5 Neurotoxicidad

Los efectos neurológicos del mercurio se manifiestan por limitación de los campos visuales, parestesias, ataxia, disartria y pérdida auditiva. En términos patológicos, existe atrofia cerebral y cerebelosa. En la microscopia, el cerebelo muestra atrofia de la capa granulosa, sin la pérdida de las células de Purkinje, así como zonas de reblandecimiento esponjoso de la corteza visual y otras regiones.³⁹

6.5 Marcadores biológicos de exposición a mercurio

La evaluación de los índices de exposición se realiza a través de los marcadores biológicos a metales.

Un marcador biológico o biomarcador es una sustancia química, generalmente un tóxico, o los metabolitos que resulten de su biotransformación o cualquier alteración bioquímica precoz, cuya determinación en los líquidos biológicos, tejidos o aire exhalado permita evaluar la intensidad de exposición o riesgo para la salud.⁶

Mercurio en sangre: Está indicado para efectos a corto plazo; población en general 0-10ug/L, primeros efectos 35ug/L, efectos en el SNC 70-140ug/L, dentistas 6-20ug/L.

Mercurio en pelo: no proporciona datos exactos ya que puede estar contaminado por otros químicos con el uso de shampoo, enjuagues, fijador o cualquier otro cosmético aplicado en el cabello alterando los resultados.

Mercurio en orina: indicado para efectos a largo plazo; población en general 0-20ug/L, primeros efectos 150ug/L, efectos en el SNC 300-600ug/L, dentistas mayor a 20ug/L.^{42, 43}



6.6 Formas de exposición

El mercurio se ha convertido en elemento esencial para el hombre debido a sus propiedades y utilizado para diferentes fines, las personas están expuestas al mercurio en sus diferentes formas químicas, por variadas formas ya sea en el trabajo en la dieta, por iatrogenia, entre muchas otras.

6.6.1 Exposición ocupacional

La minería artesanal para extracción de oro tiene consecuencia para las personas que trabajan en ello y también para las poblaciones cercanas a las minas.

La exposición más común al mercurio en el trabajo es por inhalación de vapores de mercurio, dado que el vapor de mercurio es inodoro e incoloro, las personas lo pueden respirar sin darse cuenta.⁴⁴

Durante el proceso de separación oro los trabajadores utilizan los quimbaletes para triturar la arenilla que es mezclada con el mercurio líquido, el cuál frecuentemente es manipulado sin elementos de protección personal, ello incrementa la exposición a los vapores de mercurio, que ingresan al organismo principalmente por vía respiratoria y ocasionan efectos neurotóxicos, nefrotóxicos y genotóxicos en tejido epitelial de algunas mucosas como la oral y nasal.⁴⁵ Imagen 24

La tecnología de punta en la minería implica el uso de grandes cantidades de insumos químicos como cianuro, gas cloro, nitrato de amonio y combustibles que permiten extraer el oro.⁴⁷



Imagen 24 Minería artesanal con mercurio.⁴⁶

El personal que labora en las industrias donde el mercurio es importante para la elaboración de diversos productos utilizando mercurio como por ejemplo la fabricación del papel, pilas, cloro, etc.

6.6.2 Exposición a derrames de mercurio

Los derrames de mercurio van desde roturas de termómetros en el hogar, en consultorios y hospitales, derrames en el consultorio dental durante la preparación de amalgama, hasta grandes derrames accidentales.

Un ejemplo es el ocurrido en Perú en el año 2000, cuando un camión transportaba mercurio metálico y tuvo un derrame de 151 kg de dicho metal, como consecuencia la salud de los habitantes de zonas aledañas se vio afectada durante varios años. Hasta el 2004 no existía en Perú una regulación en el transporte de sustancias tóxicas, este suceso fue el resultado de la falta de regulación en ese país.⁴⁷

6.6.3 Exposición Alimentaria

La exposición al mercurio por alimentación se da por el consumo de pescados y mariscos que presentan contaminación con metilmercurio.

6.7 La presencia de mercurio en pescados y mariscos

El mercurio que se encuentra en el aire se incorpora a las corrientes fluviales transformándose ahí en metilmercurio, el cual es absorbido por el plancton, peces pequeños y mariscos; recordemos que el metilmercurio es el compuesto de mercurio más peligroso para la salud. La concentración de mercurio metilado en los peces y mariscos depende del lugar, el tipo de especie, la edad y el comportamiento del animal en la cadena alimenticia. Por lo tanto los peces más grandes con mayor oportunidad de depredación, adquieren mayor acumulación de mercurio tóxico, en cambio en los más pequeños la acumulación será muy reducida. Este metal se distribuye homogéneamente por toda la masa muscular del pescado; en la zona ósea y en la grasa del animal la acumulación de mercurio es mínima.

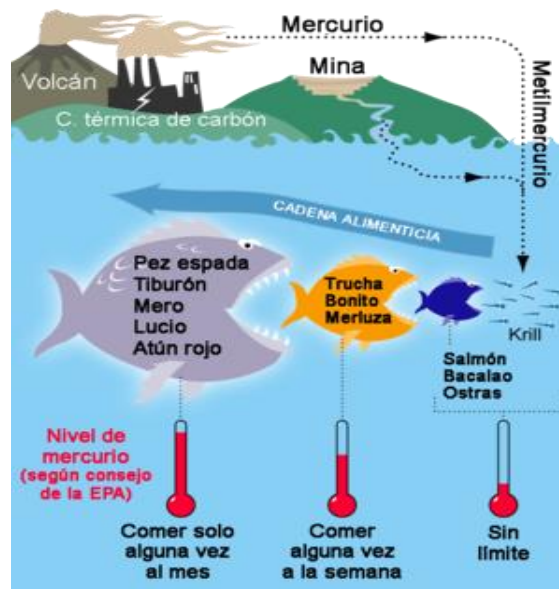


Imagen 25 Presencia de mercurio en peces.⁴⁸

Los valores mercuriales encontrados en otros productos marinos como bivalvos, cefalópodos, gasterópodos marinos, crustáceos sí como en algas y equinodermos son muy bajos.⁴⁹

6.8 El riesgo del consumo de pescados y mariscos con alto contenido de mercurio durante el embarazo

El consumo de pescado es esencial para nuestra salud, por su aporte de vitaminas y minerales, su fácil digestión, bajo contenido de grasa saturada y el importante aporte de omega-3. El consumo de pescado durante el embarazo ayuda al buen desarrollo de aprendizaje de los futuros bebés por su gran beneficio nutricional, siempre y cuando contenga bajas concentraciones metilmercurio.

