



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EFFECTOS TÓXICOS DEL MERCURIO EN EL
CONSULTORIO DENTAL**

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:

JESSICA ISIDRO CERÓN

TUTORA: C.D. TALA AIDA JABER ZAGA

MÉXICO, D.F.

2014



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.

AGRADECIMIENTOS

A mi Papá:

Por estar siempre al pie del cañón apoyándome ante todo y no dejarme sola, por impulsarme a continuar a pesar de las adversidades, por los consejos que siempre me diste y por no rendirte jamás. Como siempre decimos, no sé cómo lo hicimos pero ya estamos aquí, titulándonos, porque este triunfo es de los dos. Te amo papá.

A mi Mamá:

Por apoyarme siempre y facilitarme toda la vida las cosas, por enseñarme todo lo que la formación académica no me enseñó, por los desvelos que pasamos juntas y siempre estuviste ahí, guiándome, regañándome y queriéndome. Te amo mami.

A mi abuela Cata:

Por quererme y consentirme siempre.

A mi abuelo Lucas:

Que desde que empezamos esto, siempre tuviste la ilusión de verme llegar hasta aquí, y aunque no pudo ser así, sé que desde el cielo siempre me acompañas y que estas muy orgulloso de mi. No sabes la falta que me has hecho. Esto va por ti abuelo.

Para Abril:

Cuando estés leyendo esto tendrás unos 7 años y espero que estés muy orgullosa de mí, tú eres mi motor bebé y mi motivo para salir adelante, es por ti que este sueño ha culminado. Te amo mi amor.

A Rogelio:

Gracias hermanito por todo tu apoyo durante estos 6 años, porque casi casi los dos nos graduamos, que aunque te enojabas, al final siempre me salvabas. Te quiero mucho Iellín y mil gracias por formar parte de este sueño.

A Julio:

Por estar siempre conmigo, porque los dos siempre estuvimos empujándonos para seguir adelante. Muchas gracias por ser parte de todo, porque sin ti no hubiera sido igual. Te amo

A mis grandes incondicionales:

Mary y Luz, gracias por su amistad, por todos estos años que han compartido mis alegrías y mis tristezas, porque amigas como ustedes nunca me volveré a encontrar, las quiero mucho y siempre formarán parte de mi vida.

Gracias Yolo, gracias Tania, el conocer gente como ustedes no tiene precio, mis compañeras, mis amigas de la facultad, por compartir el mismo sueño, y por pasar experiencias inolvidables, las quiero mucho.

Gracias Miguel porque aunque te conocí el último año, de una u otra forma me apoyaste demasiado, y quieras o no formas parte de esto.

Carmen, Karelia, Diana, Fanny, muchas gracias amigas, de lo único que me arrepiento es de no haberlas conocido antes, sin duda ustedes hicieron de mi servicio social una experiencia inolvidable, un placer conocerlas, las quiero mucho.

A Sara, Lili, Ari, por su amistad y por hacer más amena esta última etapa, que en poco tiempo se han convertido en grandes amigas, muchas gracias.

Al Doctor Juan Carlos Flores:

Por todo lo que me enseñó, definitivamente usted forjó los cimientos de mi profesión, que sin sus exigencias y conocimientos, yo no sería lo que ahora soy. Un gran maestro al cual admiro y quiero, mil gracias.

A la Doctora Tala:

Por su tiempo, dedicación y paciencia, muchas gracias doctora por ayudarme a culminar este sueño.

A mi Facultad, por forjarme como profesionista.

A la máxima casa de estudios la Universidad Nacional Autónoma de México, por formar parte de esta institución.

GRACIAS!!!!

ÍNDICE

Introducción.....	8
Objetivos.....	10
1. Mercurio.....	11
1.1. Características del mercurio.....	11
1.2. Tipos de mercurio y vías de exposición.....	13
1.2.1. Mercurio elemental.....	13
1.2.2. Mercurio inorgánico.....	14
1.2.3. Mercurio orgánico.....	14
2. Mercurio en la práctica odontológica.....	16
2.1. Amalgama.....	16
2.1.1. Antecedentes históricos.....	16
2.1.2. Descripción.....	17
2.1.3. Indicaciones.....	18
2.1.4. Clasificación.....	18
2.1.5. Composición y reacción química.....	21
2.1.6. Propiedades fisicoquímicas.....	24
2.1.6.1. Creep.....	25
2.1.6.2. Cambios dimensionales.....	25
2.1.6.3. Resistencia.....	27
2.1.6.4. Fijación a la estructura dentaria y sellado marginal.....	28
2.1.6.5. Pigmentación y corrosión.....	29
2.1.6.6. Respuesta biológica.....	31
2.1.7. Manipulación.....	32

2.1.7.1.	Proporción mercurio-aleación.....	32
2.1.7.2.	Trituración mecánica.....	34
2.1.7.3.	Condensación.....	35
2.1.7.4.	Tallado y bruñido.....	38
2.1.7.5.	Terminado y pulido.....	38
3.	Efectos colaterales del mercurio.....	40
3.1.	Generalidades.....	40
3.1.1.	Procedencia del mercurio.....	40
3.1.2.	Alergia.....	41
3.1.3.	Toxicidad.....	42
3.2.	Límites permisibles.....	42
3.2.1.	Niveles de seguridad de mercurio en el personal de salud bucal.....	44
3.3.	Rutas de exposición en la práctica odontológica.....	45
3.3.1.	Consideraciones preliminares al uso del mercurio.....	46
3.3.2.	Causas frecuentes de la contaminación mercurial.....	48
3.4.	Reacciones a las amalgamas.....	49
3.5.	Reacciones locales.....	50
3.6.	Reacciones sistémicas.....	50
3.7.	Mercurio en orina.....	53
3.7.1.	Medición de mercurio en orina.....	54
3.8.	Mercurio en sangre.....	55
3.8.1.	Medición de mercurio en sangre.....	56
3.9.	Transporte y distribución del mercurio en el organismo.....	56
3.10.	Hidrargirismo.....	59
3.10.1.	Sintomatología por intoxicación.....	59
3.10.2.	Tratamiento.....	61

3.11. Mercurio en el organismo como consecuencia de las amalgamas dentales.....	62
4. Medidas para prevenir la intoxicación por mercurio:	
Importancia de las Buenas Prácticas.....	65
4.1. Barreras de protección.....	66
4.1.1. Bata.....	66
4.1.2. Guantes.....	67
4.1.3. Cubreboca.....	67
4.1.4. Lentes de protección o careta.....	67
5. Manipulación del mercurio durante el procedimiento clínico.....	68
5.1. Preparación de la amalgama.....	68
5.2. Colocación de la amalgama.....	68
5.3. Retiro de amalgamas.....	69
5.4. Particularidades en el manejo del mercurio líquido.....	70
5.4.1. Rutinas en caso de derrames.....	70
5.4.2. Procedimiento en caso de derrames de mercurio en consultorio dental.....	71
Conclusiones.....	73
Bibliografía.....	75



INTRODUCCIÓN

El personal odontológico, debe estar capacitado para utilizar perfectamente el mercurio y la amalgama dental, así como saber de su gran potencial tóxico al manipularlos y las consecuencias que posiblemente se causen a la salud y al medio ambiente.

Una de las principales fuentes de intoxicación por mercurio, es la amalgama dental, ya que éste es uno de sus principales componentes. La exposición al mercurio se puede presentar desde su preparación, manipulación y/o colocación, hasta y durante su vida funcional.

Es importante saber que en la manipulación de la amalgama dental se pueden desprender iones o vapores de mercurio, estos últimos son altamente tóxicos y se absorben a través de los pulmones por inhalación. Las formas orgánicas e inorgánicas del mercurio son menos tóxicas y son absorbidas por vía cutánea, mucosa y digestiva.

Los cirujanos dentistas y el personal odontológico diariamente están expuestos a estos vapores de mercurio, por ello, deben estar conscientes de su potencial tóxico manteniendo las medidas adecuadas de prevención en su consultorio para minimizar al máximo los riesgos en su ambiente laboral y para con sus pacientes.

Si no se siguen las normas establecidas para el uso, conservación y desecho de las amalgamas y el mercurio, los valores límites permisibles de vapores de mercurio sobrepasarán y se presentarán efectos tóxicos con sus característicos signos y síntomas que deberán ser reconocidos.



Efectos tóxicos del mercurio en el consultorio dental



Se realizará una revisión bibliográfica para dar a conocer los posibles efectos tóxicos en el organismo que puede causar el mercurio de la amalgama dental dentro del consultorio dental.



OBJETIVOS

Mencionar los efectos tóxicos que pudiera tener el mercurio hacia el operador, asistente, paciente y el personal que labore en el consultorio dental, debido al uso y manejo de las amalgamas dentales

Describir las propiedades y manejo de las amalgamas dentales para valorar y determinar el riesgo que conllevaría un mal manejo de ésta durante su manipulación en el consultorio dental.

Revisar la literatura para describir las complicaciones por intoxicación provocada por el mercurio y su tratamiento, así como las principales vías de exposición a este elemento.

Describir las técnicas preventivas para evitar o minimizar la intoxicación por mercurio.



1. MERCURIO

1.1. Características del mercurio

El mercurio es un metal de transición de la tabla periódica, con número atómico 80, de símbolo Hg (del latín Higrargyrum, que significa “plata líquida”).

A temperatura ambiente es un líquido brillante de color plateado, ligeramente volátil. Su punto de fusión es de 39 °C, y el de ebullición es de 357°C y tiene una densidad relativa de 13579.04 kg/m³. Su masa atómica es de 200.59 u. ^{1,2}



Mercurio líquido ³

Lo encontramos presente de forma natural en el aire, el agua y los suelos. Siendo un metal pesado, ha sido utilizado desde hace más de un siglo por el hombre, en termómetros, bombas de vacío, barómetros, interruptores y rectificadores eléctricos.

Posee gran propiedad lipofílica, atraviesa la membrana celular de los eritrocitos donde es oxidado (Hg+HgO) pudiendo afectar el sistema nervioso, digestivo, inmunitario y urinario, además de provocar temblores,



trastornos de la visión y la audición, parálisis, insomnio e inestabilidad emocional. ⁴

La absorción del mercurio en el organismo se lleva a través de tres vías:

- Vía cutánea. Es muy probable que el mercurio elemental pueda atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas. Es dudoso, sin embargo, que esta vía de absorción juegue un papel importante en comparación con otras. Es más, probable que penetre más mercurio en el organismo por inhalación a causa de una piel contaminada con mercurio que a través de esta. El metilmercurio es también muy probable que penetre por la piel, se han descrito casos de intoxicación debida a la aplicación local de pomadas conteniendo metilmercurio. ¿Hasta que punto hay absorción?, no se puede estimar porque se sospecha que los valores son muy bajos y todavía no están bien establecidos.

- Ingestión. El mercurio elemental se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01%. La razón puede estribar en los siguientes factores:
 - Al contrario de lo que sucede en los pulmones, el mercurio ingerido no está en estado monoatómico.
 - El Hg metal ingerido no presenta toxicidad importante debido a su incapacidad para reaccionar con moléculas biológicamente importantes.
 - Su absorción se ve limitada por formar en intestino grandes moléculas que dificultan la absorción
 - Cuando se ingiere mercurio elemental, el proceso de oxidación en el tracto intestinal es demasiado lento para



completarse antes de que el mercurio se elimine con las heces.

- La absorción por esta vía de los compuestos inorgánicos de mercurio (insolubles) es del 7% con valores comprendidos entre el 2% y el 15% dependiendo de la solubilidad del compuesto ingerido. ⁵

Para el mercurio orgánico la vía gastrointestinal si es muy importante, ya que el aporte de mercurio (metilmercurio) a la población no expuesta ocupacionalmente procede fundamentalmente de los alimentos y más concretamente del pescado. La absorción del metilmercurio por esta vía es del orden del 95% de la dosis administrada, independientemente de si el radical metilmercurio está unido a proteínas o es administrado como sal en solución acuosa. ⁵

- Inhalación. El vapor de mercurio es no polar (no se disuelve en la membrana mucosa del tracto nasofaríngeo y traqueobronquial) y fácilmente penetra la membrana alveolar y pasa a la sangre absorbiéndose un 80% de la cantidad inhalada. ⁵

1.2. Tipos de mercurio y vías de exposición.

El mercurio y sus compuestos son clasificados de acuerdo a su grado de toxicidad, y ésta depende de su forma química y grado de exposición.

