

2 of  
210

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

SEMINARIO DE TITULACION : " MATERIALES DENTALES "

TITULO : " EL MERCURIO EN LA ESTRUCTURA DE LA EMALDINA DENTAL "

AUTORE : MARCO ANTONIO ESCOBEDA H.

PROFESOR : ARMANDO BARRON SANCHEZ

TITULAR : FEDERICO BANCERO SANCHEZ

*Tesina*  
*1989*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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.

## I N D I C E

PAGINA	1	INTRODUCCION
PAGINA	5	1) EL MERCURIO EN LA ESTRUCTURA DE LA DENTINA DENTAL
PAGINA	7	2) EVAPORACION DEL MERCURIO DEL MERCURIO METALICO
PAGINA	10	3) EVAPORACION DEL MERCURIO DE LA AMALGA- MA DENTAL
PAGINA	13	4) REDISTRIBUCION DEL MERCURIO DENTRO DE LA AMALGAMA DURANTE SU ENVEJECIMIENTO
PAGINA	13	5) DISOLUCION DEL MERCURIO DENTRO DE LOS FLUJOS DE LA AMALGAMA DENTAL
PAGINA	23	CONCLUSIONES
PAGINA	23	FIGURAS Y CUADROS
PAGINA	35	BIBLIOGRAFIA

## I N T R O D U C I O N

La utilización del mercurio en la industria, antiguamente - cuando se usaba para la fabricación de los instrumentos de precisión y en la fabricación de los aparatos de medida de la electricidad y en la fabricación de los aparatos de medida de la temperatura y en la fabricación de los aparatos de medida de la presión, sin embargo los efectos destructivos que ejerce el aumento de mercurio en la atmósfera, hicieron que se redujera al mínimo el uso del mercurio. Además con el peligro de la intoxicación por ingestión, debido a la toxicidad que el mercurio ejerce. Las técnicas de reducción del contenido de mercurio con variedades y han cambiado con el tiempo. Actualmente la técnica del mercurio líquido es de los mejores métodos para la eliminación de las restauraciones de amalgama, cuidando también, a otros tan importantes en la restauración como son, la trituración, la trituración y la condensación. La correcta proporción entre el mercurio y la aleación es de 50% de cada uno, aunque las proporciones oscilan entre 40% y 60% también la proporción adecuada. Se pueden utilizar dispensadores de mercurio que miden el volumen del líquido, con una desviación estándar del 0.5% en peso de mercurio. También pueden venir presentaciones de mercurio aleación en forma de tabletas con las proporciones adecuadas. Si por alguna razón hay un exceso de mercurio debe eliminarse por el proceso de condensación. Con la técnica del mercurio líquido, el material suave y pegajoso se elimina durante la condensación de la aleación con menores riesgos. En condiciones ideales de trituración y condensación, hay pocas probabilidades de eliminar demasiada mercurio.

El mercurio tiene características especiales que hacen posible una buena restauración de amalgama. El mercurio lo es un metal - dúctil que ayuda a moldear la pasta en el diente y posterior-

mente el endurecimiento y la formación de una estructura sólida y resistente al medio bucal. Si bien es cierto que el mercurio tiene ventajas para la restauración con amalgama dental, también se ha discutido mucho acerca de la toxicidad y contaminación que el mercurio ocasiona en el paciente, a nivel local y general y también a los que trabajan con él en el consultorio. La controversia acerca de la toxicidad del mercurio, es a partir de los años 30'S. Todavía a veces se conjetura si las restauraciones dentales con mercurio en la amalgama dental originan afecciones no diagnosticadas.

Además, se ha dicho que la inhalación de vapor de mercurio durante la mezcla y manipulación pueden ser de peligro para el odontólogo, ya que esto produce un efecto acumulativo. El mercurio de la restauración con amalgama dental penetra en la estructura del diente, incluso, el uso de mercurio radiactivo en amalgamos de alta velocidad que parte del mercurio puede llegar hasta la pulpa del diente. Sin embargo existe controversia si son probables ó no las reacciones tóxicas originadas por el mercurio y han sido expuestas en diversos ensayos y artículos sobre el tema.

Se ha comprobado científicamente el hecho que el mercurio produce en el hombre y en el medio ambiente. El mercurio metálico puede introducirse por la ingestión, através de la piel ó por inhalación y una vez ingerido es difícil eliminarlo y puede causar síntomas de envenenamiento. Para el personal de el consultorio el principal riesgo es adquirible por inhalación. El mercurio se volatiliza a la temperatura ambiente, el vapor de mercurio no tiene color, ni olor, ni sabor y por lo tanto es difícil detectar una fuga.