Los beneficios y riesgos de la ingesta de pescado varían de acuerdo a la especie de pescado, tamaño y formas de cultivo como también la cantidad de consumida.⁴² Imagen 26



Imagen 26 Pescados y mariscos.⁵⁰

Cuando las concentraciones de metilmercurio son altas, afectan el desarrollo del sistema nervioso central de fetos y niños. Algunas especies de pescado

con altos niveles de mercurio son el tiburón, pez espada, caballa, algunas especies de atún como el atún rojo. Se aconseja que las mujeres embarazadas, mujeres que se encuentran lactando, y los niños eviten consumir pescados y mariscos con altos niveles de mercurio.

Durante el embarazo el feto se ve afectado por los compuestos mercuriales ya que atraviesan fácilmente la barrera placentaria, ocasionando una grave lesión encefálica del feto, que se manifiesta después del nacimiento con trastornos motores y sensitivos, convulsiones, ataxia, disartria, temblores y ceguera. Es importante recordar que en estos casos, las concentraciones de mercurio encontradas en el feto son mayores que las encontradas en la madre. Posterior al nacimiento, además de las alteraciones descritas del sistema nervioso central, sensitivas y motoras, se suman alteraciones mentales, renales y pancreáticas, desencadenando diabetes mellitus.³⁷

Imagen 27



Imagen 27 Feto.⁵¹

La leche materna es considerada como una fuente ideal de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de los recién nacidos. Las madres están expuestas a diversos contaminantes como resultado de su estilo de vida y de la contaminación ambiental.



La glándula mamaria es más efectiva que la barrera placentaria para evitar la transferencia del MeHg a los niños. Algunos estudios han mostrado que, a pesar de las elevadas concentraciones de mercurio en sangre en mujeres que consumían mucho pescado, no se han encontrado diferencias en sus concentraciones en leche. Sin embargo, el mercurio inorgánico se transfiere más fácilmente desde el plasma (el MeHg está en los hematíes) a la leche. Se estima que aproximadamente entre el 50 al 80% del mercurio en la leche materna es inorgánico por lo que la exposición al MeHg procedente del pescado se reflejaría en la sangre pero no en la leche materna. Existen también factores que pueden influir en la concentración de mercurio en la leche como la edad materna, el estadio de lactancia y la concentración de proteínas de la leche. También hay que considerar que para evaluar la toxicidad del mercurio encontrado en la leche sería conveniente analizar simultáneamente el selenio (Se) y calcular el cociente Se Hg.⁵²

Hay controversia por lugares en el mundo donde la ingesta de pescados y mariscos es muy grande, por ejemplo Japón lo que supondría que hay niveles altos de toxicidad en las personas por mercurio y la realidad es que es un país donde la expectativa de vida es alta. Tal vez la respuesta está en el selenio. Algunos peces y mariscos son ricos en selenio (Se), un oligoelemento esencial que forma parte de diversas enzimas que se relacionan con el proceso de desintoxicación.⁵²

6.9 El mercurio y su aplicación en tintas para tatuajes

Un tatuaje consiste en la inserción de un pigmento insoluble dentro o debajo de la piel, mediante inyección directa del pigmento con aguja. El pigmento más usado es el carbón (grafito).⁵³

La mayoría de las tintas que se utilizan para tatuar la piel contienen derivados metálicos además de otros componentes. La tinta roja es la que manifiesta más reacciones secundarias en la piel por la presencia de mercurio en su composición.⁵⁴ Imagen 28



Imagen 28 Tatuaje permanente de color rojo.⁵⁵

La dermatitis de contacto alérgica es una reacción de hipersensibilidad, es aguda pero con la característica que presenta lesiones eccematosas limitadas al área del tatuaje. Los tatuajes rojos, sobre todo los que contienen mercurio, son los que en su mayoría producen este tipo de reacciones retardadas.

El sulfato de mercurio se encuentra en la mayoría del pigmento o tinta de color rojo utilizado para los tatuajes, también se le conoce como rojo cinabrio o bermellón; se le relaciona con manifestaciones de dermatitis, inflamación de la zona pigmentada y molestias, por la presencia de sulfuro de mercurio.

Los pigmentos rojo, azul, verde y rojo violáceo, se relacionan con la aparición de granulomas sarcoideos, pueden ser localizadas o generalizadas (como manifestación de una sarcoidosis sistémica). Aparecen meses e incluso años después de practicado el procedimiento. Aparecen micropápulas que confluyen formando placas sobreelevadas de consistencia firme. La biopsia demuestra un infiltrado granulomatoso que compromete toda la dermis. Es obligado realizar un diagnóstico diferencial con la sarcoidosis.

Un tatuaje cosmético es el que se emplea como maquillaje permanente para delinear ojos, labios, cejas, la areola-pezón en las reconstrucciones mamarias. Hay descritos numerosos casos de granuloma sarcoideo por tatuaje cosmético, llegando incluso a desarrollar posteriormente una sarcoidosis sistémica.⁵⁴ Imagen 29



Imagen 29 Reacción sarcoidea por tatuaje cosmético.⁵⁶

Las reacciones Pseudolinfomatosas se asocian al uso de pigmento rojo, fundamentalmente, pero también al verde y azul. Puede presentarse un linfocitoma posterior a un tatuaje. Se ha comprobado que la tinta del tatuaje, al ser insoluble, es fagocitada por los macrófagos y puede observarse en los ganglios linfáticos regionales. En los ganglios desarrolla una respuesta inflamatoria cuyos efectos secundarios son desconocidos.⁵⁴

6.10 Algunos eventos de intoxicación con mercurio

A lo largo de la historia, se han manifestado en diferentes partes del mundo casos de intoxicación y envenenamiento por este metal y sus derivados, de diferentes formas en que fueron ingeridas.