1.2.1. Mercurio elemental.

Mercurio líquido (99.9% puro), utilizado en instrumentos médicos, incluyendo las amalgamas dentales. Las vías de exposición son tres: inhalación, ingestión y dérmica. El mercurio elemental en forma de vapor es más soluble en plasma, en sangre total y en hemoglobina,



siendo altamente tóxico. Dichos vapores se dirigen a las células cerebrales, donde es oxidado a Hg^{2+} , causante de los efectos tóxicos en el sistema nervioso central. ⁶

1.2.2. Mercurio inorgánico.

Los compuestos de mercurio inorgánico ($Hg+Hg^{2+}$) se producen cuando el mercurio (Hg) se combina con otro elemento como oxígeno (O), cloro (Cl), azufre (S). Estos compuestos de mercurio se presentan en sales mercuriales. La mayoría de las sales son polvos o cristales blancos, excepto el sulfuro de mercurio (cinabrio), que es de color rojo y si se expone a la luz se vuelve negro. Cuando entra al organismo, causa daño al riñón principalmente. Lo encontramos en productos cosméticos y las vías de exposición son por ingestión y por contacto.

1.2.3. Mercurio orgánico.

Los compuestos de mercurio orgánico u organomercuriales, se obtienen cuando el mercurio se combina con carbono. Encontramos un gran número de compuestos de mercurio orgánico; sin embargo los más comunes en el ambiente son:

- **Metilmercurio.** También llamado monometilmercurio. El enlace carbono-mercurio presente en el metilmercurio (CH_3Hg) es muy estable, lo que permite la solubilidad lipídica, para penetrar fácilmente la membrana celular. permitiendo la fácil penetración por las membranas celulares. Presente principalmente en el pescado contaminado, el cual se absorbe a través del sistema digestivo.
- **Etilmercurio.** Compuesto orgánico (C_2H_5Hg) llamado timerosal utilizado como conservador en las vacunas.



- Fenilmercurio. Compuesto orgánico (C_6H_5Hg) se utiliza en productos comerciales, principalmente en fungicidas. La vía de exposición sería por ingestión.
- Dimetilmercurio. Compuesto orgánico (C_2H_6Hg) se ha identificado en sitios de desechos peligrosos, considerado una de las neurotoxinas más potentes conocidas. Su vía de exposición sería por inhalación y dérmica.



2. MERCURIO EN LA PRÁCTICA ODONTOLÓGICA

2.1 Amalgama

2.1.1. Antecedentes históricos

Fueron utilizadas por primera vez en Francia entre 1819 y 1826, y en 1833 son llevadas a EE.UU., las cuales fabricaron con limaduras de monedas de plata combinadas con mercurio.

Es un material metálico de restauración con muchos años de uso clínico y generador de grandes polémicas desde su aparición, es por ello que se han realizado múltiples estudios científicos sobre él. Black fue el primero en realizarlos, en 1895, dando base científica a este material y expresó que los mejores resultados se obtenían con una aleación compuesta por aproximadamente 67% de plata, 26% de estaño, un máximo de 6% de cobre y 2% de zinc, mezclándola con 50% de mercurio. Con base en estos estudios se logró tener control de las proporciones de los metales, tiempos de trabajo y manera de utilizarlos en boca, además de describir sus propiedades fisicoquímicas.

La composición de esta aleación fue uno de los requisitos presentes en la primera “Norma para Amalgamas Dentales” que apareció y que fue obra de la Asociación Dental Norteamericana, es por ello que le corresponde la norma n° 1. Estas especificaciones estuvieron vigentes hasta la década de los 70s, cuando surgen en el mercado odontológico aleaciones con una composición diferente, de un relativo mayor contenido de cobre.



Algunos de los fracasos de las restauraciones realizadas con las aleaciones de fórmula convencional hacían pensar que eran por fallas en la técnica de manipulación. Más tarde, la evaluación clínica de obturaciones, en las cuales se habían controlado rigurosamente las preparaciones y la técnica de manipulación del material, permitió llegar a la conclusión de que la propia amalgama presentaba fallas de comportamiento clínico, manifestándose lo que se conoce actualmente como fractura o deterioro marginal.

Las investigaciones ratificaron observaciones en las cuales el aumento del porcentaje de cobre en la composición de la amalgama que se venía usando casi desde principios del siglo XX, mejoraba notablemente su comportamiento clínico. Es así como nacen las llamadas amalgamas de alto contenido de cobre, actualmente las más usadas. ⁷

A partir de su descubrimiento y hasta la actualidad, las amalgamas han sufrido grandes modificaciones, en cuanto a fabricación, dosificación, presentación, manipulación, entre otras, para minimizar la manipulación directa del mercurio y obtener productos con mejores propiedades fisicoquímicas.

2.1.2. Descripción.

Como término “Amalgama”, nos referimos a cualquier aleación que se forma al mezclar mercurio con otros metales. Y si hablamos de “Amalgama dental”, tenemos que es la combinación de plata, cobre, estaño y zinc, con mercurio, para uso odontológico ^{8,9}. Debido a que el mercurio se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente, lo podemos mezclar con otros metales.



La mezcla resultante de la aleación con el mercurio tiene plasticidad que permite manipularse para ser condensada en la cavidad, y así obtenemos una restauración de amalgama. Comúnmente solo son utilizadas para restaurar dientes posteriores, debido a que su color metálico, es poco estético.

2.1.3. Indicaciones

La amalgama dental se ha utilizado para restaurar dientes posteriores con cavidades clase I simple y compuesta, y dependiendo de la extensión, también para clase II, debido a su gran resistencia a la compresión por la masticación.



Amalgama dental ¹⁰

2.1.4. Clasificación

De acuerdo con la presentación de la aleación se clasifican en dos tipos:



- Tipo I. En forma de polvo



Amalgama en cápsula predosificada ¹¹

- Tipo II. En forma de tabletas (polvo comprimido) ¹²



Presentaciones de amalgama en tableta ¹³

Cada tipo se clasifica en tres clases según la forma de sus partículas

- Clase I. Partícula de limadura irregular o prismática, cortadas a torno.

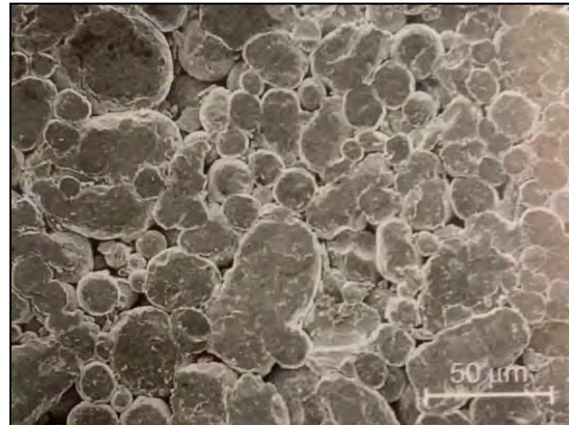
Limaduras (New True Dentalloy) ⁹





- Clase II. Se producen mediante la atomización de la aleación líquida, provocando partículas esféricas o esferoidales.

Esferas (Cupralloy)⁹



- Clase III. Mezcla de partículas cortadas a torno y esféricas.

Geometrías mixtas (Dispersalloy)⁹



- **Propiedades de las partículas**

*Irregulares. Fácil manipulación, mayor resistencia inicial a la compresión, menos cambios dimensionales, mayor velocidad de reacción al mercurio

*Esféricas. Atomización y vaporizado del metal fundido en una atmósfera fría que contiene gas inerte, en la que se solidifican formando diminutas partículas en forma de esferas.



De acuerdo a su composición y tipos de partículas se clasifican en: ⁸

Aleaciones convencionales	Aleaciones de fase dispersa	Aleaciones de alto contenido de cobre
Irregulares - Finas - Micropartículas	Esféricas irregulares +	Esféricas o esferoidales
Esféricas o esferoidales Mezclas (combinaciones)	Esféricas esféricas +	

2.1.5. Composición y reacción química

La especificación no. 1 de la American National Standards Institute (ANSI)/ American Dental Association (ADA), exige como requisito en la composición de la amalgama, que deben estar formadas fundamentalmente por plata y estaño, si bien esta especificación no dice cuál debe ser su composición exacta, admite alguna variación en dicha composición; ya que también puede incluir cobre, zinc, oro, paladio, indio, o selenio en concentraciones menores al contenido de plata y estaño. ¹⁴ Estos elementos se pueden agregar siempre y cuando el fabricante remita la composición de la aleación al Council on Scientific Affairs de la American Dental Association para demostrar su bioseguridad. ¹⁵

La mayoría de las amalgamas utilizadas en odontología contienen:

Plata. Que le confiere resistencia y endurecimiento rápido y proporciona el color blanco. A mayor porcentaje, mayor expansión.

Estaño. Reduce la expansión, confiere plasticidad y retarda la cristalización.



Cobre. Mejora la resistencia y dureza. Da un tiempo de cristalización más uniforme

Zinc. No permite la oxidación de los metales durante la fusión, mantiene los instrumentos limpios durante la condensación y es responsable de la expansión retardada. ⁸

La aleación convencional según la ADA/ANSI debe contener: Plata 65%, estaño 29%, cobre 6%, zinc 2% máximo.

Aleación de fase dispersa, llamadas así por estar compuestas de dos fases la primera 2/3 de limaduras convencionales (plata y estaño) y la segunda 1/3 de aleación eutéctica de plata 72% y cobre 23%.

Aleaciones de alto contenido de cobre. Para su fabricación se funden la plata, estaño y cobre en una sola composición, solo que agregando en mayor proporción el cobre, que va de 13 a 30%. Plata en 60% y estaño en 27%. La incorporación de más cobre le confiere mayor resistencia inicial y final y la hacen menos susceptible a la corrosión.

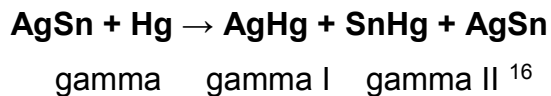
- **Reacción química**

El proceso mediante el cual el mercurio reacciona con la aleación se conoce como amalgamación, con lo que se forma la amalgama dental, la cual endurece por cristalización. Durante este proceso se dan varias reacciones entre el mercurio y los metales de la aleación.

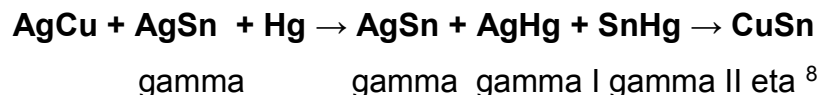
Parte de los componentes de esta aleación forman inicialmente una solución con el mercurio, a partir del cual y en proporción al aumento de los elementos en la solución se constituyen fases sólidas que determinan la cristalización de la amalgama.



En la reacción de las aleaciones convencionales, solo dos elementos son los que participan de manera significativa: la plata y el estaño, formando compuestos intermetálicos con el mercurio respectivamente ya que la proporción de los demás elementos es mínima. Cuando la fase plata-estaño se une con el mercurio se forma la fase gamma (Y); cuando la plata en la fase gamma reacciona con el mercurio se forma una nueva fase llamada gamma I; inmediatamente después, la reacción se da entre el estaño y el mercurio, y aparece la fase llamada gamma II. La cantidad de cobre de la aleación entra en sustitución del estaño.



En las aleaciones de fase dispersa se combinan plata-cobre con la fase gamma de plata-estaño con el mercurio, formándose ahí la fase gamma 2 (Sn-Hg). Esta fase desaparece para ser reemplazada por la fase cobre-estaño, llamada fase eta. Ésta a su vez, se forma por la reacción entre la fase estaño-mercurio (gamma 2) y la fase plata-cobre



En la reacción química de la aleación con alto contenido de cobre, cada partícula contiene una fusión homogénea de los tres elementos, plata, estaño y cobre. Debido a su fabricación no es posible que estos elementos reaccionen por sí solos con el mercurio, desapareciendo automáticamente la fase gamma II; sin embargo el mercurio si actúa con la plata, ya que el cobre y el estaño tienen más afinidad para formar fases entre sí, que para actuar individualmente con el mercurio. Al final tenemos una fase gamma I (AgHg) y



una fase eta (CuSn) en lugar de una fase gamma II y una de cobre y mercurio. Denominadas también amalgamas sin fase gamma II.



Gamma I eta ¹⁶

Con el tiempo, al estar presente en boca (37°C), se transforma en una nueva fase, ya que la fase gamma I no es estable totalmente en estas condiciones, llamada fase beta-1, que contiene menor cantidad de mercurio y mayor cantidad de estaño, en consecuencia queda libre parte de éste metal.

