



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**POSIBLES EFECTOS TÓXICOS EN EL ORGANISMO POR
EL MERCURIO CONTENIDO EN LA AMALGAMA DENTAL**

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A :

SILVIA ALICIA ESPARZA RAMÍREZ

**DIRECTORA: CD. REBECA ACITORES ROMERO
ASESOR: CD EDUARDO ANDRADE RODRÍGUEZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Introducción	2
--------------	---

CAPÍTULO I. MERCURIO.

1. Propiedades y producción	3
2. Usos	4
3. Formas químicas y su toxicidad	5
4. Uso en Odontología	7
4.1 Consideraciones preliminares al uso del mercurio	8
4.2 Causas frecuentes de la contaminación mercurial	12
5. Concentración del mercurio	12
5.1 Mercurio en la orina	13
5.2 Mercurio en la sangre	13
6. Sintomatología por intoxicación	14
7. Tratamiento	16

CAPÍTULO II. AMALGAMA DENTAL.

1. Antecedentes Históricos	18
2. Concepto	19
3. Composición de la aleación	19
4. Aspectos biológicos	23
5. Fijación a la estructura dentaria y sellado marginal	24
6. Propiedades físicas	24
7. Cambio dimensional	25
8. Efecto de la contaminación con humedad	25
9. Resistencia	26
10. Estabilidad química	28
11. Importancia clínica del “creep” y la corrosión	

12. Cualidades clínicas de las amalgamas	28
13. Relación entre la composición y la supervivencia de las restauraciones de amalgama	30
14. Factores que afectan el éxito de las restauraciones de amalgama	30
14.1 Proporción mercurio-aleación	31
14.2 Dosificación	32
14.3 Trituración mecánica	33
14.4 Consistencia de la mezcla	35
14.5 Condensación	
14.5.1 Condensación manual	37
14.5.2 Presión de condensación	38
14.5.3 Condensación mecánica	38
14.6 Tallado y terminación	38
15. Reacciones a las amalgamas	39
15.1 Reacciones locales	40
15.2 Reacciones sistémicas	41

CAPÍTULO III. POSIBLES EFECTOS ADVERSOS EN EL ORGANISMO.

1. Mercurio en el organismo	43
2. Efectos en la cavidad oral	46
3. Efectos en el riñón	49
4. Efectos en el hígado	52
5. Efectos en el sistema nervioso central	52
6. Asociación con enfermedades degenerativas	54
7. Efectos en el sistema inmune	55
8. Efectos en el sistema cardiovascular	56
9. Efectos en el sistema respiratorio	57
10. Efectos en el sistema reproductivo	58

11. Límites permisibles	62
12. Consumo global	63
13. Manejo de desperdicios y sobrantes	64

CAPÍTULO IV. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA HIGIENE DEL MENEJO DE MERCURIO.

1. Consideraciones generales	65
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	70

INTRODUCCIÓN.

El personal odontológico, debe de utilizar perfectamente el Mercurio y la Amalgama Dental, y 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 el Mercurio es uno de sus principales componentes y es un elemento altamente tóxico. La exposición al Mercurio se puede presentar en cantidades negligibles, desde su preparación, manipulación y/o colocación, hasta y durante su vida funcional.

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. Sus formas orgánicas e inorgánicas del Mercurio son menos tóxicas y son absorbidas por vía cutánea, mucosa y digestiva.

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

Si no se tiene una adecuada higiene laboral, los valores límites permisibles del Mercurio sobrepasarán y se presentarán efectos tóxicos con sus característicos signos y síntomas que deberán ser reconocidos.

Se realizará una revisión bibliográfica para dar a conocer los posibles efectos tóxicos en el organismo que puede causar el Mercurio en la Amalgama Dental.

CAPÍTULO I. MERCURIO.

Propiedades y producción.

El mercurio es un elemento químico, de símbolo Hg (del latín *hydrargyrum*, que quiere decir “plata líquida”), es un metal que permanece en estado líquido a temperatura ambiente. Su número atómico es 80, y es uno de los elementos de transición del sistema periódico.

En otra época fue llamado “plata líquida o azogue”, siendo objeto de estudio de la alquimia. El químico francés Antoine Laurent de Lavoisier, lo identificó por primera vez como elemento durante sus investigaciones sobre la composición del aire.

A temperatura ordinaria, es un líquido brillante, denso de color plateado. Es ligeramente volátil a temperatura ambiente, y sometido a una presión de 7.640 atmósferas (5.800.000 mm Hg) se transforma en sólido. Se disuelve en ácido nítrico y en ácido sulfúrico concentrados, pero es resistente a los álcalis. Tiene un punto de fusión de 39 °C, un punto de ebullición de 357 °C y una densidad relativa de 13,5. Su masa atómica es 200,59.

Ocupa el lugar 67 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Se encuentra en estado puro o combinado con plata en pequeñas cantidades, pero es más frecuente encontrarlo en forma de sulfuro, como el cinabrio, la principal mena de mercurio. Para obtener el mercurio a partir del cinabrio se tuesta la mena al aire y los gases generados se hacen pasar a través de un sistema de condensación.¹

El mercurio está por encima del hidrógeno en la serie electroquímica, por lo que no se oxida por iones hidrógeno. Sin embargo, reacciona con ácido nítrico.⁴

El mercurio y sus sales se han venido utilizando en sus diferentes formas por siglos. En la Edad Media fue usado como tratamiento de la sífilis.²

En 1999, la producción mundial fue de unas 3.670 toneladas, siendo los principales países productores España, Rusia, Kirguizistán, China y Argelia.

Usos

Se utiliza en termómetros, en bombas de vacío, barómetros, interruptores y rectificadores eléctricos. Las lámparas de vapor de mercurio se utilizan como fuente de rayos ultravioleta en los hogares y para esterilizar agua.^{1, 17, 36} El vapor de mercurio se emplea en lugar del vapor de agua en las calderas de algunos motores de turbina. El mercurio se combina con todos los metales comunes¹⁷, excepto hierro y platino, formando aleaciones llamadas amalgamas que pueden ser líquidas o sólidas. Uno de los métodos de extracción del oro y la plata de sus menas consiste en combinarlos con mercurio, extrayendo luego el mercurio por destilación.¹

Entre los compuestos de relevancia comercial se encuentran, el sulfuro de mercurio, un antiséptico común también utilizado en pintura para obtener el color bermellón; el cloruro de mercurio, o calomelanos, antes empleado como

purgante; el cloruro de mercurio o sublimado corrosivo, y productos medicinales como el mercurocromo o merthiolate. ^{1,17}

Formas químicas y su toxicidad.

El mercurio es un elemento tóxico y su toxicidad varía según su naturaleza y si esta en combinación con otros elementos. Es tóxico porque los iones metálicos por sí mismos son tóxicos, pero al mismo tiempo es inerte.

En el pasado, se eliminaron toneladas incontables de metal de mercurio presente en los desechos industriales, vaciando simplemente tales desperdicios en lagos y ríos. Debido a que el mercurio es tóxico, muchas bacterias se protegen de su efecto mediante la conversión de dicho metal en iones de metilmercurio (CH_3Hg^+) y a dimetilmercurio gaseoso $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$. Estos compuestos orgánicos se pasan a lo largo de la cadena alimenticia (con modificaciones) a través de los peces a los humanos, donde los iones metilmercurio actúan como un veneno letal para el sistema nervioso. Entre 1953 y 1964, 116 personas de Minamata, Japón, se envenenaron al comer pescado que contenía compuestos de metilmercurio. ³

El consumo inadvertido de semillas que contienen metilo de mercurio fungicida también ha producido intoxicaciones epidémicas (10,000 casos en Irak). ⁶

El mercurio existe en tres formas químicas: mercurio elemental, mercurio inorgánico y mercurio orgánico, estas tres formas son tóxicas en sus diferentes tipos. ³¹ El mercurio elemental (Hg) es usado en instrumentos científicos, es absorbido como vapor, se puede quedar retenido en los pulmones produciendo neumonitis aguda ⁵ y es altamente tóxico. Estos vapores, se encuentran en estado monoatómico y son lipofílicos, se dirigen a las células cerebrales, donde es oxidado a Hg^{2+} , que es el que produce los efectos tóxicos en el Sistema Nervioso Central. El mercurio inorgánico ($\text{Hg}^+\text{Hg}^{2+}$) en sales mercuriales

cuando entra al organismo principalmente causa daño al riñón. Los compuestos de mercurio orgánico ($R\text{-Hg}^+$) son liposolubles y pueden ser absorbidos por organismos vivos y son más peligrosos que el mercurio inorgánico. Los principales órganos que afecta son el cerebro y el Sistema Nervioso Central. ² La vida media del mercurio orgánico es de 60 días, se excreta con la orina y se le puede hallar en uñas y pelo. ^{6, 17, 18, 35}

El mercurio deprime los mecanismos enzimáticos celulares mediante su combinación con los grupos sulfhidrilo (-SH); por esta razón las sales solubles del mercurio son tóxicas para todas las células. Las grandes concentraciones alcanzadas durante la excreción renal provocan lesión específica de los glomérulos y túbulos renales.

En fallecimientos por envenenamiento con mercurio, los hallazgos patológicos son la degeneración glomerular y tubular aguda o la glomerulonefritis hemorrágica. La mucosa del aparato digestivo presenta inflamación, congestión, coagulación y corrosión. ⁵

El aire saturado con mercurio a 20°C contiene alrededor de 15 mg/m³. A 40°C, el aire saturado contiene 68 mg/m³.