La intoxicación crónica se encontró alguna vez en quienes hacían sombreros de fieltro y espejos, de hecho la célebre frase de Lewis Carroll “loco como un sombrerero” permanece como testamento del uso de compuestos de mercurio en la producción de sombreros de fieltro.²⁰ Imagen 29

En la elaboración de sombreros de fieltro el nitrato de mercurio era indispensable para tratar la piel que se usaba para la confección de sombreros. Los trabajadores solían sufrir los efectos neurológicos de la intoxicación crónica por mercurio manifestando pérdida de la memoria, inestabilidad emocional, disfunción motora y sordera.²⁰



Imagen 30 Hattler, sombrero loco.⁵⁷

Un ejemplo de intoxicación aguda se dio en Iraq, al consumir pan hecho con semillas contaminadas con etilmercurio, utilizado para la conservación de las semillas, fue la causa de muerte por envenenamiento de cientos de personas



en Iraq a mediados del siglo XX. Para el año de 1970 también en Iraq, se importaron granos de cebada y trigo para fines de agricultura, antes de ser examinados y determinar el fungicida con el cual habían sido tratados los granos de trigo, productores de pan decidieron darle al trigo otro uso y lo emplearon directamente en la elaboración del pan. El trigo contenía cantidades de mercurio inorgánico como etilmercurio y metilmercurio, se encontraron de 5 a 10 mg de metilmercurio por kilogramo de acuerdo al análisis que se llevó a cabo después de haber recuperado sólo el 7% del total de trigo contaminado. Miles de personas fueron hospitalizadas y muchas de ellas murieron.¹

En Buenos Aires, Argentina se presentaron casos de intoxicación por acetato de fenilmercurio usado en lavanderías como bacteriostático en los pañales de tela, básicamente para combatir la dermatitis de pañal en los bebés causada por la materia fecal. Más de 1500 niños sufrieron de síntomas como fotofobia, hipotensión, anorexia, insomnio, irritabilidad, alteraciones gastrointestinales poliuria, entre otros. Cabe mencionar que lo anterior impulsó el aumento en el consumo de pañales desechables¹

Más recientemente, la enfermedad de Minamata, causada por la contaminación ambiental debido a los desechos con grandes cantidades de mercurio arrojados a las aguas de la bahía de Minamata, Japón; por una compañía que producía acetaldehído, dicha descarga del contaminante duró varios años y como consecuencia de este hecho la intoxicación y muerte de una gran cantidad de personas, a causa del consumo de pescado contaminado con mercurio.¹

Es de gran importancia la disposición de metales en el medio ambiente ya que, repercute directamente en la salud del ser humano.



7. LA AMALGAMA EN ODONTOLOGÍA

7.1 Historia de la amalgama dental

La amalgama ha sido uno de los materiales más utilizados desde el comienzo de la Odontología para restaurar las estructuras dentarias perdidas por causas patológicas. Se usaron por primera vez en Francia entre 1819 y 1826, y en 1836 son llevadas a Estados Unidos.⁵⁸

Los chinos fueron los primeros en emplear una pasta a base de plata con algún contenido de Hg para ser utilizada en obturaciones dentales. A lo largo de la Edad Media en China y Europa, se observaba que el líquido extraído del cinabrio, era volátil y desaparecía evaporándose rápidamente cuando lo calentaban ligeramente. Se cree que la primera amalgama dental fue hecha por Taveau que usó monedas de plata mezcladas con mercurio en el año de 1816.⁵⁹

Ante el conocimiento de los efectos del mercurio en la salud y la baja calidad de las primeras amalgamas comienza una controversia con respecto a su uso en restauraciones dentales dando inicio a la llamada primera guerra de la amalgama en 1836. En el año de 1845 la American Society of Dental Surgeons (ASDS) prohíbe el uso de amalgamas dentales por los efectos negativos a la salud de las personas que portaban restauraciones de amalgama. La ADA Asociación Dental Americana reemplaza a la ASDS en 1859 quien apoya y defiende firmemente su uso odontológico, años más tarde se le añade estaño a la fórmula para mejorar las propiedades de la amalgama.⁵⁹

En 1985, el Dr. Green Vardimar Black con crea una aleación de plata Ag, cobre Cu, estaño Sn y cinc Zn perfeccionando aún más las propiedades mecánicas de la amalgama, principalmente en relación con la expansión del material.⁵⁹

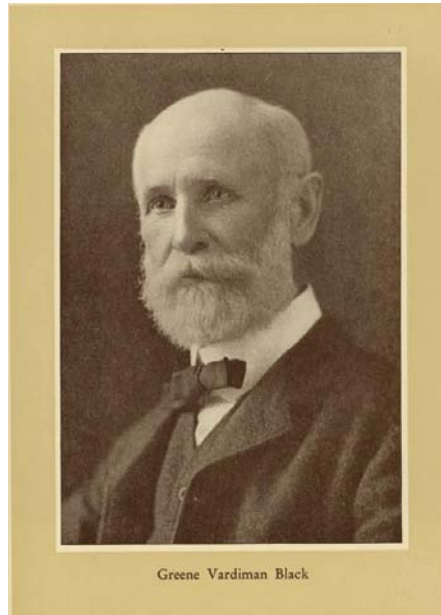


Imagen 31 Dr. Greene Vardiman Black.⁶⁰

En 1926 en Alemania el Dr. Alfred Stokc hace un informe a detalle de su experiencia con la amalgama y recomienda evitar completamente la amalgama como material de obturación o no utilizarla si existe otra alternativa, debido a la exposición continua al Hg, aunque sea a dosis pequeñas, ya que puede dar lugar a síntomas tales como cansancio, depresión, irritabilidad, mareo, diarrea, falta de apetito, catarros crónicos, etc. Este autor llega a hablar de las amalgamas como “grave delito contra la humanidad”. Y se enfrenta ante la ADA quien defiende el empaste. El trabajo de 1857 del Dr. Kart O. Frykholm, publicado en la revista Odontológica Scandinavica en Suecia, constituye para la ADA la gran “prueba” de que la amalgama dental no es peligrosa para el organismo, con la excepción de muy pocos individuos exageradamente sensibilizados frente al Hg.⁵⁹