2.1.6. Propiedades fisicoquímicas

Al ser una mezcla sólida de metales, es buen conductor térmico y de electricidad tiene suficiente resistencia a la compresión para soportar las fuerzas de masticación; durante el periodo de cristalización sufre ligeros cambios dimensionales que, por su magnitud, si se contrae, no permite que exista microfiltración, ni tensiona si se expande los tejidos dentarios a extremos que favorezcan su fractura. Todos estos van a depender de la composición y microestructura de la amalgama; la presencia de la fase gamma II disminuye todas las propiedades físicas de la amalgama. Las aleaciones de amalgama de alto contenido de cobre, por evitar que se presente la fase gamma II, tienen mayores propiedades físicas y las logran en un tiempo más corto que las amalgamas convencionales.

La especificación n° 1 de ADA/ANSI para la aleación de amalgama incluye requisitos para mejorar la calidad del producto, y cita tres propiedades como parámetros de calidad: creep, resistencia a la compresión y cambio dimensional. ¹⁵



2.1.6.1. Creep

Al aplicar de forma continua una fuerza de compresión como es la masticación, la amalgama expresa una deformación continuada, incluso después de haber cristalizado completamente. En boca, este fenómeno se produce porque la fase gamma 1 funde a 127°C y en consecuencia a 37°C (temperatura bucal) está en condiciones de experimentarlo, debido a que, para medirlo sobre una muestra cilíndrica de 7 días de antigüedad se aplica una tensión de 36 MPa a una temperatura de 37°C y el creep se mide entre 1 y 4 horas de tensión, el valor máximo permitido es de 3%. Es más notorio en las amalgamas convencionales, dado que en las amalgamas con alto contenido en cobre, la ausencia de la fase gamma 2 y la presencia de la fase eta limitan la deformación permanente y por lo tanto el “creep” es menor.¹⁵



Manifestación clínica del creep¹⁷

2.1.6.2. Cambios dimensionales

Dependiendo de la manipulación de la amalgama, sufrirá contracción o expansión. Si se contrae, se puede separar de las paredes de la cavidad y se



producirá la microfiltración marginal, el acúmulo de placa dentobacteriana y como consecuencia, caries secundaria.

Una trituración insuficiente produce expansión, que puede provocar fisuras o micro fracturas en esmalte, presión en la pulpa y sensibilidad postoperatoria. Cuando el mercurio se mezcla con las partículas produce expansión, por lo tanto esto ocurre durante las fases gamma 1 y gamma 2.

El cambio dimensional de la amalgama depende de la magnitud de la compresión durante la cristalización. Comúnmente ocurren los dos fenómenos, pero se compensan entre sí. La ADA/ANSI tiene establecidos los valores dimensionales de $0 \pm 0.20 \mu\text{/cm}$ medido a 37°C entre 5 minutos y 24 horas después del comienzo de la trituración. ¹⁵

Si hay suficiente mercurio en la mezcla cuando el cambio dimensional comienza, entonces es cuando se puede presentar la expansión, lo que reducirá las propiedades de la amalgama, haciéndola más frágil. Sin embargo, cuando hay menor cantidad de mercurio en la mezcla, y se ejercen presiones mayores de condensación, favorecen la contracción.

- **Efecto de la contaminación con humedad**

Cuando una amalgama que contiene zinc se contamina con humedad durante su trituración o condensación se puede producir una expansión que comienza después de 3 a 5 días y continúa a lo largo de meses, alcanzando valores superiores a $400 \mu\text{m}$ (4%). Este tipo de expansión se conoce como expansión retardada o *expansión secundaria*. La expansión retardada se vincula con la presencia de zinc, ya que éste reacciona con el agua. Se ha demostrado que el agua es la sustancia contaminante. En esta reacción se produce hidrógeno por la acción electrolítica que ocurre entre el zinc y el



agua. El hidrógeno no se combina con la amalgama, sino que se mantiene en la restauración, lo que aumenta la presión interna hasta alcanzar valores suficientemente altos como para causar fluidez o escurrimiento de la amalgama, que es la expansión que se observa.^{14,15,16}

Si no se mantiene seco el campo operatorio, la amalgama puede contaminarse con humedad proveniente de la jeringa de aire-agua, del contacto directo con las manos, o de la saliva durante el proceso de condensación. En resumen toda la contaminación con humedad provoca la expansión retardada ya sea durante la trituración o la condensación.

2.1.6.3. Resistencia

Las aleaciones de amalgama tienen elevada rigidez (alto módulo de elasticidad), elevada resistencia a la compresión, resistencia traccional y flexural y escasa capacidad de deformación permanente (fragilidad).

La resistencia va a depender del diseño de la cavidad, ya que debe tener una profundidad óptima (2.5mm) para colocar la amalgama y que su volumen sea uniforme en todas las áreas una vez colocada. También va a depender de las 3 fases: la fase gamma es la más resistente, luego la gamma 1 y finalmente la gamma 2.

La resistencia a la compresión de las amalgamas con alto contenido de cobre es generalmente mayor que las amalgamas convencionales. Las amalgamas con alto o bajo contenido en cobre presentan una resistencia a la tracción entre 48 y 70 MPa. Si estas amalgamas tienen una cantidad de mercurio por encima del 54%, su resistencia disminuye rápidamente.



Los vacíos y porosidades influyen sobre la resistencia a la compresión de la amalgama cristalizada. La porosidad se relaciona con la plasticidad de la mezcla, ya que ésta decrece a medida que transcurre mayor tiempo desde que concluye la trituración y la condensación (condensación retardada). Por lo tanto, las porosidades son mayores y la resistencia es menor.

Las amalgamas no alcanzan una resistencia con tanta rapidez como sería deseable, ya que al cabo de 30 minutos después de ser colocada, alcanza una resistencia a la compresión de 6% de la que se alcanza al cabo de una semana, y hasta después de 8 horas esta entre 30 y 90% de su resistencia final, es por ello que las amalgamas son susceptibles a la masticación durante las primeras 2 horas después de su colocación. La especificación de la ANSI/ADA estipula una resistencia compresiva mínima de 80 MPa a la hora. La resistencia compresiva a la hora, de las amalgamas ricas en cobre de composición única es más alta que la que se alcanza con amalgamas ricas en cobre mixtas al cabo de 24 horas. Esta resistencia presenta varias ventajas clínicas, la fractura es menos probable si el paciente mastica por accidente con la restauración poco después de abandonar el consultorio y son lo suficientemente resistentes poco después de su colocación como para permitir la preparación de muñones para coronas, así como la toma de impresiones para las mismas.¹⁴

La resistencia traccional es de 510kg por cm² y la compresión es de 3.200 kg por cm².⁸

2.1.5.4. Fijación a la estructura dentaria y sellado marginal

Dada la elevada tensión superficial de un líquido metálico como el mercurio, no es posible que la amalgama se una al diente químicamente, por lo tanto,



su empleo requiere de una preparación cavitaria con formas de retención que aseguren la permanencia de la restauración.

La filtración marginal es detectable una vez colocada la amalgama en la estructura dentaria. Esta misma filtración posibilita la oxidación y la formación de productos de la reacción de los componentes de la amalgama con los iones del medio bucal. Esto determina que la interfase rechace el agua, lo que disminuye la filtración marginal con el tiempo. Entendiendo esto, una restauración con amalgama mejora a medida que envejece, ya que los fenómenos de filtración marginal son menos evidentes en las restauraciones de amalgama que llevan años de estar en boca, que en otras recientes.

Para reducir inicialmente la filtración marginal, podemos hacer uso de los sistemas adhesivos para recubrir las paredes cavitarias, ya que, se unen a la superficie dentaria a través de la formación de la denominada “capa híbrida”, que permite crear algún tipo de unión que ayuda a tener un puente de continuidad entre la amalgama y la cavidad dentaria.^{7, 14}

2.1.6.4. Pigmentación y corrosión

La presencia de fases metálicas en el medio bucal crea la posibilidad de que se produzcan procesos de corrosión química y galvánica. En el medio acuoso con iones disueltos, esta fase se disocia con formación de compuestos iónicos de estaño y liberación de mercurio.¹⁶

Cuando esta pigmentación y corrosión son muy ligeras no representan problemas, pero pueden hacerlas menos estéticas y modificar sus propiedades mecánicas.



La pigmentación es una película en la superficie de la amalgama y puede deberse al deficiente pulido, que provee retenciones a la placa dentobacteriana; sin embargo, la decoloración la podemos eliminar mediante el pulido.

La corrosión es un deterioro de la superficie y del interior de la restauración por acción química y electrolítica. La química es más frecuente en personas que consumen ciertos alimentos que contienen azufre, como el huevo y otros, reaccionan con la amalgama produciendo sulfatos de los metales de la aleación, los cuales tienen acción anticariogénica, por lo que su presencia es benéfica.⁸

Cuando la amalgama está en contacto con la dentina en cavidades profundas trasmite los cambios de temperatura que se dan en la boca, lo que puede irritar la pulpa; y como también es buen conductor eléctrico, se manifiesta la acción electrolítica cuando al contacto con metales de diferente potencial eléctrico puede producir choques galvánicos y provocar sensibilidad dental irritando la pulpa. Si no se deja tersa la superficie en su terminado, las salientes o surcos que presenta y con la saliva como electrolito forman pequeñas pilas galvánicas que ocasionan sensibilidad y dolor. La fase gamma 2 es la más susceptible a la corrosión, por ello, las amalgamas de alto contenido en cobre, al eliminarse la fase gamma 2, son menos susceptibles a la corrosión.

Debido a sus diferentes composiciones químicas, las diversas fases de la amalgama tienen distintos potenciales de corrosión. Las mediciones electroquímicas realizadas en las fases puras han demostrado que la fase gamma 1 es la más resistente a la corrosión. Sin embargo el orden de resistencia a la corrosión sólo vale para las fases puras, pero no es así como se encuentran en la amalgama dental. La mayoría de las aleaciones de



amalgama convencionales tienen una profundidad media de corrosión de 100-500 μm .¹⁵

Una corrosión excesiva puede incrementar la porosidad, reducir la integridad marginal, mermar la resistencia y liberar productos metálicos al entorno oral

La oxidación que se da al estar en boca produce una capa de pasivación que no permite que continúe la oxidación a capas profundas.

2.1.6.5. Respuesta biológica

La amalgama per se tiene pocas probabilidades de producir reacciones nocivas alrededor del diente, sin embargo, debe tenerse presente que el mercurio libre (no el combinado con otros elementos en la amalgama) tiene efectos tóxicos si es absorbido por el organismo a través de las vías respiratorias, de la misma manera que si el metal se encuentra en contacto con la piel.

Aunque la transformación de la fase gama-1 a temperatura bucal produce la liberación de mercurio, la determinación de la cantidad de mercurio presente en restauraciones de amalgama antiguas indican que no es ésta la causa más probable de la absorción del metal por parte del organismo. La causa está en el desgaste (pequeño pero real) de la superficie de las restauraciones.



2.1.7. Manipulación

2.1.7.1 Proporción mercurio-aleación.

Históricamente, la única forma para obtener mezclas de amalgama uniformes y plásticas era utilizando gran cantidad de mercurio, mayor que la deseable para la restauración final. Debido a los efectos adversos del exceso del contenido de mercurio sobre las propiedades mecánicas y físicas de la amalgama, se empleaban procedimientos que disminuían la cantidad de mercurio residual en la restauración hasta alcanzar niveles aceptables.

En las técnicas tradicionales de dispensación de mercurio, se empleaban dos técnicas para conseguir la reducción de mercurio en la restauración final. Inicialmente la retirada del exceso de mercurio se lograba exprimiendo o amasando la amalgama en una manta antes de introducir los incrementos de amalgama en la cavidad. Por otro lado, durante la condensación, estos incrementos se condensaban y se dirigían hacia la superficie de la restauración donde se generaba una amalgama rica en mercurio que se eliminaba a medida que se iba reconstruyendo la restauración final.

Las aleaciones actuales se han diseñado para ser manipuladas con una proporción baja llamada técnica de mercurio mínimo o técnica de Eames.¹⁸

- **Dosificación**

La cantidad de aleación y mercurio que se va a usar se llama proporción mercurio-aleación, una relación de mercurio y aleación 6:5 indica que se emplearán 6 partes en peso de mercurio y 5 de aleación.

La relación sugerida varía con las diferentes composiciones de aleación, tamaños y formas de las partículas. Las relaciones aconsejadas son 1:1 o 50% de mercurio. En las aleaciones esféricas, la cantidad



recomendada de mercurio debe ser inferior (42% en peso), ya que requiere menos mercurio para mojar totalmente dichas partículas.

Si el contenido de mercurio es ligeramente bajo, la mezcla quedará seca y granulosa, con una matriz insuficiente para unir de manera cohesiva la masa. El uso de muy poco mercurio altera la resistencia de las amalgamas ricas en cobre tanto como un exceso de mercurio. La resistencia a la corrosión también se reduce.