Los antisépticos orgánicos mercuriales como el acetomerocetol, merbromina, mercocresol, nitromersol, sales y ésteres fenilmercúricos, y timerosal (merthiolate) no es probable que causen envenenamiento agudo porque se absorben poco. ⁵

Uso en Odontología.

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, 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.

Durante la masticación se liberan cantidades pequeñas de mercurio. 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. Un pequeño porcentaje de personas son sensibles, y si un dermatólogo o un alergólogo corroboran dicha reacción habrá que buscar otro material que lo sustituya.

El mercurio puede absorberse por la piel o ser ingerido por la boca, pero el principal peligro para el personal odontológico proviene de la inhalación del vapor. El nivel máximo de exposición profesional es de 50 μg de Hg/m^3 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. ¹¹

Consideraciones preliminares al uso del mercurio.

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. 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.
8. 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. Se recomienda utilizar un aislamiento absoluto.
9. 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.

10. 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.⁷
11. No caliente el mercurio o la amalgama.⁸
12. Utilizar procedimientos convencionales para el manejo de la amalgama, ya sea manuales o mecánicos, pero no utilice condensadores ultrasónicos.
13. 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.¹⁶

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.

Concentración del Mercurio.

La Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ha establecido un valor umbral límite (VUL) de 0,05 mg/m³ como la cantidad máxima de vapor mercurial permisible en los lugares de trabajo.

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

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 $2,54 \text{ }\mu\text{g/l}$ 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 $4 \text{ }\mu\text{g/l}$ y vuelven a cero al cabo de una semana. 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 $500 \text{ }\mu\text{g/l}$, casi 170 veces los niveles máximos medidos tras la colocación de una amalgama.

Mercurio en la sangre.

El nivel máximo permitido de mercurio es de $3 \text{ }\mu\text{g/l}$. En diferentes estudios se ha comprobado que las restauraciones de amalgama recién colocadas elevan los niveles de mercurio en la sangre a $1\text{-}2 \text{ }\mu\text{g/l}$. 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.⁸

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.

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 cardíaca y anafilaxis. En niños, la administración repetida de calomelano en “polvos dentríficos” causó un síndrome conocido como polineuropatía eritematosa (acrodinia o “enfermedad rosada”). Los síntomas son fotofobia, anorexia, inquietud, estomatitis, dolores en piernas y brazos, palmas rosadas, oliguria y diarrea grave. Los síntomas pueden persistir semanas o meses.

En el envenenamiento crónico por inhalación de vapores o polvos de mercurio, o la absorción cutánea de mercurio durante un periodo largo, causa 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

Las características clínicas por una exposición crónica a bajos niveles de mercurio elemental u orgánico, incluye depresión, irritabilidad, amnesia, confusión y temblor (eretismo). El mercurio metílico es particularmente dañino para el SNC; provoca trastornos sensitivos, déficit visuales (incluso ceguera), hipoacusia, ataxia, diversos trastornos del movimiento y alteraciones cognitivas. Los efectos del mercurio metílico sobre el feto incluyen retardo mental y déficit neuromusculares.^{6,36}

La concentración más baja de metil mercurio en sangre relacionada con síntomas identificables es de 0.2 µg/ml. Se ha establecido una concentración sanguínea estándar provisional que no exceda de 0.1 µg/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 µg/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

Tratamiento.

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. ⁶ Evitar nuevas exposiciones, tratar la oliguria y mantener la nutrición por vía IV o alimentación bucal. ⁵ 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. ⁶

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.⁵

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

A los niños se les debe evitar la administración de mercurio en cualquier forma.

CAPÍTULO II. AMALGAMA DENTAL.

Antecedentes Históricos.

La amalgama dental se usaba en Francia y en EE.UU. desde 1833.

Flagg, en 1881, fue el primero que comenzó a utilizar una aleación de plata con estaño mezclándola con mercurio. En 1885-1886, Black, 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.



Restauración con amalgama

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. Estas especificaciones estuvieron vigentes hasta la década del '70, cuando surgen en el mercado odontológico aleaciones con una composición diferente, de un mayor contenido relativo 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.¹⁴

Concepto.

La amalgama es un material para restauraciones de inserción plástica, lo que significa que es trabajada a partir de la mezcla de un polvo con un líquido.¹³

La amalgama dental es una aleación de varios metales pulverizados (plata, estaño, cobre y algunas veces zinc) con mercurio.^{14,17} La masa plástica obtenida se coloca en una preparación convenientemente realizada en un diente y, dentro de ella, adquiere estado sólido o de cristalización.¹³

La denominada “amalgama de plata” se emplea como material restaurador en odontología desde hace más de 150 años¹⁷, y a pesar de su antigüedad, todavía sigue siendo objeto de estudio y un material de elección en diversas situaciones que requieren prestación profesional.¹³ Es un material seguro, estable y económico.¹⁷

Composición de la aleación.

La especificación n. °1 de la American National Standards Institute (ANSI)/American Dental Association (ADA) exige que las aleaciones para amalgamas estén formadas fundamentalmente por plata y estaño. Se admiten cantidades no especificadas de otros elementos (cobre, zinc, oro y mercurio) en

concentraciones menores. Las aleaciones que contienen una concentración mayor de 0.01% de zinc se denominan *aleaciones con contenido de zinc* para amalgama dental, y en una cantidad igual o menos al 0.01% reciben el nombre de *aleaciones sin contenido de zinc*.

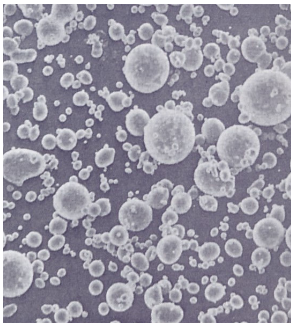
En la actualidad es poco frecuente emplear las aleaciones de plata estaño (con bajo contenido en cobre) propuestas por Black. Sin embargo, la mezcla de plata estaño es todavía importante para la amalgama, ya que el polvo de la aleación plata-estaño constituye la parte principal de los polvos de muchas aleaciones con alto contenido de cobre.

Antes que las aleaciones se combinen con el mercurio, estos polvos se conocen como aleaciones para amalgama dental.¹⁵

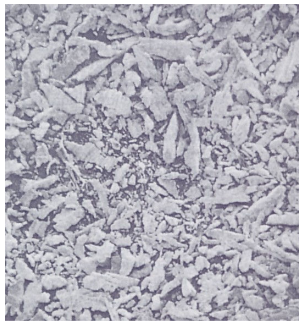
El polvo, debe contener un metal que se incorpore fácilmente al mercurio y que forme con éste fases sólidas a temperatura ambiente (a temperatura bucal). La plata es un metal que satisface estos requisitos y por eso no es extraño que la historia de la amalgama dental haya comenzado con la llamada “pasta de plata”, que se obtenía mezclando partículas de plata, logradas a partir del limado de monedas de plata, con mercurio. La plata debe ser combinada con algún metal que forme aleación con ella y que también se incorpore en el mercurio y forme fases sólidas a temperatura ambiente. El estaño cumple con estos requisitos, ya que es rígido (elevado módulo de elasticidad) y confiere rigidez al producto final. Por lo tanto la composición del polvo a mezclar con el mercurio es una aleación del tipo compuesto intermetálico, de plata y estaño identificada como fase gama.¹³

El polvo se puede generar mediante la trituración o el cortado a torno de un lingote colado de la aleación de amalgama obteniendo partículas de formas irregulares.¹⁵ Por otro procedimiento definido como vaporización (spray) se obtienen partículas aproximadamente de forma esférica.¹³ La mezcla de polvo

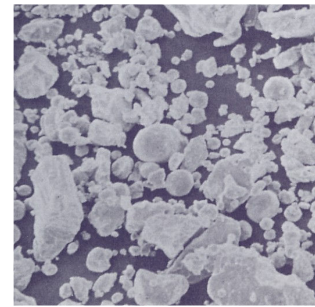
torneado y polvo esférico (fase dispersa), tienden a tener una mayor resistencia a la condensación que las amalgamas elaboradas por completo con polvo esférico. Las amalgamas de polvo esférico son muy plásticas, por lo que no se puede confiar en la presión de la condensación para asegurar un contorno proximal. Las aleaciones esféricas requieren menos mercurio.



Partículas esféricas



Partículas irregulares



Mezcla de ambas partículas ¹⁵

El fabricante controla la dimensión máxima de las partículas, el tamaño medio de las partículas de los polvos actuales se ubica entre 15 y 35 μm . Las partículas muy pequeñas (menores de 3 μm) aumentan de manera notable el área de superficie por unidad de volumen de polvo. Un polvo que contenga partículas minúsculas requerirá de mayor cantidad de mercurio para formar una amalgama aceptable.