En el año de 1978 en Suecia se da la tercera guerra de la amalgama hay una inconformidad de organizaciones y el propio gobierno de ese país ante el uso de amalgama dental que fundamentan con estudios que revelan efectos

tóxicos del mercurio usado en amalgamas. Desde 1991 las amalgamas fueron retiradas de las bocas de los suecos y cambiadas por empastes de otros materiales con cargo a la Seguridad Social porque se había demostrado su toxicidad. En 1997 se prohibió el uso de amalgamas dentales. En ese país también ha habido conflictos en países como la antigua Unión Soviética, donde la amalgama se prohibió en 1975 o en Japón, donde desde 1982 sólo se hacen empastes de plástico. Asimismo, en California y Colorado, en estados Unidos y el gobierno de Alemania, obligan a colocar carteles en las clínicas dentales de advertencia sobre la amalgama.⁵⁹

7.2 La amalgama dental

La amalgama dental es una aleación de metales como plata, cromo, estaño y cinc combinada con mercurio. Las proporciones entre el mercurio y la aleación son de gran importancia para lograr la eficacia requerida del material. La amalgama dental tiene grandes propiedades físicas y mecánicas; la única desventaja de este material restaurador es que al ser un metal, no es estético.⁶¹ Imagen32



Imagen 32 Restauraciones con amalgama.⁶²



7.3 Normas que regulan la amalgama dental

La norma internacional que regula y fija los requisitos deseables para la amalgama de plata es la No 1 de la Federación Dental Internacional, que corresponde con la No. 1 de la Sociedad Dental Americana. ADA.⁶¹

Usar productos que cumplan con la norma asegura buenas propiedades físicas.

7.3.1 Clasificación de la amalgama

Se clasifica según la norma No. 1 de la ADA de acuerdo con la presentación de la aleación en dos tipos.⁶³

- Tipo I. En forma de polvo
- Tipo II- En forma de tabletas (polvo, comprimidos)

Cada uno en tres clases, según la forma de la partícula.⁶³

- Clase 1. Partícula de limadura, irregular o prismática
- Clase 2. Partícula esférica.
- Clase 3. Mezcla de las dos.

7.4 Usos

Es utilizada como material restaurador en dientes posteriores que reciben fuertes cargas masticatorias, para cavidades profundas y amplias, la amalgama de alto contenido de cobre es la más indicada.⁵⁸



8. EL MERCURIO EN LA AMALGAMA DENTAL

8.1 Características del mercurio usado en Odontología

El mercurio que se usa para combinarse con la aleación para amalgama, debe ser certificado, tener una superficie brillante que no se enturbie, cuando se agita al aire y no tener apariencia visible de contaminación.⁵⁸ Debe ser químicamente puro que corresponde a las especificaciones internacionales ADA N°6; FDI, N°2, Norma Iram 27003 que establecen el porcentaje máximo admisible de residuos no volátiles del mercurio a emplear y la exigencia de que presente un aspecto brillante y limpio.⁶⁴

8.1.1 Proporción de mercurio y aleación

Una proporción 8/5 indica 8 partes de mercurio deben ser mezcladas con 5 partes de aleación. La restauración final no debe tener más de un 50% de mercurio. La proporción ideal, sería 1 a 1 (50% de mercurio y 50% de aleación).⁵⁸ Un alto contenido de mercurio sobrepasa la relación que establece el fabricante, produce una caída brusca de todas las propiedades de la amalgama, una cantidad menor de mercurio reduce la resistencia a la corrosión.⁶¹

Las aleaciones en cápsulas predosificadas vienen con la cantidad de mercurio separadas por un plástico, papel celofán, que al romperse permite el contacto de ambos elementos procediéndose de inmediato a la amalgamación por vibración mecánica.⁶¹



Imagen 33 Cápsulas predosificadas de amalgama.⁶⁵

8.1.2 Manejo del mercurio y aleación de amalgama

Aún se sigue utilizando la técnica tradicional donde se trituran las pastillas de aleación en un mortero con pistilo, a la aleación ya triturada se le agrega el mercurio siguiendo la indicaciones del fabricante para obtener la amalgama. Se utiliza un pequeño paño de manta, en donde se coloca la mezcla y se exprime el exceso de mercurio antes de ser colocada en la cavidad. El uso de cápsulas predosificadas evita el contacto directo con el polvo de la aleación y con el mercurio. Para este método se utiliza un amalgamador.



Imagen 34 Amalgamador.⁶⁶



8.2 La toxicidad del mercurio presente en la amalgama dental

Como ya se dijo antes, el mercurio utilizado en la amalgama como restauración dental es mercurio elemental. El mercurio elemental se libera como tal y se absorbe en el intestino en 0.01%, y por medio de la corrosión, se libera en forma de mercurio inorgánico y su absorción no sobrepasa el 10%. Considerando que el metilmercurio es el más peligroso para la salud y se absorbe en más del 90% en el intestino, y este se encuentra en los pescados y mariscos. Por lo tanto el consumo de productos marinos proporciona mayores cantidades de mercurio en sangre en comparación con el mercurio ingerido por una o varias restauraciones de amalgama.

El nivel promedio de mercurio en la sangre en personas que portan amalgamas es de 0.7 ngr/ml.; en las personas que no tienen amalgamas en boca es de 0.3 ngr/ml.

El profesor John W. Osborne en el editorial de la revista Operative dentistry, de Mayo-Junio de 2005, confirma cómo las fases metalográficas en el proceso de cristalización de la amalgama forman un compuesto estable, de donde difícilmente se libera el mercurio en la proporción que pueda tener problemas de salud para el paciente.⁶¹

Cuando el mercurio se combina los metales que integran la aleación, se vuelve una sustancia inactiva. Bajo presión vigorosa, durante la masticación, pueden liberarse mínimas cantidades de vapor de mercurio; sin embargo, no existe ningún indicio o prueba científica que pueda asociar estas pequeñas cantidades de vapor de mercurio con algún problema de salud.⁶⁷

En Japón, Suecia y Noruega se ha prohibido el uso de la amalgama como material restaurador. El gobierno de Alemania, California y Colorado en Estados Unidos exigen en clínicas y consultorios dentales colocar carteles



que promuevan información con respecto a los riesgos del uso de amalgama dental.⁶⁷

8.2.1 La exposición del feto al mercurio por amalgama dental de la madre

En un estudio realizado se asoció el número de amalgamas con los niveles de Hg en sangre del cordón umbilical. Los resultados de estudios realizados en varias muestras de sangre del cordón umbilical de recién nacidos, no alcanzan las concentraciones de mercurio consideradas peligrosas para efecto patológico en el desarrollo neurológico.⁶⁸

En Alemania no se permite la colocación de amalgama dental en niños, ni en mujeres embarazadas por los posibles riesgos a la salud.