Se debe sostener el dosificador totalmente vertical para garantizar la dispensación uniforme del mercurio. Inclinar el frasco 45 grados da origen a una proporción mercurio-aleación variable.

En la actualidad se usan con mucha frecuencia las cápsulas desechables que contienen alícuotas predosificadas de mercurio y aleación. Incluyen aleación en forma de polvo previamente pesado, con una cantidad apropiada de mercurio.

Los tipos más antiguos de cápsulas predosificadas requerían una activación antes de la trituración para permitir que el mercurio penetrara en el compartimiento de la aleación. En la actualidad se dispone de ciertas cápsulas de aleación autoactivadas que unen de manera automática la aleación y el mercurio.

Los fabricantes suelen administrar cápsulas que contienen 400, 600 u 800 mg de aleación y la cantidad adecuada de Hg. ¹⁵

Actualmente la amalgama utilizada en las clínicas de operatoria dental de la Facultad de Odontología de la UNAM, es de fase dispersa con partículas cortadas a torno y esféricas eutécticas de plata y cobre de la marca Dentsply, que contiene 384 mg de aleación y 400 mg de mercurio



2.1.7.2. Trituración mecánica.

Originalmente, la aleación y el mercurio se mezclaban o trituraban manualmente en un mortero con un pistilo. Sin embargo, la amalgamación mecánica, llegó a desplazar casi por completo dicha técnica, ya que ahorra tiempo y estandariza el procedimiento, al principio se realizaba con las cápsulas reutilizables, existiendo diversas marcas de vibradores de amalgama; el principio básico es casi el mismo para todos, una cápsula sirve de mortero y un cilindro o pistón metálico o de plástico de un diámetro menor al de la cápsula sirve como pistilo.



Cápsula desechable con pistilo.
Fuente directa



Amalgamador digital. Fuente directa

Cuando se fija la cápsula en el aparato y este se activa, los brazos que la sostienen oscilan a alta velocidad. De tal manera se consigue la trituración. El dispositivo cuenta con un cronómetro automático para regular la duración del periodo de la mezcla.

Los vibradores de amalgama modernos incluyen tapas para cubrir los brazos que sostienen la cápsula con la finalidad de limitar la cantidad de



mercurio que puede liberarse en forma de aerosol hacia el ambiente y evitar que la cápsula se pueda desprender del vibrador durante la trituración.

2.1.7.3. Condensación

El objetivo de la condensación es compactar la amalgama en la cavidad preparada a fin de conseguir la mayor densidad posible, con mercurio suficiente como para garantizar la continuidad de la fase gamma 1 (Ag_2Hg_3) entre el resto de las partículas de la aleación. Si se consigue este objetivo, la consistencia de la amalgama aumenta y, en consecuencia, disminuye su escurrimiento. Así mismo, es necesario que el excedente de mercurio aflore hacia la parte superior de cada incremento a medida que se condensa para que los incrementos sucesivos se vayan uniendo unos con otros. Un objetivo fundamental es quitar cualquier excedente de mercurio en cada incremento tan pronto la condensación lo haya dirigido hacia arriba.

Después de preparar la mezcla, es preciso iniciar pronto la condensación, cuanto más tiempo transcurra entre la mezcla y la condensación, más débil será la amalgama, aumentará el contenido de mercurio y el escurrimiento. La condensación de un material que ha cristalizado parcialmente es probable que rompa la matriz ya formada. Así mismo, cuando la aleación pierde cierta plasticidad, es difícil condensarla dejando espacios muertos.

La pérdida de resistencia depende de la velocidad de cristalización de la amalgama. Casi todas las aleaciones modernas con cantidad mínima de mercurio cristalizan con gran rapidez. El tiempo de trabajo es breve. Por tanto, la condensación debe ser tan rápido como sea posible, y debe disponerse de una mezcla reciente de amalgama si se requiere de un tiempo de condensación mayor de tres o cuatro minutos. El campo operatorio



debe estar totalmente seco, es decir, realizar la colocación de la amalgama con aislamiento absoluto.

Se debe realizar la condensación en cuatro paredes y un piso. En el caso de cavidades clase I compuestas y clase II, una o más paredes pueden ser sustituidas por una hoja delgada de acero inoxidable en forma de banda denominada matriz. La condensación se debe efectuar con instrumentos manuales.

La aleación debe transportarse hacia la cavidad preparada y colocarse en ella mediante instrumentos manuales como el portaamalgamas.



Portaamalgamas doble. Fuente directa

Una vez que se coloca el incremento de amalgama en la cavidad, se debe condensar de inmediato con una presión suficiente como para eliminar los espacios y adaptar el material hacia las paredes de la cavidad. Para ello la punta o superficie del condensador se empuja contra la masa de amalgama mediante la presión manual.

Al terminar la condensación de un incremento, la superficie debe mostrar un aspecto brillante. Esto indica que en la superficie hay mercurio suficiente como para difundir y unirse con el siguiente incremento de material. Si no se lleva a cabo esto y los incrementos no se adhieren, la restauración sufre laminación, carece de homogeneidad y sufrirá una gran corrosión. Esta restauración se podría comparar con un montón de ladrillos que no tiene cemento. Se debe continuar con el procedimiento de



añadir un incremento, condensarlo, añadir otro, etc.; hasta que se sobreobture la cavidad. Esto último es de suma importancia, ya que al sobreobturar la cavidad y condensar con la fuerza suficiente, queda en la superficie del último incremento cualquier material rico en mercurio, que se eliminará al recortar la restauración.

Se deben emplear incrementos de amalgama relativamente pequeños, para reducir los espacios muertos, consiguiendo una máxima adaptación a la cavidad.



Condensadores de amalgama de izquierda a derecha: Cuádruplex, Dúplex y Mortonson.
Fuente directa

- **Presión de condensación.**

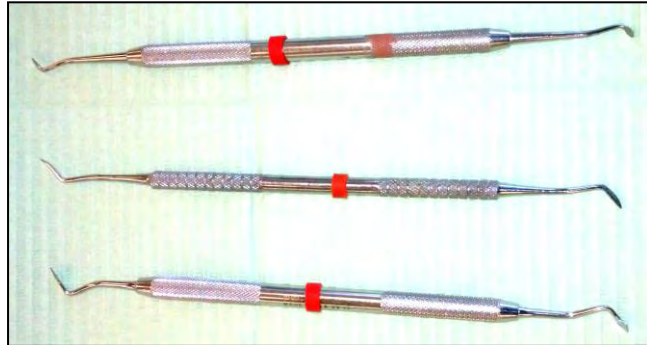
El área del punto o cara del condensador, así como la fuerza que debe ejercer el operador, determinan la presión de condensación. A medida que el condensador es más pequeño, más grande será la presión que se aplica sobre la amalgama. La fuerza de condensación debe ser tan grande como lo permita la condensación, siendo cómodo de soportar por el paciente.

La forma de las puntas de los condensadores se debe adaptar a la zona que va a condensarse.



2.1.7.4. Tallado y bruñido

Tras la condensación, se debe recortar para dar la anatomía dental adecuada. El recorte de la amalgama se comienza en la fase gamma I, debe iniciarse hasta que la amalgama este lo suficientemente dura como para resistirse a los incrementos de tallado.



Recortadores para amalgama, de arriba hacia abajo: Cleoide discoide, Hollenback y recortador Frahm. Fuente directa.

Tras el tallado, es preciso bruñir minuciosamente la anatomía oclusal mediante un instrumento de bola.



Bruñidores de amalgama, de arriba hacia abajo: bruñidor bola-huevo, Westcott. Fuente directa.

2.1.7.5. Terminado y pulido

El bruñido y pulido final se tiene que realizar por lo menos 24 horas después de la condensación.



El bruñido final se obtiene frotando la superficie con fresas de hojas o lisas especiales de alta velocidad utilizando desde luego refrigeración para evitar el sobrecalentamiento. Esta maniobra se realiza con el fin de dejar la superficie lisa, más no brillante, lo que evitará el acúmulo de placa dentobacteriana.



Bruñidores de alta velocidad ¹⁹

Para realizar el pulido, utilizamos una copa de goma para contraángulo y pasta fina de pulido, evitando generar calor en la restauración. Una temperatura superior a 60°C (140°F) provoca la liberación de mercurio. El exceso de mercurio así creado en la zona marginal provoca la corrosión acelerada, la fractura o ambas.



Copa de hule ²⁰



Pasta para pulir amalgama ²¹



3. EFECTOS COLATERALES DEL MERCURIO

3.1. Generalidades

3.1.1. Procedencia del mercurio

El mercurio es ubicuo en el ambiente y entra en el organismo de una u otra forma a través del agua, el aire y los alimentos día a día. Mientras los valores sean bajos, no existe riesgo de toxicidad.

La mayor fuente de mercurio de forma natural, además del mineral, es el vapor de mercurio liberado durante las erupciones volcánicas. Este vapor se deposita gradualmente en los océanos del mundo y supone la mayor producción de mercurio disuelto en agua. En el pez espada y el atún la concentración típica de mercurio es de 1.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de masa. Comer grandes cantidades puede aumentar la carga del organismo de un individuo de forma significativa.^{9,22}

La restauración de amalgama solo es posible debido a las características únicas del mercurio. Este metal aporta una masa plástica que se puede colocar y terminar en los dientes, ya que endurece hasta obtener una estructura que soporta de forma adecuada los rigores del medio oral. Sin embargo, también es el elemento que afecta de modo fundamental en las propiedades básicas e indispensables del éxito clínico de la amalgama. El empleo del mercurio en el medio oral ha suscitado preocupación sobre su inocuidad durante más de 170 años. Cuando la reacción es completa, solo pueden liberarse cantidades extremadamente mínimas de mercurio y éstas están muy por debajo del estándar de salud actual.⁹



Actualmente, en muchos países han retirado el empleo de las amalgamas dentales debido a preocupaciones medioambientales así como efectos colaterales observados en pacientes que portaban amalgamas dentales, pero en la actualidad, no existe ningún material al que el 100% de la población sea inmune el 100% del tiempo. Para comprender los efectos colaterales de las amalgamas dentales se debe reconocer la diferencia entre alergia y toxicidad.

3.1.2. Alergia

La respuesta alérgica típica consiste en una reacción antígeno-anticuerpo que provoca prurito, erupciones, estornudos, dificultades respiratorias, inflamaciones y otros síntomas. La dermatitis de contacto o reacción de hipersensibilidad tipo IV de Coombs representa el efecto colateral fisiológico más probable ante la presencia de restauraciones con amalgamas dentales.¹⁴ Estas reacciones se presentan en menos de 1 % de toda la población tratada. Los signos y síntomas clásicos de la hipersensibilidad tipo IV son la hiperemia, el edema, la formación de vesículas y el prurito. El uso inapropiado de determinados sistemas de pruebas cutáneas así como análisis adicionales sobre presión sanguínea, pulso, indigestión, visión borrosa, dolores de cabeza, irritabilidad, fatiga, depresión y enrojecimiento de los ojos, ha conducido a una falsa proporción del 25 % de respuestas positivas en un estudio. Para confirmar la sospecha real de una hipersensibilidad, sobre todo cuando la reacción se mantiene durante dos semanas o más, el paciente se debe remitir al alergólogo. Un pequeño porcentaje de la población es alérgica al mercurio. Cuando este tipo de reacciones se confirma por un dermatólogo o alergólogo se debe emplear un material alternativo (resina compuesta o cerámica) a menos que la reacción sea autolimitante (normalmente en el transcurso de dos semanas). Sin



embargo, ninguno de estos materiales ha demostrado ser más seguro, a todos los niveles de la amalgama dental.⁹

3.1.3. Toxicidad

Se ha planteado que la toxicidad mercurial por restauraciones dentales es la causa de algunas enfermedades no identificadas, y que pudiera existir un peligro real para el dentista o su asistente cuando inhalan vapores de dicho metal durante la mezcla, colocación o retiro de amalgamas, lo cual podría tener un efecto tóxico acumulativo. Ciertamente, el mercurio penetra desde la restauración hasta el interior de la estructura dentaria. Un análisis de la dentina, que se encuentra debajo de las restauraciones de amalgama revela la presencia de mercurio, que en parte puede explicar el cambio subsecuente del color del diente.^{14, 23}

La amalgama libera vapores de mercurio en pequeñas cantidades durante la mezcla, cristalización y remoción. También se ha observado la liberación de vapores mercuriales durante la masticación y la ingestión de bebidas calientes. Sin embargo es muy remota la posibilidad de que ocurran reacciones tóxicas. El contacto del paciente con los vapores del mercurio durante la colocación de la restauración es demasiado breve y el volumen total de estos vapores demasiado pequeño para que sean dañinos.