La tendencia actual en la técnica de la amalgama favorece el empleo de las partículas pequeñas que producen una cristalización más rápida de la amalgama así como una mayor resistencia inicial. ¹⁵

La composición de las aleaciones para amalgama quedó centrada en el uso de alrededor 65-70% en peso de plata y del 26-28% en peso de estaño. Sólo se

incorporaba una cantidad relativamente pequeña de cobre (alrededor del 3 al 5%) para obtener propiedades mecánicas finales (resistencia) más elevadas y, en ocasiones, un pequeño porcentaje de zinc (alrededor del 1%) para facilitar la fabricación de la aleación y su posterior manipulación. ¹³

El uso de zinc en la aleación de amalgama es controversial. Dicho elemento rara vez se presenta en una aleación en cantidades mayores al 1% en peso. Las aleaciones sin zinc son quebradizas y la amalgama resultante es menos plástica durante la condensación y modelado. La función principal del zinc es actuar como antioxidante. Actúa como limpiador durante la fase de fusión, ya que se une con oxígeno y evita la formación de óxidos. Desafortunadamente el zinc produce una expansión anormal de la amalgama a lo largo del tiempo como consecuencia de la incorporación de agua durante la condensación. ¹⁵

Estas aleaciones que hoy suelen denominarse “convencionales”, casi han sido reemplazadas por otras en las que, además de plata y estaño, se encuentra una proporción significativamente mayor de cobre (más del 13% y hasta el 28-29% en peso), las cuales se conocen como “aleaciones para amalgamas con alto contenido de cobre”.

Ese tercer elemento de importancia en la composición se incorpora pero sin interferir en la formación de la fase gama. La “aleación para amalgama de fase dispersa” está constituida por dos tercios de aleación convencional “partículas irregulares” y un tercio de polvo “de partículas esferoidales”. La “aleación para amalgama con alto contenido de cobre de composición única” se prepara con una sola aleación con un contenido de cobre elevado.

La fase gama original (Ag_3Sn), se identifica como fase gama-1 (plata y mercurio) y la fase gama-2 (estaño y mercurio). La fase gama-1 contiene algo de estaño, lo que le brinda mayor estabilidad.

Con el tiempo, y al estar la amalgama en el medio bucal (37 °C), se produce una nueva transformación ya que la fase gama-1 no es totalmente estable en esas condiciones.

Otra fase denominada beta-1, tiene menor cantidad de mercurio y mayor contenido de estaño (su composición más probable consiste en plata 45%, estaño 8% y mercurio 47%). Esta fase beta-1 usa menos mercurio que la fase gama-1, quedando libre, parte de este metal líquido.

Aspectos biológicos.

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 es incorporado a través de la piel.

Aunque la transformación de la fase gama-1 a temperatura bucal produce la liberación de mercurio, 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.

La producción y la manipulación de mercurio pueden generar contaminación ambiental. Ésta también puede producirse por la eliminación de restos de amalgama y al tratar por cremación cadáveres humanos con restauraciones de amalgama.

Ante el temor a los efectos ecológicos generalizados motivados por el empleo de mercurio en algunos países se han aprobado leyes que prohíben el uso de amalgamas en el trabajo odontológico.

Fijación a la estructura dentaria y sellado marginal.

Dada la elevada tensión superficial de un líquido metálico, el mercurio, no es posible pretender que la amalgama sea un alicante a nivel microscópico o químico por si sola. Por lo tanto, su empleo requiere una preparación cavitaria con formas de retención que aseguren la permanencia de la restauración en posición.

La filtración marginal es detectable una vez colocadas las amalgamas directamente contra la estructura dentaria. Esta filtración posibilita la oxidación y la formación de productos de la reacción de los componentes de la amalgama con los iones provenientes del medio bucal. Esto determina que la interfase rechace el agua y que en la restauración de amalgama la posibilidad de filtración marginal disminuya con el tiempo. Con esto en cierto sentido una restauración de 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 servicio en la boca, que en otras recientes.

La filtración marginal inicial puede reducirse recubriendo la pared cavitaria con un sistema adhesivo utilizando barnices constituidos por resina copal disuelta en solventes volátiles.

Propiedades físicas.

La amalgama es óptimamente opaca y buena conductora térmica y eléctrica, y debido a esta última propiedad, es necesaria la protección del órgano dentinopulpar con materiales aislantes antes de proceder a la colocación de la amalgama.

Tiene una ligera contracción (a veces ligera expansión) que se produce durante su cristalización. ¹³

Cambio dimensional.

Las amalgamas se expanden o se contraen según su manipulación, el cambio es muy pequeño. Una contracción alta favorece la microfiltración, el acúmulo de placa y la caries secundaria. Una expansión excesiva puede provocar fisuras o micro fracturas en esmalte, presión en la pulpa y sensibilidad postoperatoria.

El cambio dimensional de la amalgama depende de la magnitud de la compresión durante la cristalización. La especificación n.º 1 de la ANSI/ADA exige que la amalgama no se debe contraer ni expandir en más de 20 $\mu\text{m}/\text{cm}$, medido a 37°C entre los 5 minutos y 24 horas después del comienzo de la trituración.

Si hay suficiente mercurio en la mezcla cuando el cambio dimensional comienza, entonces es cuando se puede observar la expansión. Cuando hay menos mercurio en la mezcla y se ejercen presiones mayores de condensación, favorecen la contracción. También los procedimientos de manipulación que favorecen la cristalización y el consumo de mercurio, un periodo más prolongado de trituración y el uso de aleación con partículas pequeñas, favorecen la contracción.

Efecto de la contaminación con humedad.

Cuando una amalgama que contiene zinc y es de bajo o alto contenido de cobre, se contamina con humedad durante su trituración o condensación se puede producir una expansión que comienza después de 3 o 5 días y continúa a lo largo de meses, alcanzando valores superiores a 400 μm (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.

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.¹⁵

Resistencia.

Las aleaciones de amalgama tienen una elevada rigidez (alto módulo de elasticidad), elevada resistencia compresiva aunque no tan elevada proporcionalmente, resistencia fraccional y flexural, y escasa capacidad de deformación permanente (fragilidad).¹³

La resistencia a la compresión de las amalgamas con alto contenido en cobre es generalmente mayor que las amalgamas con poco cobre. 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), y con la subtrituración. Por lo tanto, las porosidades son mayores y la resistencia menor.

Las amalgamas no alcanzan una resistencia con tanta rapidez como sería deseable. Por ejemplo, al cabo de 20 minutos, la resistencia a la compresión

llega a ser de un 6% de la que se alcanza al cabo de una semana. 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.¹⁵

Tiene un comportamiento viscoelástico a temperaturas próximas a las de su fusión (más de tres cuartas partes de la temperatura de fusión en grados absolutos). Este comportamiento se manifiesta con una deformación permanente cuando la estructura es sometida a tensiones pequeñas durante lapsos relativamente prolongados. Este fenómeno se conoce con el nombre de “creep” y en la amalgama se produce porque la fase gama-1 funde a 127°C (400°K) y en consecuencia a 37°C (310°K) está en condiciones de experimentar creep.

El “creep” es notorio en las amalgamas “convencionales”. En las amalgamas “con alto contenido de cobre” la presencia de la fase de cobre y estaño limita esa posibilidad de deformación permanente y en ellas el “creep” es menor.

Estabilidad química.

La presencia de fases metálicas en un medio como el bucal crea la posibilidad de que se produzcan procesos de corrosión química y galvánica con disolución de esas fases. Esto es notorio en la fase gama-2 en medio acuoso con iones disueltos, esta fase se disocia con formación de compuestos iónicos de estaño

y liberación de mercurio. Este fenómeno no resulta significativo en las amalgamas con alto contenido de cobre.

Por consiguiente, una diferencia entre los dos tipos de amalgama es la mayor estabilidad química (menor corrosión) en aquellas sin fase gama-2.

Importancia clínica del “creep” y la corrosión.

Las reacciones asociadas con la corrosión de la fase gama-2 producen fuerzas sobre la estructura de la amalgama. Estas fuerzas son débiles pero constantes y, por ende, pueden producir “creep”.

Esa posibilidad de “creep” existe en las amalgamas “convencionales”, la restauración se deforma al corroerse y se separan de la estructura dental, produciéndose una desadaptación marginal y una fractura de los márgenes cuando la amalgama está en zona de oclusión.

Por estos motivos, se prefieren las aleaciones para amalgama “con alto contenido de cobre”, las que prácticamente han desplazado a las “convencionales”.¹³

Cualidades clínicas de las amalgamas.

Tienen una tendencia a reducir al mínimo la filtración marginal. La amalgama sólo permite una adaptación razonable estrecha a la preparación cavitaria, por tal motivo se deben emplear barnices para reducir la filtración.

La pequeña filtración por debajo de las restauraciones de amalgama es única. Si la restauración está convenientemente colocada, la filtración disminuirá a medida que la restauración envejece en boca. Esto ocurre por los productos de corrosión que se forman en la interfase entre el diente y la restauración, que provocan el sellado de la interfase y evitan la filtración.

Tanto las amalgamas convencionales como las modernas ricas en cobre comparten la capacidad del sellado marginal. Sin embargo, los productos de corrosión se acumulan con mayor lentitud en las aleaciones con alto contenido en cobre.

Muchas restauraciones con amalgama se deben reemplazar a causa de caries secundarias, fracturas evidentes, márgenes fracturados o con surcos, así como la pigmentación y corrosión exageradas.

Existen diversos factores que determinan la duración de la amalgama: el material, la habilidad del dentista y del auxiliar, y el entorno del paciente. A medida que pasa el tiempo, la diferencia en la dinámica del medio oral en cada paciente determina la variabilidad del deterioro, en particular la presencia del desgaste marginal. Los cambios que se producen en la estructura de la amalgama durante su uso clínico pueden ser la pigmentación y la corrosión.

A menudo las restauraciones de amalgama se corroen y pigmentan. El grado de pigmentación y de decoloración depende del ambiente oral individual y, hasta cierto punto de la aleación que se haya empleado. Hay estudios electroquímicos que señalan que el proceso de pigmentación presenta un efecto de pasivación que evita una mayor corrosión.