La concentración estimada de mercurio en la leche materna atribuible a la amalgama dental es un orden y magnitud inferior a la dosis de referencia de protección para la exposición oral de mercurio inorgánico.⁶⁷

La FDA concluyó que los datos existentes apoyan los hallazgos de que la salud de los niños no está en riesgo, frente a eventuales efectos adversos derivados de la leche materna de mujeres expuestas a vapores de mercurio de la amalgama dental.⁶⁷

8.3 Vías de exposición al mercurio en la práctica odontológica

La exposición al mercurio del personal odontológico se da por contacto directo y por inhalación de vapores. Durante la manipulación de aleación y mercurio para formar la pasta de amalgama sin utilizar las barreras de protección como guantes de látex y bata es posible que la piel tenga contacto directo con el mercurio.

El odontólogo está expuesto al utilizar fórmulas convencionales que requieren exceso de mercurio, y de exprimir la amalgama para retirar los excesos de mercurio.⁶¹ Imagen 35



Imagen 35 Contacto directo de mercurio con la piel.⁶⁹

Cuando no hay una adecuada ventilación en el consultorio la posibilidad de inhalar vapores de mercurio es muy alta; el descuido en el manejo del mercurio tiene consecuencias como el derrame de pequeños residuos o gotitas de mercurio en el piso o en alguna otra superficie de trabajo

Durante la eliminación de amalgama es importante una suficiente irrigación, ya que la fresa en contacto con la restauración metálica aumenta la temperatura provocando la liberación de vapor de mercurio, que es inhalado por el odontólogo y el paciente. Imagen 36



Imagen 36 Irrigación de la pieza de alta velocidad.⁷⁰



También la esterilización de instrumental que no está bien lavado y contiene restos de amalgama provoca vapor de mercurio. Usar cápsulas viejas o defectuosas que al colocarlas en el amalgamador, se libera mercurio.

En sus actividades diarias los odontólogos y asistentes dentales utilizan sustancias químicas (metal mercurio) el cual cuando es manipulado inadecuadamente, sin considerar las normas de higiene mercurial, determina una influencia nociva del ambiente laboral y por la acción tóxica directa puede producir enfermedades graves en dicha población.⁷¹

A nivel mundial los límites máximos permitidos de vapor de mercurio en el ambiente para una jornada de trabajo de 8 horas al día, por 5 días a la semana es de 0.05 mg/m^3 , el nivel de mercurio en sangre encontrado es de 0-5Hg/ml permitiendo hasta 10 mg como normal.⁷²

Existen estudios epidemiológicos y clínicos donde se determina que la mayoría de los efectos del metal mercurio son reversibles al cesar la exposición a los vapores mercuriales, y que la recuperación en los pacientes afectados se puede acelerar mediante el tratamiento con penicilina y el unithiol (2,3 dimercapto - propansulfanato), también se expone que las concentraciones del vapor de mercurio metálico e inorgánico de 0.05 mg/m^3 e inferiores, no producen intoxicación en trabajadores expuestos durante 8 horas diarias y 5 días a la semana.⁷¹

En una encuesta realizada en 107 consultorios en Antioquia, Colombia en 2006, en el que se menciona, que no existe conciencia con respecto a las mediciones ambientales de mercurio que se deben realizar periódicamente en los consultorios, solo 3 de ellas reportan haberlo realizado con resultados normales. En lo relacionado con el seguimiento biológico del mercurio, parece que persiste un problema de tipo cultural, tanto en el personal que labora como entre los que administran las entidades prestadoras de servicios en salud oral, puesto que solamente siete instituciones tienen como política



la realización de la prueba de mercurio al personal que inicia su vida laboral. Casi la mitad de las personas encuestadas informaron que alguna vez se han realizado alguna prueba biológica; sobresalen 18 auxiliares, 28 odontólogos y 3 del personal de intendencia. Es más notable esta buena práctica en el personal de las entidades oficiales, seguido de las privadas y las particulares.⁷³

8.4 Contaminación por mercurio desde el consultorio dental al medio ambiente

La práctica odontológica con amalgama dental ha disminuido debido a la preocupación por los efectos tóxicos del mercurio en la salud y medio ambiente.

En la literatura consultada se encontró que a pesar de las recomendaciones sobre la prevención de contaminación por mercurio en la práctica odontológica, existe un mal manejo de los residuos al término de la colocación de amalgamas y como consecuencia grandes cantidades de mercurio contenido en los restos de amalgama que van directo al drenaje contaminando las aguas residuales, produciendo compuestos de mercurio cuando se combina con limpiadores y desinfectantes químicos que funcionan como oxidantes. Además en zonas alejadas y de bajos recursos, los residuos de amalgama son depositados junto con el resto de los desechos provocando que éstos vayan directo a vertederos, contaminando suelos y aguas subterráneas

Las buenas prácticas en el trabajo odontológico reducen los niveles de mercurio en la orina relacionados con afecciones del comportamiento. La Asociación Dental Americana (ADA) considera que los riesgos de exposición mercurial en el trabajo de Odontología son escasos si el personal que trabaja en dicha área cumple con las normas de higiene mercurial existentes.⁷⁴



La OMS ha determinado que la exposición más común al mercurio en el trabajo se da por inhalación de vapores de mercurio, por más pequeña que sea la cantidad, genera que la bolitas del líquido puedan quedarse en el calzado, grietas, alfombras, maderas y en otras superficies porosas, de manera que el aire de espacios cerrados se contamina a causa de los residuos persistentes.⁷⁵

8.5 Fundamentos a favor de la amalgama dental

El mercurio inorgánico es la forma oxidada del mercurio elemental. El organismo es incapaz de transformar grandes cantidades de mercurio inorgánico de la amalgama en orgánico que es tóxico. Las investigaciones citadas por la ADA (1998) concluyeron que la biotransformación del mercurio inorgánico en orgánico no ocurre in vivo.⁶⁷ Aunque hoy existen materiales restauradores, libres de mercurio, y de color similar al diente natural, como las resinas y los ionómeros de vidrio, la amalgama dental aún permanece como material válido para la obturación de dientes posteriores.⁷⁶