3.2. Límites permisibles

Hoy en día, hay normas ocupacionales modernas, precauciones seguras y una gran conciencia de la toxicidad del vapor de mercurio.



La especificación n° 6 de ANSI/ADA para el mercurio dental establece que el mercurio debe tener una superficie limpia y reflectante y no presentar una película superficial al agitarlo en el aire. No debe presentar signos visibles de contaminación superficial, ni contener más de un 0.02% de residuo no volátil.

15

La Occupational Safety and Health Agency (OSHA) estableció un valor umbral límite (VUL) de 0.05 mg/m³ de aire en un cuarto para una jornada de 8 horas al día durante 5 días para vapor de mercurio. ^{6, 9, 14, 15,}

Los fetos de ratas gestantes expuestas a atmósferas con concentraciones mercuriales de 2 mg/m³ no sufren efectos patológicos. Los fetos expuestos a concentraciones de 5 mg/m³ (40 veces más que la concentración permitida) nacen muertos. La dosis mínima de mercurio que provoca una reacción tóxica es de 3-7 µg/kg de peso corporal. Con unos 500 µg/kg aparecen parestesias (hormigueos en las extremidades), con 1000 µg/kg aparece ataxia, con 2000 µg/kg empiezan los dolores articulares y con 4000 µg/kg se produce sordera y la muerte. ¹⁵ Estos valores son muy superiores a los de la exposición mercurial por la amalgama.

La WHO recomendó una entrada de vapor de mercurio en la exposición ocupacional de 50 µg de Hg/m³ de aire.

Una entrada diaria tolerable o normal para la población en general es de 15 microgramos de mercurio, pero otro punto de vista es de cero tolerancia como una entrada segura.

Hoy en día, en el ambiente laboral, los riesgos son bajos y reversibles. Con una vida media corta de 60 días el mercurio es usualmente limpiado del cuerpo con efectos en la salud no significativos. El límite máximo de



concentración de mercurio en sangre es de 3-4 $\mu\text{g}/\text{dl}$; en orina es de 25 $\mu\text{g}/\text{dl}$; en pelo es de 7 ppm, y en las uñas es de 5.1 ppm.

En cuanto a la seguridad de la amalgama en individuos con restauraciones, la amalgama tiene un largo registro de seguridad y durabilidad. The U.S. Food and Drug Administration, Public Health Service National Institutes of Health, WHO, ADA, and Academy of General Dentistry, dicen que no hay evidencias científicas válidas que muestren que el mercurio en la amalgama tiene algún efecto negativo en la salud.⁹

3.2.1. Niveles de seguridad de mercurio en el personal de salud bucal

Los valores de referencia y límites biológicos seguros de mercurio en el personal de salud determinados a través de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica son:⁴

Sustancia química	Momento del muestreo	Índice Biológico de Exposición (IBE)
Mercurio inorgánico total en orina	Antes del turno de trabajo	35 $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinina
Mercurio inorgánico total en sangre	Al final del turno al terminar la semana de trabajo	15 μl

En la consulta dental, el odontólogo, el asistente y el resto del personal tienen mayor riesgo de toxicidad por mercurio que los pacientes debido a su contacto a más largo plazo con el vapor de mercurio. La monitorización de la ADA de las cifras de mercurio en los odontólogos, ha demostrado que presentan valores seguros a pesar del hecho de que estas cifras son casi del doble del promedio nacional para los no dentistas.



3.3 Rutas de posible exposición en la práctica odontológica

La exposición al mercurio puede ocurrir en diversas operaciones o procedimientos realizados en el consultorio dental, pero los momentos críticos de exposición, son cuando existe mercurio en forma líquida o de vapor, más que unido en una amalgama ya colocada. Cuando la amalgama ha cristalizado, el mercurio está unido estrechamente. Sin embargo, uno de los productos de reacción, AgHg, tiene un punto de fusión muy bajo (127°C), que se puede volver líquido fácilmente durante los procesos finales de bruñido a alta velocidad o pulido que generan calor. Esta situación se agrava cuando realizamos estos procedimientos sin emplear refrigeración adecuada y un pulido a baja velocidad, este proceso es muy engañoso, ya que la fase AgHg funde, produciendo una fase líquida rica en mercurio que se extiende fácilmente sobre la superficie de la amalgama y la hace parecer brillante y lustrosa, lo que podemos interpretar equivocadamente este aspecto como una superficie muy pulida. Este fenómeno también sucede durante la retirada de la amalgama. Es frecuente que las temperaturas de la superficie aumenten varios cientos de grados en las zonas en que las fresas de alta velocidad contactan con la estructura del diente. Estas están muy por encima de las temperaturas de fusión de la fase de AgHg y de vaporización del mercurio. ^{4,9, 23}

El mercurio puede absorberse por la piel o ser ingerido por la boca, el principal peligro para el personal odontológico proviene de la inhalación del vapor. Como vapor, el mercurio metálico puede ser inhalado y absorbido a través de los alveolos en los pulmones con una eficacia del 80%. La inhalación es la principal vía de entrada al organismo. El nivel máximo de exposición profesional es de $50\ \mu\text{g}$ de Hg/m³ de aire. Esta cifra es un valor promedio de un día de trabajo estándar.



El vapor de mercurio no tiene color, olor, ni sabor, siendo difícil advertir su presencia por medios simples. Como el mercurio líquido es 14 veces más denso que el agua, en términos de volumen una pequeña salpicadura puede ser importante y esto será suficiente para saturar el aire en una unidad quirúrgica de tamaño normal. La American Dental Association ha calculado que uno de cada diez consultorios dentales sobrepasa el nivel de exposición máxima segura. Sin embargo, sólo se conocen unos cuantos casos de intoxicación grave por mercurio debido a la exposición dental. Si el elemento llega a entrar en contacto con la piel, ésta debe lavarse con jabón y agua.

En la consulta dental, las fuentes de exposición al mercurio relacionadas con la amalgama incluyen: ⁴

- a) Manipulación, que incluye la trituración y la eliminación de excedente de mercurio
- b) Fresado de amalgamas para su eliminación
- c) Obturación y pulido de la amalgama.
- d) Derrames de mercurio
- e) Almacenaje del mercurio
- f) Residuos de amalgama

3.3.1. Consideraciones preliminares al uso del mercurio

La manipulación de la amalgama incluye el trabajo con mercurio, lo que requiere el conocimiento de ciertos aspectos de sus propiedades. ¹⁶

1. El mercurio es un metal líquido muy denso y extremadamente tóxico.



2. El mercurio de gran pureza muestra una superficie brillante. La formación de una película de aspecto mate en su superficie indica que está contaminado. Ello hace necesario su filtrado o su sustitución si es que después del filtrado no recupera el brillo metálico.
3. Si no se le manipula correctamente, puede convertirse en un peligro para la salud por: a) absorción sistémica del mercurio líquido a través de la piel; b) la inhalación de vapores mercuriales o c) la inhalación de partículas suspendidas en el aire.
4. No debe tocarse sin barrera de protección (guantes).
5. Se puede reducir el riesgo de inhalación de mercurio suspendido en el aire utilizando amalgamas pre-dosificadas (encapsuladas), con amalgamadores que tengan tapas de seguridad.
6. El mercurio no debe entrar en contacto con objetos de metales nobles (especialmente oro) ya que los puede alterar (joyas, etc.).
7. La concentración máxima de seguridad de vapor de mercurio en el aire es de 0.05 mg/m^3 de aire en la zona de respiración para una semana laboral de 40 horas.
8. Los derrames de mercurio son el principal factor causante de niveles elevados de vapores mercuriales en el aire (por eso, debe evitarse la manipulación de frascos con grandes cantidades de mercurio). Se debe limpiar perfectamente cualquier derrame que se produzca.
9. Al eliminar restauraciones viejas o defectuosas de amalgama, o bien durante los procedimientos de pulido, se debe utilizar refrigeración acuosa y succión adecuada, pues el calentamiento del material libera vapores mercuriales. Además de colocar aislamiento absoluto.
10. La ingestión de mercurio procedente de la amalgama dental (pacientes con más de 10 restauraciones de amalgama y que mastican goma de mascar) es inferior a la correspondiente a los

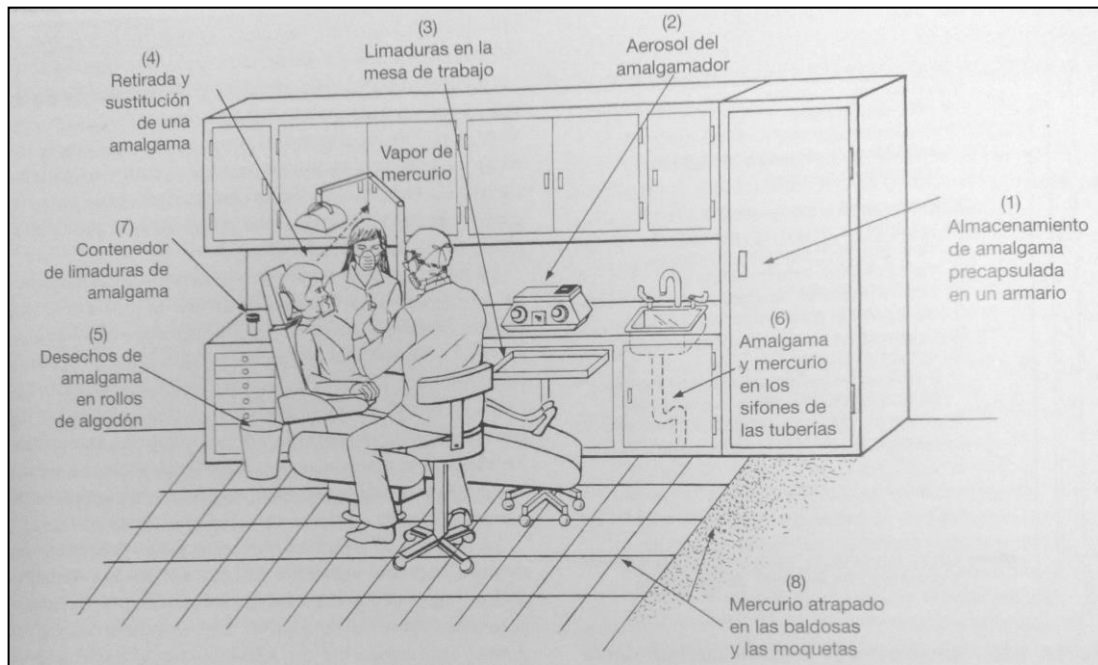


alimentos, el agua y el aire respirado que son, respectivamente, de 0.0005, 0.001 y 0.0005 mg/día.

11. Debe usarse babero, cubrebocas o mascarilla, para no aspirar el polvo que suele desprenderse al trabajar con amalgamas y desecharlos acabada la sesión de trabajo.
12. Un riesgo pequeño, pero posible, para los pacientes, es una reacción alérgica al mercurio, que se manifiesta como un rash cutáneo (reacción cutánea) que aparece tras la colocación de una restauración de amalgama.
13. No calentar el mercurio o la amalgama.
14. Limite y facilite la recuperación del mercurio o la amalgama derramados y efectúe todas las manipulaciones en lugares que tengan superficies impermeables y con un reborde adecuado.

3.3.2. Causas frecuentes de la contaminación mercurial

- Contacto directo con el mercurio, contacto con los dedos.
- Inhalación de vapores mercuriales, al dejar desperdicios de mercurio en el piso o al retirar amalgamas sin buena refrigeración y sin el uso de cubrebocas.
- Utilización de fórmulas convencionales que requieren exceso de mercurio y la reprobable y peligrosa técnica viciada de exprimir la amalgama para retirar los excesos de mercurio.
- Contaminación de instrumental con mercurio, colocado en esterilizadores.
- Utilización de cápsulas viejas con tapas de presión flojas, que al ser colocadas en el amalgamador, dejan escapar mercurio.



Fuentes de riesgo de mercurio en el gabinete dental ⁹

3.4. Reacciones a las amalgamas.

No son muy frecuentes las reacciones alérgicas al mercurio presente en la amalgama, aunque se han publicado casos de dermatitis alérgica por contacto, gingivitis, estomatitis y reacciones cutáneas remotas. ²⁷ Este tipo de respuestas suelen desaparecer al retirar la amalgama. Ningún estudio científico serio, ha demostrado que las amalgamas dentales produzcan efectos perjudiciales.