Siempre que se coloca una restauración de oro a lado de una restauración de amalgama, se debe esperar una corrosión de la amalgama. Este proceso de corrosión puede liberar mercurio, que contamina y debilita la restauración de oro. En ocasiones también se puede producir galvanismo.

Una amalgama rica en cobre es un cátodo para una amalgama convencional y si se colocan en la misma boca restauraciones de amalgama con alto contenido en cobre con las amalgamas tradicionales, se puede correr el riesgo de acelerar la corrosión y el fracaso de las últimas.

Relación entre la composición y la supervivencia de las restauraciones de amalgama.

Las amalgamas modernas con alto contenido en cobre y con zinc presentan la máxima supervivencia de todas, cercana al 90% al cabo de 12 años. Las amalgamas ricas en cobre, pero sin zinc, son las siguientes con un 80%. El siguiente mejor grupo son las de bajo contenido en cobre con zinc y el peor de los grupos son las de bajo contenido de cobre que no tienen zinc.

Factores que afectan el éxito de las restauraciones de amalgama.

Existen pocos materiales alternativos a las amalgamas dentales que sean tan insensibles a la técnica como éstas. La alternativa más atractiva son las resinas compuestas. Sin embargo, en comparación con éstas, las amalgamas son menos sensibles a la técnica, tienen mayor longevidad, presentan una mayor radiopacidad, se distinguen fácilmente de la estructura dentaria y tienen la capacidad de sellar el espacio marginal a lo largo del tiempo. En comparación con las amalgamas, las resinas compuestas son estéticas, más caras, requieren un mayor tiempo para su colocación, se pueden colocar sin necesidad de quitar mucho tejido dentario, son buenos aislantes térmicos y no provocan efectos galvánicos.

Una aleación moderna para amalgama dental se debe de manipular de tal manera que la restauración dure una media de 12-15 años. Aproximadamente el 90% de las amalgamas se mantienen funcionales al cabo de 10 años. La preparación de la cavidad se debe diseñar de forma correcta y la amalgama se debe de manipular de forma que no exista ninguna parte de la restauración en zonas de gran tensión.

La aleación se puede suministrar en forma de polvo, tableta o una dosis predosificada junto con mercurio en cápsulas desechables. Para las dos

primeras formas, el mercurio se debe obtener gracias a un dispensador de mercurio.

Sólo existe un requisito que se deba exigir al mercurio dental: su pureza. Los elementos contaminantes más usuales, como el arsénico, provocan daño pulpar.

La designación U.S.P (United States Pharmacopoeia) garantiza la pureza satisfactoria del mercurio sin contaminación superficial y menos de 0.02% de residuos no volátiles. Este requisito forma parte de la especificación n.º 6 de la ANSI/ADA para el mercurio dental.

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 en 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.

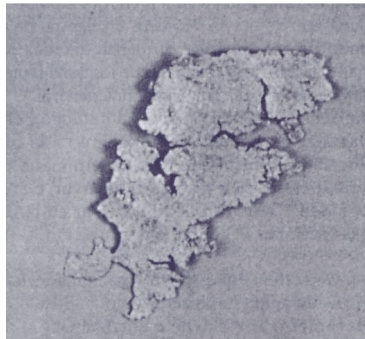
Las aleaciones actuales se han diseñado para ser manipuladas con una proporción baja llamada *técnica de mercurio mínimo* o *técnica de Eames*.

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 emplearan 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.



Mezcla de amalgama seca y granulosa. ¹⁵

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.

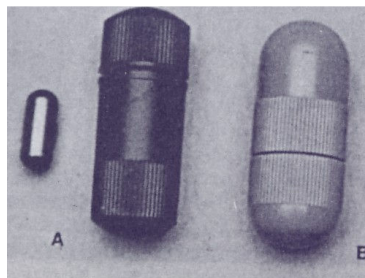
En la actualidad se usan con mucha frecuencia las cápsulas desechables que contienen alícuotas predosificadas de mercurio y aleación. Incluyen aleación en forma de tabletas, o polvo previamente pesado, con una cantidad apropiada de mercurio.

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.

Trituración mecánica.

Originalmente, la aleación y el mercurio se mezclaban o trituraban manualmente en un mortero y un pistilo. Sin embargo, hoy en día la amalgamación mecánica ahorra tiempo y estandariza el procedimiento.

Hay una variedad de 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.

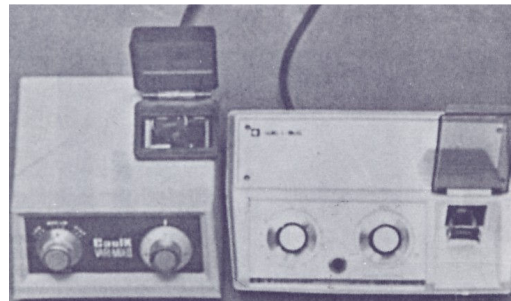


Cápsulas y pistilos. ¹⁵

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 trituration.

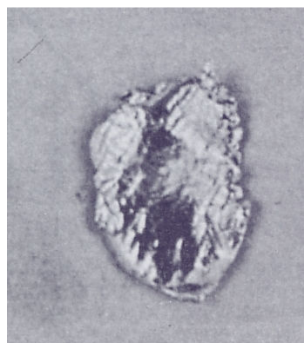


Vibradores de amalgama. ¹⁵

La cápsula reutilizable debe estar limpia y sin residuos anteriores.

Consistencia de la mezcla.

Siempre que se utilice la cantidad apropiada de aleación y mercurio, y se trituren en el vibrador de amalgama, y con la misma medición de tiempo, se obtendrá una mezcla apropiada y homogénea.



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 matriz (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 la amalgama rica en 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 mientras se realiza la condensación.

Se debe realizar la condensación en cuatro paredes y un piso. Una o más paredes pueden ser una hoja delgada de acero inoxidable en forma de banda denominada *matriz*. La condensación se puede efectuar con instrumentos mecánicos o manuales.

Condensación manual.

La mezcla de amalgama nunca se debe tocar con las manos desnudas, debido que la mezcla reciente contiene mercurio libre. Además, la superficie cutánea es una fuente de contaminación para la amalgama.

Los incrementos de aleación han de transportarse hacia la cavidad preparada y colocarse en ella mediante instrumentos manuales como el portaamalgamas.

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. Al recortar la restauración se retira cualquier material rico en mercurio presente en la superficie del último incremento, el cual constituye la sobreobturación.

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

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.

Una de las ventajas de las aleaciones esféricas es que las propiedades de resistencia tienden a ser menos sensibles a la presión de condensación.

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

Condensación mecánica.

Los procedimientos y principios de la condensación mecánica son iguales a los de la condensación manual, la única diferencia es que se realiza con un dispositivo automático mediante una vibración rápida. Se requiere menos energía que la condensación manual y por lo tanto la operación es más fatigosa para el dentista. Los resultados clínicos de la condensación manual y mecánica son similares.

Tallado y terminación.

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.

Tras el tallado, es preciso bruñir minuciosamente la anatomía oclusal mediante un instrumento de bola. El bruñido final se obtiene frotando la superficie con una copa de goma y pasta de profilaxis o 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.

El pulido final se tiene que realizar por lo menos 24 horas después de la condensación.¹⁵

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. Este tipo de respuestas

suelen remitir al retirar la amalgama. Ningún estudio científico serio, ha demostrado que las amalgamas dentales produzcan efectos perjudiciales.⁸

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 en las amalgamas dentales. 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.¹⁵

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.⁸

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.

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. 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.

Reacciones sistémicas.

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 1,5-3 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.

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.⁸

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 esta muy por debajo del rango de los valores establecidos como seguros.

El valor máximo de la exposición ocupacional considerada como segura es de 50 μm de Hg/m^3 de aire y día. 15

CAPÍTULO III. POSIBLES EFECTOS ADVERSOS EN EL ORGANISMO

Mercurio en el Organismo.