La Federación Dental Internacional (FDI) y la Asociación Dental Americana (ADA) con relación a la higiene del mercurio establecen una serie de recomendaciones descritas en el Anexo No. 2. A la vez la ADA considera que los riesgos de exposición mercurial en el trabajo de Odontología son escasos si el personal que labora en dicha área cumple con las normas de higiene mercurial existentes, debido a que la dosis de mercurio desprendida durante el procedimiento de manipular las amalgamas es mínima e inocua, por lo cual no recomienda la remoción de amalgamas y la sustitución por otro tipo de material.⁷¹

La amalgama dental es más económica comparada con otros materiales de restauración, las personas de bajos recursos tienen mayor acceso a un



tratamiento con amalgama que con algún otro material, además que tiene excelentes propiedades físicas y mecánicas que la convierten en un material restaurador en dientes que reciben altas cargas masticatorias.⁶⁷

9. RECOMENDACIONES

9.1 Medidas para una buena práctica odontológica con amalgama

Es importante dar información adecuada y específica al personal auxiliar como asistentes dentales, y personal de intendencia sobre los efectos tóxicos que provoca el mercurio en la salud, también sobre su correcta manipulación y limpieza⁷⁷. Otras medidas importantes se mencionan a continuación:

- Tener adecuada ventilación en el consultorio, cuando se usa aire acondicionado, sus filtros deben ser revisados con frecuencia y ser sustituidos por nuevos cuando sea necesario.
- No colocar alfombras o cualquier material poroso en pisos y paredes en el consultorio para evitar acumulo de mercurio elemental
- Utilizar la cantidad de mercurio necesaria y no tocarlo directamente sin usar guantes.
- Tener capsulas de amalgama de diferentes tamaños para aprovechar al máximo el material y evitar residuos.
- No usar capsulas de amalgama que presenten algún defecto.
- Cuando se eliminan amalgamas hacerlo siempre con suficiente irrigación de agua para evitar los vapores de mercurio.
- Todos los restos de amalgama, incluyendo las capsulas de amalgama usadas y vacías, residuos en el porta amalgamas y en el instrumental utilizado, en la escupidera, en el dique de hule, etc., deben ser depositados en contenedores de plástico con suficiente agua y con



tapa hermética, algunos autores recomiendan colocar los residuos en solución de fijador para radiografías.^{58,61,77}

Las siguientes medidas para reducir el riesgo ocupacional por mercurio en la práctica odontológica en el sector público y privado se respaldan de acuerdo la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-1994 Para la prevención y control de enfermedades bucales publicada el 6 de enero de 1995.

El estomatólogo y personal auxiliar deben utilizar, con todo paciente y para todo procedimiento medidas de barrera como son: bata, guantes desechables, cubrebocas, anteojos o careta y por parte del paciente protector corporal, baberos desechables y anteojos

Usar guantes de hule grueso o nitrilo no desechables para lavar material e instrumental.

Para prevenir los riesgos de tipo químico provocados por el uso de productos como mercurio y otros, el personal de salud debe cumplir con las recomendaciones para su manejo señalados por el fabricante.

Para prevenir el riesgo provocado por el mercurio en sangre, el odontólogo debe pulir y retirar las obturaciones de amalgama bajo chorro de agua para evitar la aspiración de polvo y mercurio.

El mercurio residual debe ser guardado en frascos de plástico con agua, cerrados herméticamente.⁷⁸



Imagen 37 Barreras de protección.⁷⁹

Es importante instalar un separadores o filtro de amalgama en la unidad dental, estos deben cumplir con los requisitos señalados por la norma ISO 11143.⁷⁷ Imagen 38



Imagen 38 Recuperador de amalgama.⁸⁰



El instrumental al término de su utilización debe ser revisado para evitar restos de amalgama y debe ser lavado para evitar contaminación del agua residual y evitar vapores de mercurio al momento de su esterilización

Contar con un contenedor hermético, que sea de plástico para evitar accidentes, debe ser etiquetado, indicando que contiene restos de amalgama y debe ser almacenado lejos del calor.⁷⁷

9.2 Manejo de pequeños derrames de mercurio metálico

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en mayo de 2010, la 1ª. Fase de su “Plan de manejo integral para el retiro de mercurio y residuos que lo contienen en el sector salud”.⁷⁷En el cual se recomienda:

Tener una ventilación adecuada y retirar accesorios de las manos para evitar una mayor contaminación. Utilizar bolsas amarillas para y etiquetarlas para identificarlas que contienen residuos de mercurio. Siempre utilizar guantes para levantar el mercurio aspirándolo con jeringas, si es posible verificar con la luz apagada y una lámpara la identificación de bolitas de mercurio esparcidas en el área introducir los residuos en un contenedor hermético. Incorporar todo el material utilizado en la bolsa amarilla cerrarla con un cintillo y trasladarla a lugar de residuos.⁷⁷

Antes de deshacerse de un producto que puede contener mercurio, sellar en una bolsa a prueba de fugas o recipiente de plástico. Consulte con su local de medio ambiente, la salud o la agencia de desechos sólidos para obtener instrucciones de eliminación.⁸¹



9.3 Recomendaciones en el consumo de pescados y mariscos

Con respecto a la alimentación, se recomienda evitar comer o al menos consumirlos con poca frecuencia pescados con alto contenido de mercurio como el tiburón, pez espada, atún rojo entre otros. En adultos se recomienda comer aproximadamente 340 gr. a la semana de pescados y mariscos con bajos niveles de mercurio, la porción en niños se debe ser menor.

9.4 Durante el embarazo y lactancia

Las mujeres que planean embarazarse deben tomar precauciones, pues el metilmercurio puede acumularse en sus vías sanguíneas y demorar hasta un año en eliminarse el cuerpo, lo cual puede afectar el desarrollo cerebral del feto. Durante la lactancia también se deben tomar medidas por la transmisión del metilmercurio al bebé a través de la leche materna.⁸⁰

A los niños se les debe evitar la administración de mercurio en cualquiera de sus formas.²³

9.5 En el uso de cosméticos

No consumir productos cosméticos que contengan mercurio, es importante revisar los ingredientes en las etiquetas de cada producto, cuando el producto contiene mercurio en sus ingredientes se encontrara como calomel, cloruro de mercurio o mercurio.⁸¹



CONCLUSIONES

El mercurio es un elemento natural, que con el paso de los años y la evolución del hombre se ha convertido en un problema ambiental a nivel mundial, nunca se podrá erradicar pero si es viable disminuir en lo más posible las emisiones de mercurio de origen antropogénico.