Estudios aleatorios realizados con diferentes enfermedades, como la esclerosis múltiple, no permiten correlacionar dichos trastornos con las amalgamas y, por consiguiente se deben interpretar con mucha precaución. Los informes sobre pacientes con esclerosis múltiple que se han curado instantáneamente al eliminar sus amalgamas no tienen una base científica sólida. Dado que debe transcurrir una semana para que el mercurio desaparezca completamente del organismo, es muy poco



probable que se produzca una recuperación instantánea tras la supresión de la fuente potencial de mercurio. ^{15, 25, 30}

3.5. Reacciones locales.

En pacientes con lesiones orales cercanas a restauraciones de amalgama se han obtenido resultados positivos en las pruebas con parches. También se han publicado casos de reacciones inflamatorias de la dentina y la pulpa. Normalmente se puede aliviar la inflamación con un liner cavitario, he ahí la importancia de colocar protectores pulpares y bases cavitarias ante la colocación de una amalgama. En algunos pacientes con lesiones se ha encontrado mercurio en los lisosomas de macrófagos y fibroblastos. Los macrófagos desempeñan un papel fundamental en la eliminación de las partículas extrañas de los tejidos. ^{15, 30,}

Diferentes estudios con cultivos celulares han permitido valorar la citotoxicidad potencial de la amalgama y sus componentes. Los ingredientes que suelen provocar reacciones adversas son el cobre o el mercurio. Un estudio in Vitro sobre los efectos de las partículas de amalgama y sus diferentes fases sobre los macrófagos ha demostrado que todas las partículas, excepto las gamma-2, son fagocitadas eficazmente por los macrófagos. Se han podido apreciar daños celulares en cultivos tratados expuestos a partículas gamma-1. ¹⁵

3.6. Reacciones sistémicas

El mercurio que se absorbe por el sistema circulatorio se puede depositar en cualquier tejido. Ocurren acumulaciones superiores al promedio en el cerebro, el hígado y los riñones. ^{15, 23, 26, 30} Los iones mercurio (Hg^2) circulan fácilmente en la sangre, pero pasan las barreras de membrana del cerebro y



la placenta con dificultad. Por el contrario, el mercurio no ionizado, es capaz de cruzar las capas lipídicas de estas barreras y, si posteriormente se oxida dentro de estos tejidos, se elimina lentamente. Este hecho se ha convertido en la base para muchas afirmaciones de problemas neuromusculares en pacientes con amalgamas. Este mercurio no solo es de las amalgamas, las cifras son bajas y retirar las restauraciones de amalgama no elimina la exposición al mercurio, ya que el mercurio no se recoge de forma irreversible en los tejidos humanos, existe una vida promedio de 55 días para el transporte a través del organismo hasta el punto de excreción. Las concentraciones típicas de mercurio en el aire varían considerablemente (el aire puro contiene $0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$; el aire cerca de los parques industriales contiene $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; el aire de las minas de mercurio contiene $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$).⁹

La carga real del organismo en cualquier momento está en función de la dosificación y el tiempo de exposición. Siendo el caso, cualquier pequeña contribución de las restauraciones con amalgama es muy baja en comparación con otras exposiciones que ocurren de forma natural en las que el material se excreta de forma natural.

En estudios de implantación se ha podido comprobar que los tejidos duros y blandos toleran razonablemente bien la amalgama.

En otras series de estudios, se procedió a la implantación subcutánea en cobayas, de polvos de amalgama con alto y bajo contenido de cobre y de diferentes fases de amalgama. Se observó una ligera respuesta inflamatoria con captación de las partículas por los macrófagos y las células gigantes. Transcurridos entre uno y medio a tres meses se formaron granulomas crónicos. Con la amalgama de bajo contenido de cobre se observaron cambios precoces en el material intracelular, asociados a la rápida degradación de la fase gamma-2.



Las partículas intracelulares de las amalgamas con alto y bajo contenido de cobre sufrieron una degradación progresiva, con formación de finas partículas secundarias que contenían plata y estaño, que estaban distribuidas por toda la lesión y que originaron tatuajes macroscópicos en la piel. En los ganglios linfáticos submandibulares se encontraron partículas secundarias y pequeñas partículas primarias degradadas de ambos tipos de amalgama.

Se midieron niveles elevados de mercurio en la sangre, la bilis, los riñones, el hígado, el bazo, encontrándose las concentraciones más altas en la corteza renal. El mercurio se excretó por la orina y las heces. Los niveles de mercurio en sangre, hígado, corteza renal y heces fueron menores con la amalgama con alto contenido de cobre.¹⁵

En el citoplasma y el núcleo de las células renales se encontraron depósitos de partículas negras refringentes de 1-3 μm de diámetro. La proporción de depósitos citoplásmicos/nucleares fue superior en los animales que recibieron amalgamas con alto contenido de cobre. Los depósitos citoplásmicos consistían en acúmulos de partículas finas en el interior de lisosomas. Tanto los depósitos lisosómicos como los nucleares contenían mercurio y selenio, estaban presentes en pequeñas cantidades en la dieta de los animales.

En otro estudio se colocaron a un grupo de primates obturaciones oclusales de amalgama o implantes de amalgama en el hueso maxilar durante un año. Las obturaciones de amalgama formaron depósitos de mercurio en los ganglios espinales, la hipófisis anterior, las glándulas suprarrenales, el bulbo, el hígado, los riñones, los pulmones y los ganglios linfáticos intestinales. Los implantes de amalgama en el maxilar liberaron mercurio a los mismos órganos excepto el hígado, los pulmones y los ganglios intestinales. Los



órganos de los animales control no presentaban ningún tipo de precipitado. En un estudio, los pacientes portadores de restauraciones de amalgama fueron monitorizados con detectores de vapor de mercurio durante un periodo de tiempo de 24 horas, siendo la tasa del vapor inhalado 1.7 $\mu\text{g}/\text{día}$. Tres estudios más han confirmado que la cantidad de vapor al que se exponen pacientes con 8-10 amalgamas está en el rango de 1.1 a 4.4 $\mu\text{m}/\text{día}$. Los valores de toxicidad de los pacientes que han sido tratados con varias restauraciones de amalgama están muy por debajo del rango de los valores establecidos como seguros. ¹⁵

El valor máximo de la exposición ocupacional considerada como segura es de 50 μm de Hg/m³ de aire por día. ¹⁴

3.7. Mercurio en la orina

El organismo no puede retener el mercurio y lo elimina por la orina. En un estudio se han medido unos niveles máximos de mercurio en la orina de 2,54 $\mu\text{g}/\text{l}$ a los 4 días de la colocación de la amalgama; los niveles vuelven a cero, al cabo de 7 días. Al remover la amalgama, los niveles urinarios del mercurio alcanzan un valor máximo de 4 $\mu\text{g}/\text{l}$ y vuelven a cero al cabo de una semana. ¹⁵

Los niveles urinarios máximos son casi dos veces mayores al retirar la amalgama que al colocarla. Lo mismo sucede con los vapores de mercurio, que alcanzan mayores niveles durante la remoción que durante la colocación de la amalgama. No se observan cambios neurológicos hasta que los niveles urinarios sobrepasan los 500 $\mu\text{g}/\text{l}$, casi 170 veces los niveles máximos medidos tras la colocación de una amalgama.



Por otra parte, la OMS calcula que la ingestión de marisco una vez a la semana incrementa el mercurio urinario de 5 a 20 $\mu\text{g/l}$, o 2-8 veces más que el nivel medido por la exposición a la amalgama en el estudio citado.

3.7.1. Medición de mercurio en orina

Este estudio se usa para exposiciones crónicas, ocupacionales o niveles ambientales constantes no olvidando que los niveles totales de mercurio pueden tener grandes variaciones según la población en la que se mide, ya que es muy alto en aquellos grupos humanos con dieta basada en pescado.

La excreción del mercurio es variable en cada individuo, sin embargo si la muestra se recolecta siempre a la misma hora estas variaciones se reducen.

Instrucciones generales para el análisis: ⁴

1. Medición en 50 ml de orina emitida espontáneamente y refrigerada
2. Utilizar envase de polietileno o polipropileno tratado previamente con ácido
3. Se debe recoger después de 16 horas de cesada la exposición o antes de iniciar el turno de trabajo
4. Se sugiere el método de absorción atómica para medirlo
5. Se recolecta la orina de 24 horas
6. Con búsqueda de proteinuria.

NOTA El Índice Biológico de Exposición es de 35 mg/g de creatinina. (ACGIH, 1993). Hasta este valor se considera un valor aceptable para el expuesto, ya que el valor $> 35 \mu\text{g/g}$ de creatinina se presenta sin manifestaciones de enfermedad. ⁴



Cuando existen valores de mercurio urinario > a 100 µg/l. combinado con una de las siguientes alteraciones:

- Presencia de temblor
- Cambios en el comportamiento
- Trastornos de la psicomotricidad
- Proteinuria

Y en el caso de que los resultados determinen valores elevados a los permisibles de mercurio, es importante realizar nuevamente el estudio de Hg en orina cada quince días, hasta presentar un valor aceptable tanto en pruebas de laboratorio como en la mejoría de alteraciones subclínicas, siempre según el criterio médico.

3.8. Mercurio en la sangre

En diferentes estudios se ha comprobado que las restauraciones de amalgama recién colocadas elevan los niveles de mercurio en la sangre entre 1-2 µg/l. Al retirar la amalgama, disminuyen los niveles sanguíneos de mercurio, con un plazo medio aproximado de 1-2 meses para la total eliminación del mercurio.

El aumento de los niveles puede deberse al mercurio derramado en los consultorios, un factor que se puede controlar muy fácilmente. Los niveles sanguíneos y séricos del mercurio guardan una mayor correlación con la exposición laboral y no con el número de amalgamas o con el tiempo que llevan colocadas las restauraciones.

Los niveles de mercurio en sangre medidos en un estudio indicaron que el nivel medio en los pacientes con amalgama era de 0.7 ng/ml, en comparación con los 0.3 ng/ml de los pacientes sin amalgama. ¹⁵



3.8.1. Medición de mercurio en sangre

El monitoreo de mercurio en sangre se realiza cuando ha habido una exposición aguda o accidental.

1. Se puede medir en 5 ml de sangre extraída al finalizar el último turno de la semana laboral.
2. La muestra debe ser obtenida con jeringa desechable y lejos del puesto de trabajo.
3. La zona de la venopuntura debe ser desinfectada con alcohol (no utilizar desinfectante mercurial).
4. Índice Biológico de Exposición: 15 µg/l. ⁴

3.9. Transporte y distribución del mercurio en el organismo

Una vez absorbido, el transporte se realiza por los distintos constituyentes de la sangre. En el caso del vapor de mercurio la relación glóbulos rojos/plasma es entre 1,5 y 2 aproximadamente, estimándose en 2 en los primeros días la exposición.



Resumen de sucesos que ocurren durante la absorción, el transporte y la excreción de mercurio en el organismo. ⁹



Para las sales inorgánicas de mercurio, esta relación es mucho menor, de 0,4. Se unen a los grupos tiol de las proteínas, como lo demuestra la alteración de la movilidad electroforética de aminoácidos (cisteína, lisina y arginina) y aumento de la movilidad anódica de la albúmina y hemoglobina.⁵

El cociente hematíes/plasma para el metilmercurio es aproximadamente 10. Penetra la membrana del eritrocito y se une a la hemoglobina. Tanto en humanos como en animales de experimentación (conejo, ratón, rata) el metilmercurio se une al glutatión en el glóbulo rojo.

De forma general puede afirmarse que, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas. Un 50% de mercurio inorgánico es vehiculado por el plasma, unido a la albúmina.

La distribución del mercurio en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio determinado por los siguientes factores:

- a) Dosis
- b) Duración de la exposición
- c) Grado de oxidación del mercurio
- d) Concentración de los compuestos de mercurio en los distintos compartimentos sanguíneos.
- e) Concentración en relación con los grupos sulfhidrilos libres.
- f) Afinidad de los componentes celulares con el mercurio.
- g) Velocidad de asociación y disociación del complejo mercurio-proteína.

El vapor de mercurio presenta afinidad por el cerebro. Se oxida rápidamente a Hg^{2+} en los eritrocitos o después de la difusión en los tejidos, por acción de la catalasa que descompone el peróxido de hidrogeno (vía primaria de oxidación del vapor de mercurio en eritrocitos y demás tejidos), aunque



permanece como Hg⁰ en la sangre durante un tiempo corto pero suficiente para atravesar la barrera hematoencefálica. El paso a través de las membranas celulares está facilitado por su mayor liposolubilidad y por la ausencia de cargas eléctricas.