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.^{17,25}

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.¹⁷

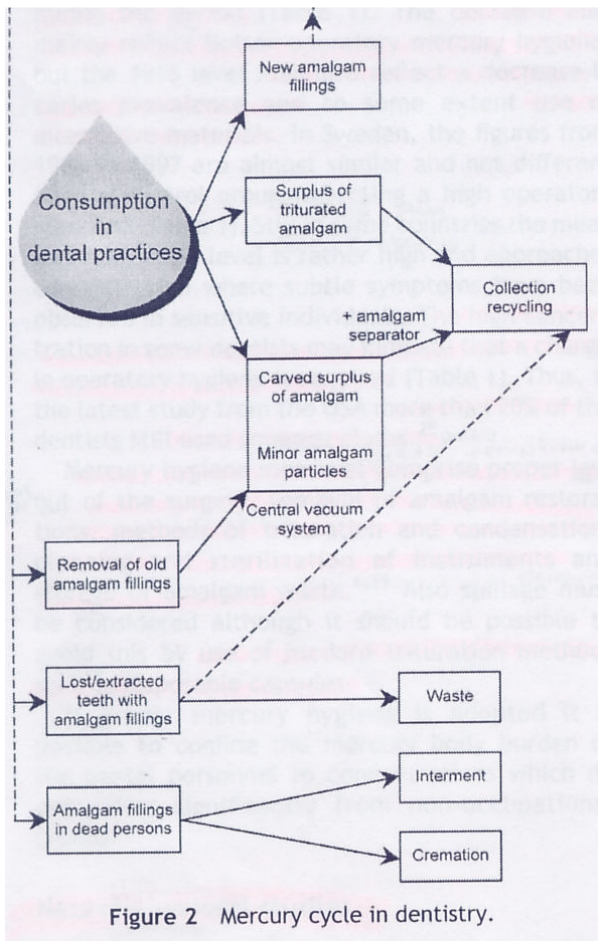
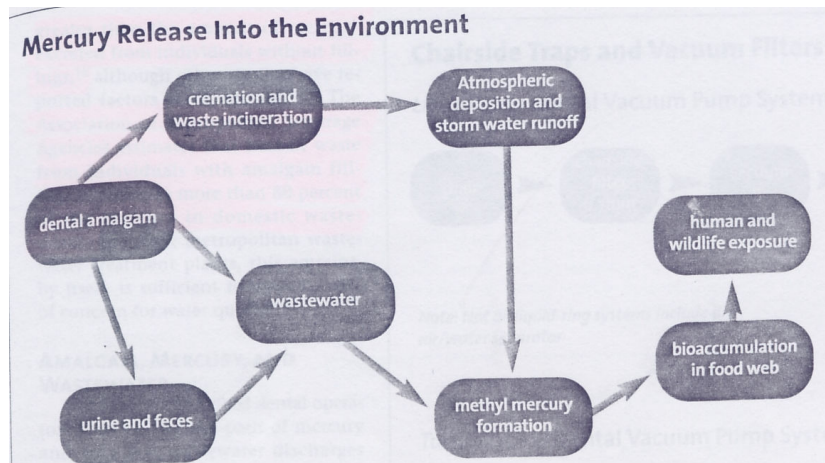


Figure 2 Mercury cycle in dentistry.

Ciclo del mercurio en el consultorio dental. ²⁰



Mercurio en el ambiente. ⁴⁵

En 1970 se descubrió que las amalgamas dentales emiten vapores de mercurio dentro de la cavidad oral en concentraciones que son más altas que las seguras por la guía ocupacional de salud.^{18,25}

El vapor del mercurio es un gas monoatómico que se evapora del mercurio.

Las amalgamas dentales emiten vapores de mercurio que puede ser potencialmente inhalado y absorbido dentro del flujo sanguíneo. Los dentistas deben estar concientes sobre su propia exposición y la posibilidad de causar problemas al ambiente^{17, 18, 20, 25, 26, 29,41} y todos aquellos con restauraciones de amalgama están expuestos a esta forma de mercurio.

La toxicología mayor del mercurio concierne por 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^{17, 18,36}, ya que el mercurio es acumulado en la cadena alimenticia y es transformado a MeHg, que es la forma más tóxica.²⁰ La exposición al etilmercurio es a través del timerosal, un preservativo usado en vacunas.^{17, 18, 31,36}

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.¹⁷

Las amalgamas dentales son la principal causa de exposición a bajos niveles de vapor de mercurio para la población en general.^{17, 18, 30.} No es conocido cuanto vapor es absorbido por el cuerpo o es respirado. Las concentraciones de mercurio en cerebro, sangre y orina son proporcionales al número de restauraciones con amalgama.^{17, 18, 34,35}

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. ^{20,36}

Efectos en la cavidad oral.

Los iones y vapores de mercurio entran por transporte directo de la cavidad oro-nasal al cerebro, y dentro de la cavidad dental puede pasar dentro de la pulpa, esto no ocurre si se usa un forro cavitario en la dentina como base. ³⁸

En el ambiente oral, el mercurio es amalgamado con otros metales y se hace inerte. ^{17, 34} Con la masticación es posible que el vapor de mercurio circule, pero la cantidad es mil veces más baja que la cantidad considerada segura. Algunos expertos calculan que se necesitan 500 amalgamas para enfrentar algún efecto tóxico por el vapor de mercurio. ¹⁷

Investigaciones de la Universidad de Calgary, mostraron que los pacientes con restauraciones de amalgama tienen un promedio de concentración de mercurio intraoral de $4.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ antes de masticar y el promedio incrementa a $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ después de masticar chicle. A pesar de esto, las amalgamas liberan cantidades pequeñas de mercurio, pero no son consideradas peligrosas para el paciente. ^{21,41}

A través de la membrana mucosa y encía, también se absorbe el mercurio y se pueden presentar los llamados “tatuajes de amalgama”. ³⁸

En un estudio de la Universidad de Calgary y de la Universidad de Georgia, se reportó una alta prevalencia de resistencia microbiana de la flora oral e intestinal a bajas concentraciones de mercurio. ^{37, 41} A pesar de esto, no hay evidencias científicas que soporten que el mercurio de la amalgama dental cause resistencia antibiótica en humanos. ⁴¹

Se realizó un estudio, con 187 pacientes del Centro de Cuidados a la Salud de la Universidad de Turku. El grupo NAR de 56 pacientes tenía un periodo de 390 días de haber removido todas sus amalgamas; el grupo NA de 43 pacientes nunca habían estado expuestos a restauraciones con amalgamas, y el Grupo A de 88 pacientes, tenían varias restauraciones con amalgamas. Se colectaron 5 ml de saliva estimulada con parafina de cada paciente. En los resultados, se encontraron concentraciones más altas de mercurio en la saliva del grupo A, que en la de los otros grupos.

El promedio de mercurio en saliva de los grupos NAR y NA fue de 7.5 nmol/l y el del grupo A fue de 174 nmol/l, 23 veces más alto que los otros dos grupos.

Hubo una asociación entre el mercurio en saliva y el número de amalgamas. 250 nmol/l de mercurio en saliva es el límite considerado seguro, no es tóxico a los humanos.³⁷

Las restauraciones con amalgama liberan micropartículas y sus productos de corrosión, en forma de iones de mercurio, que se combinan con la saliva y con los vapores de mercurio, el mercurio liberado es deglutido y del 10 al 20% es absorbido por el tracto gastrointestinal y el resto es excretado por las heces.³⁸

A pesar de la información que soporta el uso de la amalgama dental, muchos abogan porque sean reemplazadas por materiales alternativos. Esto aproxima a grandes riesgos de salud por la elevación temporal de mercurio, el riesgo endodóntico asociado con procesos prematuros de restauración y la longevidad no clara de ciertas categorías de materiales de restauración.¹⁷

Efectos en el riñón.

El mercurio puede acumularse en muchos órganos, pero sus órganos blancos son el riñón y el cerebro.^{25, 26, 28, 35, 41.}

El túbulo proximal es el sitio donde inicia la toxicidad.³⁵ En casos extremos hay cambios reversibles en el riñón.¹⁷

La concentración de mercurio en riñón de neonatales incrementa con el número de amalgamas que presenta la madre.²¹

Una concentración de 1–5 µg Hg/l en orina es considerada dentro del rango normal para grupos no ocupacionales. El nivel para una intoxicación crónica es variable dependiendo de la sensibilidad de las personas y puede ser a concentraciones arriba de 25–50 µg Hg/l en orina.²⁰

Estimaciones indican que 10 amalgamas pueden elevar la concentración urinaria por 1 µg de mercurio por litro, el doble de las concentraciones ambientales normales. Una masticación dura y prolongada, por ejemplo el uso de chicle de nicotina puede elevar las concentraciones urinarias cerca de los límites ocupacionales de salud recomendados.^{17, 18, 21, 35} Una exposición ocupacional asociada con amalgama dental puede resultar un incremento en un 10 a 25 de elevación de mercurio en la orina.¹⁷

Los niveles de mercurio en orina en el personal dental han sido determinados por muchos años.²⁰

La disminución se puede ver reflejada en un mejor manejo del mercurio y una buena higiene y el uso de cápsulas predosificadas, pero también en la reducción de prevalencia de caries y la sustitución por otros materiales alternativos. En un estudio de los Estados Unidos, más del 20% de dentistas todavía usan paños para comprimir la amalgama. ²⁰

La administración de un agente quelante (DMPS) en una clínica ginecológica elevó la concentración de mercurio en orina a 100 µg/g creatinina en 25% de las mujeres infértiles. ²¹

En años recientes la terapia quelante incrementa los niveles de mercurio en la orina actuando como un agente desintoxicante de mercurio. ^{25,30}

En el Centro de Urología y Nefrología de Egipto, se realizó un estudio para evaluar el riesgo nefrotóxico del mercurio en restauraciones dentales; en 101 adultos sanos, los cuales 49 presentaban restauraciones con amalgama dental y 52 no. El mercurio fue determinado en sangre, orina, cabello y uñas para valorar su exposición.

La excreción urinaria de B2-microglobulina (B2M), N-acetil-B-D-glucosaminidasa (NAG), glutamiltransferasa (GT) y fosfatasa alcalina (ALP) fueron indicadores para determinar daño tubular. La albuminuria fue un indicador temprano de disfunción glomerular. La creatinina en suero, la B2M y urea en sangre (BUN) fueron indicadores para determinar filtración glomerular.

En los resultados, los niveles de mercurio en sangre y orina fueron significativamente altos en personas con amalgamas dentales que en las que no presentaban. Estos niveles en orina y sangre fueron relacionados con el número de amalgamas. La excreción urinaria de NAG, GT y albúmina fue

significativamente alta en personas con amalgamas dentales que en las que no presentaban. La albuminuria se relacionó con el mercurio en sangre y orina.³⁵

Un grupo de la Universidad de Calgary, encontró altos niveles de mercurio en varios tejidos del cuerpo 29 días después de haber colocado 12 restauraciones de amalgama en ovejas. Se encontró daño en la función del riñón.