Con la prudencia el sentido común, además del conocimiento que se tiene en base a estudios de investigación científica, la amalgama dental se puede seguir utilizando, siempre usando las medidas necesarias para evitar una contaminación por mercurio a consecuencia del mal manejo de la amalgama y de los residuos.

La acumulación de mercurio en pescados y mariscos es real, a pesar de no saber con exactitud los niveles específicos que presenta cada especie, se tiene certeza que entre mayor tamaño sea el animal mayor será la cantidad de mercurio que contenga. Los beneficios de una dieta que incluye pescado es esencial para el ser humano, de acuerdo con la información consultada es importante consumir los productos del mar, teniendo en cuenta la frecuencia, la cantidad y el tipo de pescado que se consume.

Tomando conciencia de las acciones de la vida cotidiana se puede evitar en gran medida la contaminación del medio ambiente que repercute directamente en la salud del ser humano, evitando enfermedades graves que aquejan a toda persona expuesta, en donde la etapa más vulnerable es la prenatal y de niños en desarrollo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blesa M, Castro G. Historia natural y cultural del mercurio 1a.ed. Asociación Argentina para el progreso de las ciencias, Buenos Aires 2015. Pp.23-130
2. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/27/Qinshihuang.jpg/245px-Qinshihuang.jpg>
3. Uzcategui R, Pérez M, Becerra L. Descubrimiento e historia del mercurio como elemento químico. El mercurio y la salud.
4. http://www.ciens.ucv.ve/eqsol/Historia/pdf_web
5. <https://image.slidesharecdn.com/historiadelaquimicappt-150314164144-conversion-gate01/95/historia-de-la-quimica-ppt-12-638.jpg?cb=1426351808>
6. Ramírez A. V. Intoxicación ocupacional por mercurio. An Fac Med 2008; 69(1); 46-51
7. <http://historiaperuana.pe/periodo-colonial/virreinato/mineria-virreinato>
8. <http://www.palaciomineria.unam.mx/historia/colonial.php>
9. Otmer K, "Enciclopedia de tecnología química", 1ª Ed. Limusa 1998. p.p 910
10. Programa Nacional de Riesgos Químicos, Mercurio: cartilla de información. Buenos Aires 2008
11. Español S. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. Perú, 2001.
<http://www.gama-peru.org/jornada-hg/espanol.pdf>
12. Química inorgánica ambiental
http://www.ugr.es/~mota/QIA_TEMA-3_Hg.pdf
13. Hawley G. Diccionario de Química y de productos químicos 2ª ed. Buenos Aires Argentina, 1993
14. <http://www.mercurioenmexico.com/images/mercurio1.jpg>
15. <http://www.uciencia.uma.es/Coleccion-cientifico-tecnica/Mineralogia/Galeria/Cinabrio>



16. Ferrer A. Intoxicación por metales. Sis San Navarra Pamplona 2003 vol. 26 (supl1): 114-153
17. http://almadenysusrincones.com/wp-content/uploads/2015/04/mercurio_912.jpg
18. <https://image.slidesharecdn.com/intoxicacinpormercurio-161124063635/95/intoxicacin-por-mercurio-7-638.jpg?cb=1479969456>
19. <https://image.slidesharecdn.com/snc-100221142337-phpapp02/95/sistema-nervioso-central-15-728.jpg?cb=1353534858>
20. Robbins M D, Stanley L. Patología humana. 4a ed. Interamericana Mc Graw-Hill 1989. Pp 788
21. <https://image.slidesharecdn.com/contaminantesquimicosconferencia>
22. <https://k60.kn3.net/taringa/E/0/7/8/B/1/davidaviddavid/712.jpg>
23. Dreisbach R, Robertson W. Manual de toxicología clínica prevención, diagnóstico y tratamiento 6a.ed.1988 editorial Manual Moderno. Pp.222-225
24. <https://www.fda.gov/ucm/groups/fdagov-public/documents/image/ucm509664.png>
25. <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB11aFGIXXXXIaXXXq6xXFXXA/2-unids-REAL-ROJO-color-de-la-tinta-del-tatuaje-15-ml-1-2-OZ-de.jpg>
26. <https://image.slidesharecdn.com/tiposyaplicacionesdelaspilasgalvnicas-131219121457-phpapp02/95/tipos-y-aplicaciones-de-las-pilas-galvnicas-12-638.jpg?cb=1387455360>
27. <https://www.estrucplan.com.ar/Articulos/ShowImg.asp?IDArticulo=3281&ImgType=image/jpeg&ImgUrl=../Boletines/0870/gestion-residuos-peligrosos-2.jpg>
28. <http://www.investigacionyciencia.es>



29. Yarto M. Almacenamiento y disposición de mercurio en México, proyecto en la región de América Latina y el Caribe México Panamá. 2013
30. Yarto M, Gavilan A. Castro J. La contaminación por mercurio en México. 2007
31. http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2015/04/02/11/27377ACF00000578-3022885-The_Colima_volcano_is_regarded_as_one_of_the_most_dangerous_in_M-a-2_1427970366256.jpg
32. <http://4.bp.blogspot.com/-HEFchyKPo4c/VjllekzdTYI/AAAAAAAAAGSU/SBOMMLSsWLC/s1600/plantwire02f-1-web.jpg>
33. Ortiz P. Los riesgos del mercurio para la salud. Dental Tribune Hispanic & Latin America 2013
34. <http://www.baradero hoy.com/wp-content/uplocids/2009/12/residuos-patologicos.jpg>
35. https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQoFsYygrPYzUBZ21KPWs4_ypdobb5x3UDtnDEBZ0prOC_AYh9P
36. <http://inta1a.blogspot.mx/2015/04/sistemas.html>
37. Gutierrez M, Implicaciones de la intoxicación por mercurio. Rev Med 2004;26:2(65)81-85
38. Contreras C, Vázquez M, Días L. Intoxicación accidental con mercurio elemental. Acta Med Per 2013; 30(1)26-30
39. Rubin R, Strayer D. Fundamentos clínicos patológicos en medicina. 6a.ed. C&Coffset Printing Cold. 2012. P.p309
40. Poulin J, Herman G. Mercurio. Serie carga de morbilidad No. 16 http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/78130/1/9789243596570_spa.pdf