Un estudio de la distribución del mercurio elemental en el sistema nervioso central en ratas y ratones, reveló una mayor concentración de mercurio en la materia gris que en la blanca, con los niveles más elevados en ciertas neuronas del cerebelo, médula espinal, pedúnculos cerebrales y mesencéfalo. En el cerebro se observó una localización selectiva en las células de Purkinje y en las neuronas del núcleo dentado.^{5, 22}

El mercurio divalente se deposita en riñón, siendo su principal sitio de acción las células del epitelio proximal tubular. Concretamente se halla en las fracciones lisosómicas mitocondriales (lisosomas), tanto en hígado como en riñón, unido a la metalotioneina, aunque previamente se había estimado que la concentración en los lisosomas renales ocurre en intoxicación crónica y no después de una exposición corta.^{5, 22}

La distribución del metilmercurio es más uniforme. La mayor parte va al cerebro, hígado y riñón; se ha detectado también en epitelio del tiroides, células medulares de las glándulas adrenales, espermatozoides, epitelio pancreático, epidermis y cristalino.

Se estima que el contenido normal de mercurio en el organismo humano oscila entre 1 - 13 miligramos, del cual 10% es metilmercurio. Su distribución en el organismo es: músculo 44 a 54%, hígado 22%, riñón 9%, sangre 9 a 15%, piel 8%, cerebro 4 a 7% e intestino 3%.²²



3.10. Hidrargirismo

La intoxicación crónica por mercurio se denomina mercurialismo o hidrargirismo. Solo en circunstancias extremadamente raras se han observado en seres humanos síntomas de toxicidad por mercurio, como es el caso del accidente en la bahía de Minamata en Japón en 1952, cuando una planta química local vertió sus residuos de metilmercurio en la bahía cercana, contaminando pescados y mariscos. Cuando se identificó la fuente, habían muerto 52 individuos y otros 202 habían sido afectados por la intoxicación.⁹ Los síntomas identificados durante el incidente fueron:²⁷

- 1) Marcha atáxica
- 2) Convulsiones
- 3) Entumecimiento de la boca y las extremidades
- 4) Limitación del campo visual
- 5) Dificultad para hablar

Pero ninguno de estos síntomas es especialmente único del hidrargirismo, para diagnosticar debemos tener conocimiento especial del riesgo del individuo a una exposición ambiental.

3.10.1. Sintomatología por intoxicación

El envenenamiento agudo por una ingestión de sales mercúricas causa sabor metálico, sed, dolor abdominal intenso, vómito y diarrea sanguinolenta con fragmentos de moco por varias semanas. De un día a dos semanas después de la ingestión, disminuye o desaparece el flujo urinario. La muerte es por uremia. El envenenamiento agudo por inhalación de vapor de mercurio provoca disnea, tos, fiebre, náusea, vómito, diarrea, estomatitis, salivación y sabor metálico. Los síntomas pueden aliviarse o progresar a bronquiolitis necrosante, neumonitis, edema pulmonar y neumotórax.



Este síndrome es mortal en niños. Puede presentarse acidosis y daño renal con la consecuente insuficiencia renal. La inhalación de compuestos mercuriales orgánicos volátiles en altas concentraciones provocan sabor metálico, desvanecimientos, torpeza, lenguaje farfullante, diarrea y en ocasiones convulsiones que llegan a ser mortales.

Los compuestos de alquil mercurio se concentran en el SNC produciendo ataxia, corea, atetosis, temblores y convulsiones. El daño tiende a ser permanente. En el envenenamiento crónico por inyección o ingestión de mercurio orgánico durante un periodo prolongado causan urticaria que progresa a dermatitis exudativa, estomatitis, salivación, diarrea, anemia, leucopenia, daño hepático y lesión renal que progresa a insuficiencia renal aguda con anuria. La inyección de mercuriales orgánicos ha causado depresión o irregularidades en la función cardiaca y anafilaxis.

El envenenamiento crónico por inhalación de vapores o polvos de mercurio, o la absorción cutánea de mercurio durante un periodo largo, ocasiona mercurialismo. Los hallazgos son extremadamente variables e incluyen temblores, salivación, estomatitis, movilidad dental, línea azul en las encías, dolor y adormecimiento de las extremidades, nefritis, diarrea, ansiedad, pérdida de peso, cefalea, anorexia, depresión mental, insomnio, irritabilidad, inestabilidad, alucinaciones e indicios de deterioro mental. ^{5, 22, 26}

Las características clínicas por una exposición crónica a bajos niveles de mercurio elemental u orgánico, incluyen depresión, irritabilidad, amnesia, confusión y temblor (eretismo). El mercurio metílico es particularmente dañino para el SNC; provoca trastornos sensitivos y visuales (incluso ceguera), hipoacusia, ataxia, diversos trastornos del movimiento y alteraciones cognitivas.



Los efectos del mercurio metílico sobre el feto incluyen retardo mental y trastornos neuromusculares. La concentración más baja de metil mercurio en sangre relacionada con síntomas identificables es de 0.2 $\mu\text{g/ml}$. Se ha establecido una concentración sanguínea estándar provisional que no exceda de 0.1 $\mu\text{g/ml}$ para el metil mercurio y otros derivados orgánicos del mercurio. La toxicidad para el sistema neuromuscular aparece con cifras de mercurio inorgánico en sangre menores de 0.1 $\mu\text{g/ml}$.

La excreción urinaria de más de 0.3 mg de mercurio por 24 horas indica la posibilidad de envenenamiento con mercurio. Una cifra promedio superior a 0.1 mg/24 horas en la orina de las personas que trabajan con mercurio, indica la necesidad de emplear medidas correctivas en la asignación de trabajo. Un individuo que tenga más de 0.2 mg/24 horas en la orina, debe ser retirado de nuevas exposiciones si la excreción urinaria de mercurio llega a ser mayor de 0.5 mg/24 horas. Proteinuria y hematuria pueden estar ausentes en el envenenamiento crónico. ⁵

3.10.2. Tratamiento.

Los antidotos, como es natural, se complementan con una terapia general de apoyo. Teóricamente el antidoto debiera tener una afinidad suficientemente elevada por el mercurio de modo que las dosis atóxicas puedan eliminar el mercurio de las localizaciones tisulares. El quelato de mercurio así formado, debe ser menos tóxico que el mercurio y conviene que se elimine rápidamente. El agente debe ser metabólicamente estable, de modo que la dosificación no sea demasiado frecuente, administrándose preferentemente por vía oral. Estos antidotos son más eficaces cuando se administran inmediatamente después de la exposición al mercurio. Evidentemente, la eliminación del mercurio carece de utilidad si ya se han producido lesiones irreversibles. ^{5, 22}



La intoxicación con mercurio elemental se trata con quelación. En los pacientes que presentan síntomas o niveles sanguíneos elevados, el dimercaprol es el quelante de elección. Evitar nuevas exposiciones, tratar la oliguria y mantener la nutrición por vía IV o alimentación bucal. Para la exposición de bajo grado y para pacientes asintomáticos se recomienda penicilamina. La intoxicación con mercuriales orgánicos responde poco a la terapia quelante; el dimercaprol, que en realidad puede aumentar el mercurio metílico en el tejido encefálico, está contraindicado. La experiencia con la epidemia Iraquí sugiere que la penicilamina, combinada con una resina tiólica no absorbible por vía oral (que interrumpe la circulación enterohepática de los organomercuriales), puede disminuir los niveles sanguíneos.

El envenenamiento agudo se trata con un lavado gástrico con agua corriente, emesis y catarsis como medidas de urgencia. Se administra dimercaprol. La hemodiálisis acelerará la remoción del complejo de mercurio dimercaprol. El agente quelante deberá continuarse hasta que las cifras de mercurio en orina desciendan.

Para su prevención, se debe vigilar el límite de exposición en forma constante; es necesario realizar frecuentemente muestreos del aire.

Se sugiere que el odontólogo y el resto del personal del consultorio se realice una determinación anual de niveles de mercurio en orina.

3.11. Mercurio en el Organismo como consecuencia de las amalgamas dentales

Se ha puesto sobre aviso el potencial de efectos adversos en la salud por altas dosis de mercurio, observado en el incremento de niveles de



mercurio en la dieta con pescado, niveles altos de mercurio en emisiones de aire y sospechas de que ciertas enfermedades pueden ser causadas por la exposición al mercurio.

La odontología ha sido criticada por su continuo uso de mercurio en la amalgama dental por razones de salud pública y ambiental. Los profesionales dentales deben entender el impacto de los varios niveles y tipos de mercurio en el ambiente y salud humana.

Como resultado de su uso, la profesión dental ha sido confrontada por la población en dos apartados de salud, que concierne al mercurio contenido en la amalgama. El primer punto es que el mercurio amalgamado con varios metales para crear restauraciones dentales plantea una consecuencia a la salud para los pacientes. El segundo punto, es que, los fragmentos asociados con la colocación y remoción de la amalgama, plantea riesgos ambientales que pueden tener eventualmente un impacto en la salud humana. A pesar de la falta de evidencia científica para dichos riesgos, está aumentando la presión por el profesional dental para evitar riesgos a la salud.

La toxicología mayor del mercurio concierne a sus dos formas orgánicas: metilmercurio (CH_3Hg^+) y etilmercurio ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Hg}^+$). El consumo de pescado es la principal causa de entrada de metilmercurio en los humanos, ya que el mercurio es acumulado en la cadena alimenticia y es transformado a MeHg , que es la forma más tóxica. La exposición al etilmercurio es a través del timerosal, un preservativo usado en vacunas. ^{5, 9, 22, 27}



Efectos tóxicos del mercurio en el consultorio dental



El nivel de mercurio en un ambiente atmosférico es negligible. Los riesgos a la salud pueden ocurrir con la exposición ocupacional por una alta concentración de vapor de mercurio.

El mercurio es conocido como neurotóxico y nefrotóxico. Los efectos en los sistemas respiratorio, cardiovascular y gastrointestinal han sido causados después de una exposición aguda. Los fetos y recién nacidos son más sensibles al mercurio que los adultos.



4. MEDIDAS PARA PREVENIR LA INTOXICACIÓN POR MERCURIO: IMPORTANCIA DE LAS BUENAS PRÁCTICAS

Las malas prácticas en el uso, manipulación y desecho del mercurio en este ámbito, contribuyen a la contaminación ambiental y al riesgo ocupacional básicamente por la inhalación de sus vapores, ingestión y exposición dérmica. Por lo anterior, es primordial que los procedimientos en el consultorio dental se realicen en un concepto de seguridad laboral para lograr que los profesionales y personal de salud bucal disminuyan los riesgos sanitarios asociados al uso y manipulación del mercurio y sus residuos. El riesgo ocupacional al que está expuesto el personal odontológico depende de cumplir con normas establecidas para manejo y disposición del mercurio.

El uso del mercurio en el sector odontológico repercute en el medio ambiente, afectando entornos ubicados más adelante en la cadena de contaminación. Los desechos con contenido de mercurio terminan muchas veces en medios acuáticos y en la atmósfera debido a su incorrecto manejo.

Los riesgos ocupacionales generados por el mercurio en la preparación de amalgamas se pueden minimizar siguiendo un plan de manejo integral que permita reducir la concentración de mercurio en el área de trabajo mediante las siguientes normas de buenas prácticas:

- Uso de barreras de protección: Personal de la Salud Bucal, en las instituciones se considera como equipo de salud de las unidades, al que participa y labora en los consultorios dentales así como a las enfermeras.
- Manipulación correcta de la amalgama durante el procedimiento clínico.



- Retiro de la amalgama
- Disposición de mercurio y amalgama residual

4.1. Barreras de protección

Son aquellas barreras físicas que tienen como finalidad evitar la exposición directa a los contaminantes.

Las medidas de prevención en el área laboral deben realizarse de manera rutinaria, para prevenir la exposición a toda situación que pueda originar un riesgo.

Los hábitos de trabajo que se mantienen en el consultorio están relacionados con los niveles de seguridad y toxicidad del metal. Considerando los riesgos sanitarios a los que está expuesto el personal de la salud bucal en el área laboral, se establecen las medidas de seguridad que deben emplear.

4.1.1. Bata

De manga larga, preferentemente desechable o de materiales como algodón o poliéster, será sujeta al procedimiento clínico en la consulta odontológica de rutina y deberá ser utilizada exclusivamente en el área de consulta para evitar la diseminación de sustancias fuera del área clínica.

Debe mantenerse cerrada durante el procedimiento clínico y en caso de no ser desechable, cambiarse diariamente. Se desinfecta mediante un ciclo de lavado, el cual se recomienda sea independiente del resto de la ropa para evitar contaminación de la ropa de uso personal.