A pesar de esto, no hay evidencias científicas que demuestren que el mercurio de la amalgama dental cause daño renal.⁴¹

Efectos en el hígado.

El mercurio encontrado en el hígado de neonatales es asociado al número de amalgamas de la madre, de 2 – 10 restauraciones con amalgama.²¹

Efectos en el sistema nervioso central.

Ligeros cambios cognitivos y pérdida de la memoria pueden ocurrir y ser reversibles.^{17,18}

El cerebro fetal es más sensible al mercurio que el cerebro de un adulto.^{21,36} La exposición a organomercuriales puede causar daño cerebral y microcefalia.²¹

Los niños son más sensibles al mercurio por 4 factores: 1) El vapor de mercurio también se encuentra a nivel del piso y es donde los niños juegan, 2) La barrera cerebral de los niños es menos capaz de sacar el mercurio del cerebro, 3) El tipo de respiración de los niños es más profunda y rápida que la de los adultos, por lo tanto, los niños inhalan más mercurio y 4) El Sistema Nervioso de los niños aún se está desarrollando.²⁷

El sistema de barreras cerebrales protege al SNC contra insultos químicos, por diferentes mecanismos. Las moléculas de metales tóxicos pueden pasar estos mecanismos o ser secuestradas ahí, y después deterioran estas barreras ocasionando daños neurológicos.^{39, 40}

Una exposición crónica de un mes o más a bajos niveles de vapor de mercurio puede causar daños en el Sistema Nervioso. Los síntomas neurológicos son: disminución de la conducción del impulso nervioso, disminución de habilidades motoras (coordinación de manos, dedos y ojos), irritabilidad, una concentración pobre, timidez, temblor (inicialmente en las manos y algunas veces se extiende a otras partes del cuerpo) incoordinación (dificultad para caminar) y pérdida de la memoria. Los efectos en las habilidades motoras son reversibles, pero la pérdida de la memoria puede ser permanente.^{27,28} En un estudio de personal de clínicas dentales de Turkia, se evaluaron los posibles efectos adversos en el SNC. Se evaluó al grupo de dentistas y al grupo control con tests neurológicos, y concentraciones de mercurio en orina y sangre, resultando que en el grupo de dentistas se mostraron altas concentraciones de mercurio en sangre y orina y en el grupo control no hubo un incremento. El grupo de dentistas tuvo el puntaje más bajo que el grupo control en el test de aprendizaje y memoria y en los puntos de Ansiedad y Psicotismo.²⁸

Dentistas y asistentes dentales presentan una deficiencia en su función motora y cognitiva en relación con el número de amalgamas y la concentración de mercurio en orina.³²

En otro estudio, con 507 niños de la comunidad de Clínicas Dentales de Boston y Farmington, se evaluaron los efectos que causan las amalgamas dentales, en el comportamiento neuronal; a 253 niños se le colocaron restauraciones con amalgama y a 254 niños se le colocaron resinas. Este estudio duró 7 años, de 1997 al 2005; los niños eran monitoreados cada 6 meses. En los resultados se vieron afectados: la memoria, atención/concentración y la visión motora; en los

niños con amalgamas se mostró una diferencia significativa en la velocidad de la conducción nerviosa comparados con los niños que tenían resinas.³⁴

Asociación con enfermedades degenerativas.

En algunos estudios se ha especulado que la exposición a bajas concentraciones de vapor de mercurio pueden causar o contribuir al desarrollo de enfermedades degenerativas como: Esclerosis Lateral Amiotrófica, Enfermedad de Alzheimer, Esclerosis Múltiple^{17, 18, 25, 30, 31,32} y Enfermedad de Parkinson. Muchas de estas especulaciones han sido más intensas con respecto a la enfermedad de Alzheimer. Se reportó que los cerebros de pacientes con enfermedad de Alzheimer tienen concentraciones elevadas de mercurio.^{17,18} Wenstrup, reportó que en las autopsias de cerebros de pacientes que tenían Alzheimer había altos niveles de mercurio y citó que la posible causa eran las restauraciones con amalgama que presentaban estos pacientes.⁴¹ Sin embargo, diversas investigaciones epidemiológicas han fallado para comprobar evidencias para esta asociación.^{17,18}

A pesar de esto, estudios in Vitro han indicado que el mercurio puede afectar procesos bioquímicos que se cree están involucrados en la enfermedad de Alzheimer. El problema es que el mercurio puede inhibir varios procesos bioquímicos in Vitro sin tener el mismo efecto in vivo.¹⁸

En un estudio de las Universidades de Calgary y de Kentucky, expusieron a ratas a altas concentraciones de vapor de mercurio 4 horas al día, por 28 días. Algunas de estas ratas mostraron lesiones en el cerebro similares a las encontradas en enfermos con Alzheimer. Anti-amalgamistas aciertan que este estudio proporciona evidencias de que las restauraciones con amalgama dental pueden causar la enfermedad de Alzheimer.⁴¹

Si el mercurio juega un papel patogénico en la enfermedad de Alzheimer, la exposición acumulativa del mercurio puede causar un empeoramiento algunas décadas después de la exposición, sin la elevación de niveles de mercurio cuando los síntomas se desarrollan. ³⁰

La Sociedad Nacional de Esclerosis Múltiple dice, que no hay evidencias científicas que comprueben que el mercurio contenido en las amalgamas dentales desarrolle esta enfermedad. ⁴¹

Efectos en el sistema inmune.

El sistema inmune es un blanco para la exposición a dosis bajas de mercurio inorgánico. ³⁸

En un estudio de la Universidad Linköping de Suiza, se examinaron los efectos en el sistema inmune en ratas susceptibles al mercurio y en ratas resistentes al mercurio. Se les colocaron restauraciones con amalgama en cuatro molares de la mandíbula igual que en los humanos portadores de amalgama.

Las ratas susceptibles al mercurio portadoras de amalgamas fueron comparadas con ratas de control portadoras de resinas y otro grupo control sin restauración. Las ratas susceptibles desarrollaron una rápida activación del sistema inmune: se incrementó la concentración de IgE después de tres semanas $p < 0.001$, las ratas resistentes al mercurio portadoras de amalgamas no mostraron un incremento significativo de IgE $p < 0.05$. Las ratas susceptibles al mercurio después de doce semanas mostraron un incremento $p < 0.05$ títulos de inmunocomplejos depositados en el glomérulo renal y en la pared basal de órganos internos. También se mostró un incremento de concentración de mercurio en tejidos como: riñón, bazo, lóbulo occipital del cerebro, cerebelo, hígado y timo. ³⁸

Las evidencias científicas disponibles, no comprueban el mito de que el mercurio contenido en la amalgama dental cause daño al sistema inmune.⁴¹

Efectos en el sistema cardiovascular.

En un estudio se reportó que el nivel más bajo de mercurio en uñas del pie 0.11 a 0.66 µg por gramo y un estimado nivel en pelo de 0.34 a 2.03 µg por gramo fue directamente asociado con el riesgo de Infarto al Miocardio.

Un estudio en la población de Europa reportó una asociación de niveles de mercurio con el riesgo de Infarto del Miocardio.

Otros científicos encontraron difícil de aceptar que un incremento de mercurio en uñas, incremente el riesgo de un Infarto Agudo al Miocardio en hombres de Europa.²⁴

Una elevación temporal de vapor de mercurio puede ser observada en concentraciones en sangre cuando se retira una amalgama.^{17, 18,31} El nivel de mercurio en sangre no debe superar 100 ng de Hg/ml.

Adicionalmente los pacientes deben tener precaución en quitar sus amalgamas antes de que se necesite reemplazarlas ya que esto resultaría un incremento en la exposición de vapores de mercurio y un pasajero incremento de mercurio concentrado en la sangre.¹⁷

Efectos en el sistema respiratorio.

Aproximadamente el 80% de mercurio inhalado es absorbido por los pulmones y de ahí es distribuido a la sangre y a varios tejidos del cuerpo.^{25, 26, 27,36}

La inhalación de vapores de mercurio en concentraciones más altas que 0.05 mg/m³ por un periodo significativo es considerado inseguro. El nivel para un mínimo riesgo por inhalación crónica es de 0.3 ug/m³.³⁶

Históricamente, reportes de altas concentraciones de vapor de mercurio inhalado han sido caracterizados por temblor, tos, disnea, fiebre, alucinaciones, gingivitis y eretismo (comportamiento con excesiva timidez y/o agresión).^{17, 20,36}

En una intoxicación crónica los síntomas son: debilidad, fatiga y pérdida del apetito y disturbios gastrointestinales.^{20,36}

La exposición a altos niveles de vapor de mercurio puede causar daño pulmonar (disfunción pulmonar), náusea, vómito, diarrea, incrementa la presión sanguínea y del corazón, erupción cutánea e irritación de ojos. La exposición con la piel es más grave si se presentan heridas.^{27,36}

El mercurio inorgánico en sus formas de sales mercuriales y mercurio son la causa principal de Acrodinia; está es una enfermedad de la niñez, sus síntomas clínicos consisten en palmas de manos y plantas de los pies hinchados y rosados, dolor de articulaciones, sudoración excesiva, bochornos, prurito, erupciones, debilidad, fotofobia, irritabilidad, disturbios del sueño, astenia e hipertensión.^{18, 27,36}

El mercurio es tolerado a bajos niveles, sin embargo, algunos profesionales abogan por la cero tolerancia al mercurio ya sea inhalado o por ingestión accidental.