41. <http://1.bp.blogspot.com/-wwf0dAcy1VY/UjDB09UH2EI/AAAAAAAAAXE/c04ZhkhawkU/s1600/da%C3%B1o+mercurio.jpg>
42. Raimanni X, Rodríguez L, Chávez P, Torrejón C. Mercurio en pescados y su importancia en la salud. Rev. Med. Chile 2014;142(9)1174-1180
43. Ramírez A. Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia, An Fac Med Lima 2006; 67(1)49-58
44. OMS Documento de política general. El mercurio en el sector salud 2005
http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/mercurio_es.pdf?ua=1
45. Rosales J.A, Malca N. E, Alarcón J.J, Chávez M, González M.A. Daño genotóxico entre los los trabajadores de la minería artesanal y de pequeña escala expuestos al mercurio. Rev Perú Med Salud Pública 2013, 30(4) 595-600
46. <http://hablemosdemineria.com/wp-content/uploads/2013/01/mineria-artesanal.jpg>
47. Arana M. El caso del derrame de mercurio en Choropampa y los daños a la salud en la población rural expuesta. Salud Pública. 2009;26(1):113-18
48. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/MercuryFoodChain-02.png/300px-MercuryFoodChain-02.png>
49. ANFACO-CECOPECA. Mercurio y metil mercurio en los productos pesqueros Revisión bibliográfica 2014
50. <http://www.edualimentaria.com/pescados-y-mariscos-composicion-y-propiedades>
51. www.pernenalt.com
52. González M, Bodas-Pinedo A, Martí M. Trasobares I ,Bermejo P. Metilmercurio: Recomendaciones existentes; métodos de análisis e interpretación de resultados; evaluación económica. Nutr Hosp. 2015;31(1):1-15



53. Pérez M, Casio M. Tatuajes y perforaciones en adolescentes Rev Méd Chile 2006; 134: 1322-1329
54. Fornes B, Díez P, Sierra C. Complicaciones y cuidados de los piercing y los tatuajes. Formación dermatológica 2011
55. <http://www.rincontattoo.com/wp-content/uploads/2011/10/Tatuaje-rojo.jpg>
56. Reacción sarcoide http://www.elsevier.es/ficheros/publicaciones/00017310/0000010100000010/v1_201304241302/S000173101000339X/v1_201304241302/es/main.assets/thumbnail/gr1.jpeg
57. <https://coloralviento.files.wordpress.com/2015/10/wallpapers-johnny-depp-el-sombrero-loco.jpg>
58. Cova J.L. Biomateriales Dentales 2a Ed. Amolca, México 2010. pp 303 -315
59. Mercuriados Asociación española de afectados por mercurio de amalgamas dentales y otras situaciones. Historia de la amalgama. p.p.14
<http://www.mercuriados.org/es/pag114>
60. <http://www.ohsu.edu/xd/education/library/about/collections/historical-collections-archives/exhibits/images/vardiman.gif>
61. Guzmán H.J. Biomateriales odontológicos de uso clínico. 4a ed, Ed. Coe, Bogotá 2007 pp115-130
62. <https://image.slidesharecdn.com/restauracionesconamalgama-111220210701-phpapp01/95/restauraciones-dentales-con-amalgama-17-728.jpg?cb=1324415748>
63. Barceló F.H. Materiales dentales: conocimientos básicos aplicados. Trillas México 2015 pp 131-141
64. Friedenthal M. Diccionario de Odontología 2a ed. Médica Panamericana. Argentina 1996 P.p 589
65. <http://image.made-in-china.com/43f34j10CZsaTVYygfuv/200mg-400mg-600mg-800mg-Dental.jpg>
66. <http://image.made-in-china.com/43f34j10CZsaTVYygfuv/200mg-400mg-600mg-800mg-Dental.jpg>



67. Mondelli J, Mondelli A, Mondelli R, Henostroza G, Medina J, Noboricawa A. What the dental surgeon who practice dentistry should know about the dental amalgama. Rev. ODYB 2015;4(2):12-31
68. Méndez -Visag C. Responsible management of dental amalgam mercury: a review of its impact on health Rev Perú Exp Salud Pública 2014;31(4):725-732
69. <http://agenciasanluis.com/notas/wp-content/uploads/2013/11/mercurio.jpg>
70. http://www.wh.com/en_global/dental-newsroom/news-article/04494/
71. Melo B, Cortés B, Mujica M, Acosta P, Cortés A. Exposición mercurial y estado de salud del personal que labora en el servicio de odontología del Ispame Barquisimeto 2000 38(3)
72. De la Macorra J.C, López J.A, García J. El mercurio: su toxicidad en la clínica estomatológica estado del problema. Su prevención. Boletín de información dental.1982 318:53-58
73. Ruiz J.A, Pérez J.L, Carmona M.E, Zapata L.A Carmona R. Risk in the management of dental amalgam in dental medium and small entities in the department of Antioquia, Colombia. Rev Fac Nac Salud Pública 2009; 27(2): 187-197.
74. Aguzzi A. Virga C. Ricco V., Risks in dental practice: Use of Mercury 2010
75. PRELUM, Reducción a la exposición laboral por el uso de mercurio en la práctica odontológica. 2011
76. Pérez Rave J, Trujillo M, Castro G, Gómez G. Modelación multicriterio del nivel de contaminación por mercurio en entidades odontológicas. Rev Chilena Ingeniería 2014 vol. 23 No.1 pp.128-144
77. COFEPRIS. Guía de buenas prácticas de uso de mercurio en consultorios dentales 2011



78. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-1994,
Para la prevención y control de enfermedades bucales, publicada el
6 de enero de 1995.

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/013ssa24.html>

79. <http://promobarr2013.blogspot.mx/2013/12/barreras-de-proteccion.html>

80. http://img.medicaexpo.es/images_me/photo-g/78287-7458299.jpg

81. FDA US FOOD Drug Administration, Mercury poisoning linked skin products, 2016

<https://www.fda.gov/ForConsumersUpdates/ucm294849.htm>

82. Food and Drugs Division North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services