4.1.2. Guantes

Son barreras de protección específicas para las manos. El odontólogo y el asistente, en su caso, deberán usar guantes de látex nuevos no estériles desechables, por cada paciente

4.1.3. Cubreboca

Medida de protección para las vías aéreas superiores, de acuerdo a la normatividad aplicable vigente. El uso correcto del equipo de protección respiratoria evita la inhalación de los vapores de mercurio que se desprenden al momento de hacer procedimientos como obturar, retirar, cambiar o pulir amalgamas.

4.1.4. Lentes de protección o careta

Tanto el operador como el asistente y el paciente deberán utilizar lentes con protección lateral o careta, que proporcionan protección ocular contra impactos y salpicaduras de material contaminado.



5. MANIPULACIÓN DEL MERCURIO DURANTE EL PROCEDIMIENTO CLÍNICO

5.1. Preparación de la amalgama

Para disminuir el riesgo a la exposición laboral por el uso de mercurio se recomienda el uso de cápsulas de amalgama predosificadas, una vez mezclada la amalgama se coloca en un godete para cargar el porta amalgama.

Las cápsulas predosificadas deberán ser de cuerda o con mecanismos de seguridad que eviten el derrame de mercurio al mezclarla.

El uso de cápsulas predosificadas permite:

- Prescindir del uso de paños
- Reducir la contaminación del área clínica por mercurio
- Evitar almacenar mercurio

Las cápsulas vacías sin restos de mercurio se desechan en la basura municipal.

5.2. Colocación de la amalgama

- Utilizar la amalgama de acuerdo a las indicaciones del fabricante, que incluye la valoración para cada paciente.
- Es recomendable el aislamiento del campo operatorio preferentemente con dique de hule.
- Se deberán recolectar los sobrantes de amalgama que resulten del recorte, modelado y bruñido y colocarlo en un recipiente de plástico y rotulado.



- La amalgama debe pulirse de 24 a 48 horas después de ser colocada de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

5.3. Retiro de amalgamas

Las amalgamas que se valoren funcionales no deberán ser retiradas, ya que este procedimiento aumenta el riesgo del odontólogo de exposición a vapores de mercurio.

El retiro de la amalgama deberá ser de la siguiente manera:

- Aislar la zona operatoria de preferencia con dique de hule.
- Utilizando adecuada refrigeración para evitar calentamiento de la amalgama.
- Fragmentar la amalgama en trozos grandes, bajo el chorro de agua, evitando pulverizarla, con esto se reduce el riesgo de exposición innecesaria del odontólogo al vapor de mercurio y la contaminación al medio ambiente.
- Extraer los trozos grandes con una pinza evitando sean captados por el eyector y colocarlos en un recipiente irrompible, transparente y hermético identificando su contenido.

Se recomienda que la unidad dental esté equipada con un “separador o trampa” de amalgama. ⁴

Los restos de amalgama, así como de mercurio líquido deben ser recogidos y almacenados en agua, glicerina o fijador de rayos X en un recipiente cerrado herméticamente. El recipiente debe estar casi lleno con líquido para minimizar el espacio aéreo donde se puede acumular el vapor de mercurio. ⁹



5.4. Particularidades en el manejo de mercurio líquido

Actualmente, las cápsulas predosificadas han venido a sustituir casi por completo la trituración manual de la amalgama, así como el uso de las cápsulas reutilizables, sin embargo, ante la utilización de éstas dos últimas se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Verificar que la cápsula a presión cierre correctamente para evitar derrames
- Exprimir el mercurio líquido excedente con un paño y pinzas de curación y depositarlo exclusivamente en el contenedor para mercurio líquido indicado por la normatividad vigente y aplicable.
- Retirar todo el excedente de amalgama del paño y colocarlo en el recipiente hermético irrompible destinado para restos de amalgama cristalizada. (el cual será independiente del recipiente para mercurio líquido)
- Libre de excedentes de amalgama, el paño se desecha en la basura municipal.
- El mercurio líquido nunca debe desecharse en:
 - Bote de basura municipal
 - Contenedor para R.P.B.I (bolsa roja, amarilla, contenedor para punzocortantes)
 - Escupidera
 - Drenaje

5.4.1. Rutinas en caso de derrames

Las buenas prácticas (cápsulas predosificadas) evitarán los derrames de mercurio, sin embargo, si esto ocurriera es importante recolectarlo a través del siguiente procedimiento: ⁴



- Tiras de cartón, pedazos de cartón firme, o papel grueso. (de 12.5 x 8 cm. p. ej. Tarjetas tipo ficha bibliográfica)
- Contenedor de plástico rígido de sellado hermético para mercurio líquido
- Guantes gruesos
- Tela adhesiva
- Linterna
- Cubreboca de acuerdo a la normatividad vigente.

5.4.2. Procedimiento en caso de derrames de mercurio en consultorio dental

- Determinar la magnitud del derrame identificando las zonas contaminadas.
- Ventilar y evacuar el área.
- No barrer, trapear o aspirar la zona del derrame para retirar el mercurio líquido.
- Retirar accesorios de manos y muñecas.
- Colocarse los guantes y el cubreboca.
- Tomar medidas para evitar que el mercurio caiga por desagües o grietas
- Utilizar el cartón para recoger mercurio y transferirlo lenta y cuidadosamente al contenedor de plástico rígido con sellado hermético.
- De ser posible, obscurecer el área y alumbrar con la linterna para visualizar las gotas más pequeñas, recogerlas con tela adhesiva y transferirlo al contenedor.



- Desechar la tela adhesiva sin restos de mercurio en la basura municipal.
- Cerrar el contenedor y colocarlo en un lugar seguro y lejos de fuentes de calor.
- Desechar los guantes en la basura municipal
- No barrer ni trapear la zona del derrame hasta haber recolectado en su totalidad el mercurio líquido.



CONCLUSIONES

El Mercurio contenido en la Amalgama Dental puede ocasionar efectos tóxicos en el organismo, pero se necesitan concentraciones muy altas para que esto suceda. Sin embargo, los efectos adversos con la exposición a bajas dosis de mercurio, al recibir amalgamas dentales, está abierto a una amplia interpretación, debido a que actualmente sigue en controversia la intoxicación por este material.

El Sistema Nervioso Central y el Riñón, son unos de los órganos preferidos para dichos efectos, pero también se pueden ver afectados otros aparatos y sistemas.

Los fetos y niños son los más vulnerables a estos daños tóxicos por el mercurio, ya que su cerebro está en desarrollo.

Existen otras causas que pueden provocar intoxicación por mercurio como pueden ser el consumo de pescado contaminado así como el timerosal contenido en las vacunas.

Todas las formas de mercurio tienen efectos adversos en la salud a altas dosis, por lo tanto, es poco probable que se presente una intoxicación por mercurio en el consultorio dental, si el odontólogo y el personal, siguen las normas adecuadas para su manipulación y para el manejo de los desechos de amalgama.

La amalgama dental es y seguirá siendo uno de los materiales de restauración más seguros y usados por su gran estabilidad en la cavidad bucal, por su larga duración y su economía, además de su fácil manipulación.



En la población, hay un porcentaje muy bajo de casos de hipersensibilidad o alergia a la amalgama dental, en estos casos habrá que utilizar otro material alternativo.

Aún no hay evidencias científicas suficientes, que comprueben que el mercurio contenido en la amalgama dental, por sí solo cause algún problema en la salud de los pacientes que tengan este tipo de restauraciones, o bien, de quienes manejan este material.

El principal factor para el éxito de las restauraciones con amalgama, es respetar siempre las recomendaciones del fabricante, así como poner en práctica las medidas preventivas para la manipulación de las mismas y del mercurio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Olivero J., Johnson B. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Cartagena. ALPHA. 2002. Pp. 21-89 <http://es.slideshare.net/Robereiner/libro-mercurio-oliverojohnsoncolombia#>
2. Rayner G. química inorgánica descriptiva 2a edición. México. Pearson Educación. Pp. 504-515.
3. <http://agenciasanluis.com/notas/wp-content/uploads/2013/11/mercurio-2.jpg>
4. Guía de Buenas Prácticas de Uso de Mercurio en Consultorios Dentales. Comisión federal para la protección contra riesgos sanitarios COFEPRIS. Secretaría de Salud. 2012. Pp. 4-13.
5. Español S. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. Minas de Almaden y Arrayanes S.A. Servicio prevención riesgos laborales. España. 2001. Pp. 1-41.
6. Morales I. Reyes R. Mercury and health in the dental practice. Pub. Med. 2003;37(2):266-272.
7. Barrancos J. Barrancos P. Operatoria Dental. Integración clínica. 4a edición. Buenos Aires, Argentina. Editorial Médica Panamericana. Pp. 747-752.
8. Cova N. Biomateriales Dentales. 2a edición. Caracas, Venezuela. Editorial Amolca. 2010. Pp. 303-315.
9. Roberson T. Arte y ciencia de la odontología conservadora. 5a edición. Madrid, España. Editorial Elsevier. 2007. Pp. 154-177.
10. http://www.actaodontologica.com/ediciones/2000/3/images/523/image_n1.gif
11. <http://www.worldwork.it/esp/images/stories/content/amalgama-odontologica.jpg>



12. Barceló F. Palma J. Materiales Dentales. Conocimientos básicos aplicados. 3a edición. México. Editorial Trillas. 2010. Pp. 127-137.
13. http://i00.i.aliimg.com/photo/v0/217119452/Dental_Amalgam_Alloy.jpg
14. Anusavice J. Ciencia de los materiales dentales. 11ª edición. Madrid, España. Editorial Elsevier. 2004. Pp. 495-541.
15. Craig R. Materiales de Odontología restauradora. 10a edición. Madrid España. Editorial Harcourt Brace. 2003. Pp 209-239.
16. Macchi R. Materiales Dentales. 4a edición. Buenos Aires, Argentina. Editorial Médica Panamericana. 2007. Pp 207-222.
17. <http://www.propdental.es/wp-content/uploads/2013/07/empaste-de-amalgama.jpg>
18. <http://www.iqb.es/diccio/t/tecnica.htm>
19. <http://dc182.4shared.com/doc/bNr6gzcn/preview.html>
20. http://www.sdpt.net/blanqueamiento/OpalCup_Finishing_Large.jpg
21. http://dentsply.com.mx/Image/image_productos/prod_consultorio/amalgloss.png
22. Ramírez A. Mercury occupational poisoning. An. Fac. med. v.69 n.1 2008: 46-51.
<http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000100010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1025-5583.
23. Warwick R., O'Connor A., Lamey B., Mercury vapour exposure during dental student training in amalgam removal. Jou. Occu. Med. Tox. 2013, 8:27.
24. Kametani C., Vicco F., Calixto C., Contaminação mercurial: risco ocupacional ao cirurgião-dentista, RSBO. v. 6, n. 4, 2009: 1984-5685: 430-434.
25. Understanding the Mercury Reduction Issue: The Impact of Mercury on the Environment and Human Health. CDA. Journal. 2004; 32: 574-579.



26. Rustagi N, Singh R. Mercury and health care. *Indian J Occup Environ Med* 2010;14:45-8.
27. Calencio J., Silva A., Segura S., Borghesan L., Magosso A., Exposição ocupacional por uso de mercúrio em odontologia: uma revisão bibliográfica. *Ciên. & Sa. Col.*, 13(2):533-542, 2008: 533-541.
28. Centro de prensa. El mercurio y la salud, OMS., nota descriptiva No. 361: 2013.
29. Glina M., Satut B., Andrade Esther M. A exposição ocupacional ao mercúrio metálico no módulo odontológico de uma unidade básica de saúde localizada na cidade de São Paulo. *Cad. Saúde Pública* [serial on the Internet]. 1997 Apr [cited 2014 Mar 31] ; 13(2): 257-267. Available from:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1997000200015&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1997000200015>.
30. Mutter J. Is dental amalgam safe for humans? The opinion of the scientific committee of the European Commission. *Indian J Occup Environ Med*. 2011: <http://www.occup-med.com/content/6/1/2>
31. Minervino C., Nishiyama P., Gasparetto A., Machinski M. Assessment of occupational exposure of dental professionals to mercury in dental offices of a public primary health care in Maringá, Paraná State, Brazil. *Ac. Scie. He. Scie.* v. 34, Special Edition, 2012: 233-238.
32. Homme K., Kern J., Haley B., Geier D., King P., Sykes L., Geier M., New science challenges old notion that mercury dental amalgam is safe. *Biometals*: 2013: 46-52.
33. Dutton D., Fyie K., Faris P, Brunel L., Herbert J. The association between amalgam dental surfaces and urinary mercury levels in a sample of Albertans, a prevalence study. *Indian J Occup Environ Med*. 8:22: 2013.