La vida media del mercurio inhalado es de 60 días, y es excretado por la orina y las heces. Una pequeña cantidad de este mercurio es eliminado por exhalaciones, sudor y saliva.³⁶

Un método para evaluar la exposición ocupacional es medir el nivel de mercurio en el aire en el lugar de trabajo. La WHO (World Health Organization) estableció un límite máximo seguro permitido de $50 \mu\text{g Hg/m}^3$ en el aire. Esto correspondería a un estimado de concentración de mercurio en orina de $80 \mu\text{g Hg/l}$. Algunas ciudades adoptaron bajas concentraciones como límite máximo seguro de $25 - 30 \mu\text{g Hg/m}^3$.²⁰

Efectos en el sistema reproductivo.

El personal femenino está expuesto al posible riesgo de disturbios en la reproducción causada por el manejo del mercurio.²⁰

El mercurio influye en el estado hormonal, causando un ciclo menstrual irregular, menos ovulaciones y efectos teratogénicos. El mercurio en la glándula adrenal causa un disturbio en el ciclo menstrual por bloqueo de las enzimas. El mercurio puede ser tóxico en los ovarios.²¹

El mercurio y otros pesticidas pueden desorganizar el Sistema Endocrino en animales y humanos a bajos niveles de exposición.

Un estudio mostró que los químicos como el mercurio, disminuyen la circulación de la hormona tiroidea durante el desarrollo. La exposición prenatal o postnatal de humanos o animales a este químico puede causar cambios hormonales y déficit en el desarrollo neural.

El mercurio interfiere con el metabolismo tiroideo reduciendo la T4 (deyodinación). El adecuado funcionamiento de la tiroides durante el embarazo es determinante para un embarazo saludable y un satisfactorio desarrollo del cerebro del feto. La hipotiroxinemia en una gestación temprana afecta el desarrollo psicomotor en el niño. Estos efectos pueden ser mediados por el empeoramiento del metabolismo de la glucosa en el cerebro fetal durante la

proliferación de neuroblastos. En adición, los trofoblastos tienen la capacidad para ligarse a la T3 (triyodotironina) y de ésta depende la placenta.²²

La placenta actúa como una barrera para prevenir que entren sustancias tóxicas al feto, pero ha sido mostrado que una fracción de la sangre materna contiene mercurio y puede alcanzar al feto.^{20, 24,36} Sin embargo, en estudios realizados en USA, Suiza y Dinamarca no se encontraron diferencias en abortos espontáneos, bajo peso al nacimiento, defectos de nacimiento entre personal dental y un grupo de control, concluyendo que no hay efectos negativos en la reproducción.²⁰

En un experimento con animales se reportó que los vapores de mercurio a niveles mayores a los de entrada permitida penetran la barrera placentaria intoxicando el hígado, riñón y cerebro del feto.³⁶

En otro estudio de los USA, fue evaluada la higiene del manejo del mercurio y el número de amalgamas preparadas por semana. Se mostró que las asistentes dentales con una alta exposición al mercurio fueron menos fértiles que el grupo control no expuesto. Se concluyó que la fecundidad de mujeres que preparan más de 30 amalgamas a la semana y tienen una pobre higiene en el manejo del mercurio, están en riesgo de reducir su fertilidad.²⁰

Un experimento en animales mostró que todas las formas de mercurio administradas a altas dosis durante la gestación, resulta en problemas de reproducción como: abortos espontáneos, muertes al nacimiento, malformaciones congénitas, infertilidad, disturbios en el ciclo menstrual, inhibición de la ovulación. ²¹

Una exposición al aire con 1000 $\mu\text{g Hg}/\text{m}^3$ durante la gestación causa malformaciones congénitas, mientras que 100 $\mu\text{g Hg}/\text{m}^3$ no causan ningún efecto. ²¹

Una mujer dentista fue expuesta a altos niveles de vapor de mercurio durante 1 año. Antes de embarazarse tenía una concentración de mercurio en orina de 60 $\mu\text{g Hg}/\text{g}$ de creatinina, al concebir 15 μg y al nacimiento 25 μg . Su bebé no tuvo ningún daño y tuvo un peso normal. ²¹

Otra dentista fue expuesta a 1000 $\mu\text{g Hg}/\text{m}^3$ de aire en 35 semanas de su embarazo y tuvo un niño con bajo peso al nacimiento y daño cerebral. ^{21,23}

En Polonia se hizo un estudio en donde fueron preparadas 20 amalgamas en un mortero, en el cual resultaron concentraciones excedidas al TLV (Threshold Limit Value), de 25 $\mu\text{g Hg}/\text{m}^3$ de aire para las mujeres. Las dentistas y asistentes tuvieron más mercurio en su cuero cabelludo y pelo púbico que las del grupo control. Estas odontólogas y asistentes sufren abortos más frecuentes, muertes al nacimiento, malformaciones congénitas y disturbios en el ciclo menstrual. El promedio de incidencia es de 1 por 1000 nacimientos en malformaciones congénitas como espina bífida. ²¹

La fertilidad en hombres no es afectada por niveles de mercurio en orina de 50 $\mu\text{g}/\text{l}$, pero la WHO en un estudio estableció que hay pérdida de líbido después de una exposición a 44,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire. No existen abortos o anormalidades

por la alta exposición del padre. La concentración de mercurio en semen es de 5–10 µg/l y en hombres con exposición ocupacional es de 6–65 µg/l.²¹

En un cambio se colocaron amalgamas en todos sus molares y premolares en una sola sesión, resultando una concentración de mercurio de 12.7 ng/g. se sostuvo que el mercurio causa efectos mutagénicos en la espermatogénesis y puede causar infertilidad. El mercurio en altas concentraciones de 1 mg Hg/kg de peso reduce temporalmente el número de células espermatozoides.²¹

Las aberraciones de cromosomas en linfocitos fueron asociadas con una larga exposición al mercurio de 150- 440 µg Hg/m³ en el aire, pero el número de cromosomas no fue afectado.²¹

En hombres que se les realizó pruebas de infertilidad se encontró una concentración de mercurio en semen mínima, 75% de las muestras tuvieron una concentración de mercurio baja sobre los límites máximos de 5 µg/l.

La genotoxicidad del mercurio es atribuida a la habilidad del mercurio de ligarse con la tubulina que empeora la función de los husos y dan resultado a las mutaciones genéticas de aberraciones de los cromosomas. La posibilidad del daño genotóxico en varias exposiciones ocupacionales al mercurio ha sido discutida en diversos estudios, de los cuales en unos se han encontrado evidencias y en otros no.

También se cree que el mercurio induce al daño del DNA a través de mecanismos oxidativos, además de su neurotoxicidad y teratogenicidad.²⁶

Las evidencias científicas disponibles, no comprueban el mito de que el mercurio contenido en las amalgamas dentales cause efectos dañinos en la reproducción.⁴¹

Límites permisibles.

Hoy en día, hay normas ocupacionales modernas, precauciones seguras y una gran conciencia de la toxicidad del vapor del mercurio, la exposición humana a altas concentraciones de vapor de mercurio son raras en los Estados Unidos. ¹⁷

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. ²⁵

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. ¹⁷

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. ¹⁷

La WHO en 1991 identificó a la amalgama como la causa más importante de entrada de mercurio en humanos. ²⁴

La OSHA (Occupational Safety and Health Agency) estableció un valor límite de entrada (TLV) para vapor de mercurio de 0.05 mg/m^3 de aire para 8 horas al día. ^{26, 27}

La WHO recomendó una entrada de vapor de mercurio en la exposición ocupacional de 50 μg de Hg/m^3 de aire. ^{35,41}

Consumo global.

Algunas ciudades han reducido o prohibido la venta y uso de productos del mercurio, por lo tanto su producción global ha decrecido en los últimos 20 años. El consumo global de 1981 a 1985 fue de 6200 toneladas por año y en el 2000 fueron 1800 toneladas. En 1990 el consumo para uso dental fue de 44 toneladas y para 1996 fue de 31 toneladas. La tendencia se puede reflejar en la reducción de la prevalencia de caries y también en la sustitución con otros materiales alternativos.²⁰

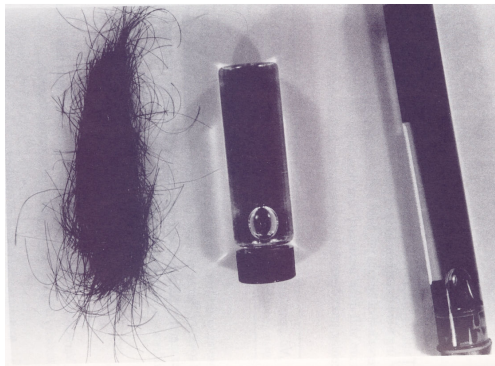
Manejo de desperdicios y sobrantes.

El personal dental tiene la obligación de minimizar o eliminar completamente la circulación del mercurio en el ambiente. El sobrante debe ser colectado y guardado en un recipiente bien cerrado que contenga líquido fijador de rayos X. Las unidades deben estar equipadas con filtros y/o separadores; ya que estos ayudan a eliminar de un 91-99% de mercurio en el agua residual de la clínica dental, pero esto no es garantía de un bajo nivel de mercurio en el agua residual o en los tratamientos.²⁰

En Suecia, hacen 1000 cremaciones por año, los crematorios deben ser equipados con filtros para las emisiones de mercurio de restauraciones con amalgamas dentales. En Dinamarca, la Danish Environmental Protection Agency tiene un estimado de 170 kg de mercurio por cremaciones anuales de sobre 41,000 personas son emisiones al aire.²⁰

CAPÍTULO IV. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA HIGIENE DEL MANEJO DE MERCURIO.

- Información a todo el personal auxiliar sobre las precauciones necesarias en el manejo del mercurio.⁹
- Como el mercurio se evapora a temperatura ambiente, los consultorios deben de estar bien ventilados para reducir al mínimo el nivel de mercurio en el aire.¹⁰ Aquellas con equipo de aire acondicionado; requieren el cambio frecuente de los filtros.
- Examen de orina, sangre y cuero cabelludo periódico de todo el personal, (anual).



Muestras de pelo, orina y sangre.⁴⁴

- No utilizar fórmulas que requieren alto porcentaje de mercurio. Jamás exprimir mercurio.

- No utilizar cápsulas defectuosas. Las tapas deben de ser de rosca.
- Evite alfombrar o enmoquetar el consultorio odontológico, ya que es muy difícil descontaminar las alfombras. ⁸
- Cualquier material contaminado con mercurio o amalgama debe colocarse en una bolsa de polietileno y sellarse antes de ser desechado. ¹²
- La concentración máxima de seguridad de vapor de mercurio en el aire es de 0.05 mg/m³ de aire en la zona de respiración para una semana laboral de 40 horas.
- Los niveles de mercurio en la sangre no deben superar los 100 ng Hg ml de sangre (100 nanogramos de mercurio por mililitro de sangre), a partir de los cuales se han observado síntomas típicos de intoxicación mercurial.
- Los restos de amalgama cristalizada y/o de mercurio derramado deben ser guardados en envases de plástico irrompibles con tapa hermética, conteniendo una solución de azufre en polvo en agua o simplemente líquido fijador de rayos X (tiosulfato soluble), o en aceite mineral.
- Los restos deben de ser remitidos a laboratorios con capacidad de reciclar los residuos de amalgama a través de refinadores autorizados. ⁷
- Limpiar inmediatamente el mercurio que haya derramado. Las gotas pequeñas pueden recogerse con un tubo delgado conectado (a través de un frasco con agua) al aspirador de baja potencia de la unidad dental. ⁸ O bien se aconseja agregar sulfuro en polvo en el área de trabajo y quietarlo luego con un trapo, el cual remueve el mercurio libre durante el proceso. ¹⁶

Aunque el mercurio es un peligro potencial, el conocimiento y el ejercicio de estas recomendaciones por parte del odontólogo y el personal auxiliar deben minimizar las preocupaciones. ¹²

CONCLUSIONES.

De acuerdo con lo analizado se encontró, que 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.

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 esta en desarrollo.

Existen otras causas para una intoxicación por mercurio como pueden ser el consumo de pescado y por 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, mantienen una buena higiene en la manipulación y en el manejo de los desechos.

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 de que el Mercurio contenido en la Amalgama Dental cause algún problema en la salud de quienes presentan restauraciones o de quienes manejan este material.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Biblioteca de Consulta Microsoft, *Encarta*, 2005.
2. Timberel J. A. ***Introduction to toxicology***. 2º. ed. Editorial Taylor and Francis Ltd, 1995. Pp. 118-121
3. Graham Solomons T. W. ***Química Orgánica***. 2º ed. México. Editorial Limusa Wiley. 1995. Pp. 1189-1190
4. Atkins P.W. ***Química General***. Universidad de Oxford. Edición Española. Ediciones Omega S. A, Barcelona.1992. Pp. 778-779
5. Dreisbach Robert H. ***Manual de Toxicología Clínica. Prevención, Diagnóstico y Tratamiento***. Sexta ed. Editorial El Manual Moderno S. A. de C.V. 1988. Pp. 221-224
6. Kelley William. ***Medicina Interna***. Cana, Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana. 1990. Tomo II. Pp. 2623
7. Macchi Ricardo Luis. ***Materiales Dentales***. Tercera ed. Editorial Médica Panamericana. Pp. 183-193
8. Craig Robert G. ***Materiales de Odontología Restauradora***. Décima ed. Editorial Harcourt Brase. Pp. 231-239
9. Guzmán H. J. ***Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico***. Tercera ed. 2003. Editorial Ecoe Ediciones. 98,99
10. Sturder. ***Arte y Ciencia de la Operatoria Dental***. Pp. 246-249
11. Baum, Lloyd. ***Tratado de Operatoria Dental***. Tercera ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Pp. 296-297
12. Charbeneau Gerald T. ***Operatoria Dental Principios y Práctica***. Segunda ed. Editorial Médica Panamericana. Pp. 255-257
13. Barrancos. ***Operatoria Dental***. Editorial Panamericana. Pp. 993-1000
14. Barrancos J. ***Operatoria Dental Restauraciones***. Editorial Médica Panamericana. Pp. 427,428

15. Anusavice. ***Ciencia de los Materiales Dentales***. Décima ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 1998. Pp. 375-426
16. Gilmore H. W. ***Operatoria Dental***. Cuarta ed. Editorial Interamericana. Pp.141
17. Kao R, Daule S, Pichay T. ***Understanding the Mercury Reduction Issue: The Impact of Mercury on the Environment and Human Health***. CDA. Journal. 2004; 32: 574-579
18. Clarkson T, Magos L, Miers G. ***The Toxicology of Mercury – Current Exposures and Clinical Manifestations***. N Engl J Med. 2003; 349;18: 1731-1736
19. ***Report Finds Claims Against Amalgam Lack Scientific Evidence***. CDA. Journal. 2005; 33: 97-98
20. Hörsted P, Bindlev. ***Amalgam toxicity – environmental and occupational hazards***. J Dent. 2004;32: 359-365
21. Schuurs A. ***Reproductive toxicity of occupational mercury. A review of the literatura***. J Dent. 1999; 27:249-256
22. Takser L, Mergler D, Baldwin M. ***Thyroid Hormones in Pregnancy in Relation to Environmental Exposure to Organochlorine compounds and Mercury***. Environ Health Perspect. 2005; 113:1039-1044
23. Hujoel P, Lydon-Rochelle M. ***Mercury Exposure from Dental Filling Placement during Pregnancy and Low Birth Weight Risk***. Am J Epidemiol. 2005; 161: 734-740
24. Guallar. ***Mercury and the Risk of Myocardial Infarction***. N Engl J Med. 2003; 348;21: 2151-2154
25. Cutress T. ***Dental amalgam and human health***. Int Dent J. 2003. 53:464-468
26. Atesagaoglu A, Omurlu H. ***Mercury Exposure in Dental Practice. Operative Dentistry***. 2006; 31-6: 666-669

27. Baughman T. ***Elemental Mercury Spills***. Environ Health Perspect. 2006. 114: 147-152
28. Aydin N, Karaoglanoglu S. ***Neuropsychological effects of low mercury exposure in dental staff in Erzurum, Turkey***. Int Dent J. 2003. 53: 85-91
29. Gochfeld M. ***Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption***. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2003. 56: 174-179
30. Mutter J. ***Blood Mercury Levels and Neurobehavior***. JAMA. 2005. 294: 679
31. Block L. ***Toxicology of Mercury***. N Engl J Med. 2004. 350;9: 945-947
32. Needleman H. ***Mercury in Dental Amalgam – A Neurotoxic Risk***. JAMA. 2006. 295: 1835-1836
33. Bellinger D. ***Neuropsychological and Renal Effects of Dental Amalgam in Children***. JAMA. 2006. 295: 1775-1783
34. DeRoguen T. ***Neurobehavioral Effects of Dental Amalgam in Children***. JAMA. 2006. 295: 1784-1792
35. Mortada W, Sobh M. ***Mercury in dental restoration: Is there a risk of nephrotoxicity?*** J Nephrol. 2002. 15: 171-176
36. Allen S, Buchanan L. ***Mercury exposure in children: a review***. Toxicol Appl Pharmacol. 2004. 198: 209-230
37. Leistevuo J. ***Mercury in Saliva and the Risk of Exceeding Limits for Sewage in Relation to Exposure to Amalgam Fillings***. Arch Environ Health. 2002. 60(5):366-370
38. Hultman P. ***Activation of the Immune System and Systemic Immune-Complex Deposits in Brown Norway Rats with dental Amalgam Restorations***. J Dent Res. 1998. 77(6): 1415-1425.

39. Toimela T. ***Development of an in vitro blood-brain barrier model-cytotoxicity of mercury and aluminum.*** Toxicol Appl Pharmacol. 2004. 195: 73-82
40. Zheng W. ***Brain barrier systems: a new frontier in metal neurotoxicological research.*** Toxicol Appl Pharmacol. 2003. 192: 1-11
41. Wahl M. ***Amalgam-Resurrection and redemption. Part 2: The medical mythology of anti-amalgam.*** Quintessence. 2001; 32: 696-710.
42. ***Mercurio (elemento)***
"http://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio_%28elemento%29"
43. ***Red Iberoamericana de Toxicología del Mercurio.***
44. Taylor J. ***The Complete Guide to Mercury Toxicity From Dental Fillings.*** Editorial Scripps Publishing, San Diego, California. 1988. Pp. 38,45, 94, 96, 97,98.100, 103.
45. Johnson W. ***Dentistry, amalgam, and Pollution Prevention.*** CDA, Journal. 2001; 29:509-511.