Todo exceso de mercurio se debe eliminar y el sobrante debe ser

guardado en frascos bien cerrados, porque una gota de mercurio puede saturar el ambiente de un cuarto. Los profesionales que trabajan con mercurio, corren con ciertos riesgos por lo que es conveniente practicar con regularidad exámenes de orina al personal del consultorio dental.

Sin embargo el contacto del hombre con el mercurio no se puede evitar, ya que actualmente el medio ambiente tiene determinadas cantidades de mercurio, por contaminantes derivados de los combustibles, por alimentos contaminados por mercurio, en algunos fármacos y en la misma amalgama dental. Algunos autores han estudiado la relación entre las restauraciones de amalgama y los niveles de mercurio en la orina. Si en el consultorio dental se emplea en forma inapropiada puede ser un problema para la salud por:

- 1) La absorción sistémica del mercurio através de la piel.
- 2) Inhalación del vapor del mercurio.
- 3) Inhalación de particulados del medio ambiente.

Teniendo precaución se puede utilizar con seguridad, no se debe tocar ni con los dedos ni con la palma de la mano. Se deben limpiar los derrames, sobre todo en consultorios con calefacción, pues aún pequeñas gotas contienen una elevada presión de vapor que aumenta con la temperatura.

En el presente trabajo, se analiza el comportamiento del mercurio dentro de la amalgama, la relación que tiene el mercurio con la resistencia de la amalgama, la corrosión y la evaporación del mercurio líquido y del mercurio contenido dentro de la amalgama dental. Se expondrá el estudio del mercurio en la amalgama dental su evaporación y otros efectos como la corrosión y la disolución -

del mercurio . En las conclusiones se expondrán los diferentes -  
puntos de vista de otros autores que han estudiado el comportamien-  
to del mercurio dentro de la amalgama y en el cuerpo humano , -  
como son los niveles de mercurio en la orina y en la sangre, y -  
también otros estudios relacionados con la liberación del mercurio  
de la amalgama dental.

## EL MERCURIO EN LA ESTRUCTURA DE LA AMALGAMA DENTAL

El uso de la amalgama dental para la restauración de los dientes ha tenido controversia desde que la técnica fué introducida a Estados Unidos en 1955.

La historia indica que el inicio de esta controversia, desde hace varios años en distintas partes del mundo. La razón es aparente el mercurio sin una película de óxido tiene una alta presión de vapor a la temperatura del cuarto,  $1.20 \times 10^3$  Torr a  $20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ ).

Este número indica, como se ha discutido más tarde, que la película de óxido hace que el mercurio sea evaporado libremente siempre a temperatura ambiente. Por lo tanto, siempre ha habido profesionales que han creído que la restauración con amalgama puede causar envenenamiento por mercurio, entre los primeros artículos de investigación sobre el cuidado de la amalgama, está un artículo publicado en 1931 por Souder y Sweeney intitulado "Es el mercurio venenoso en la restauración con amalgama dental?"

Usando sulfuro de selenio, fueron capaces de detectar vapor de mercurio que se obtuvo, cuando amalgamas de cobre (no las modernas amalgamas altas en cobre) fueron calentadas a  $37^\circ\text{C}$  -  $50^\circ\text{C}$ . Sin embargo ellos fallaron al detectar vapor de mercurio liberado de un bajo "Ag-Sn" amalgama de cobre durante el calentamiento, ellos también fallaron al detectar mercurio disuelto dentro de una solución de cloruro de sodio combinada con una solución de ácido hidroclorehídrico caliente. En los últimos años, la preocupación profesional y pública sobre la liberación de mercurio de las amalgamas ha ido incrementando otra vez. La nueva preocupación ha sido fundamentada por el mejoramiento de la tecnología de la deteg



ción del mercurio. Los fabricantes de detectores de mercurio, demandan límites de detección más bajos como  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  en aire o  $0.2\mu\text{g}/\text{l}$  (0.2 ppb) en solución. Esta sensibilidad es 45 veces mejor que Souder y Sweeney fueron capaces de lograr en 1971. Como resultado, uno puede detectar en un minuto, cantidades de mercurio liberado de las restauraciones de amalgama en el alimento y en los fluidos orales. Aunque el efecto de niveles bajos semejantes de mercurio en el cuerpo humano no es conocido, la pura detección de mercurio que provienen de las restauraciones dentales son motivo de controversia en el presente artículo, al correcto entendimiento del mercurio en la amalgama dental será revisado con respecto a:

1) evaporación de mercurio de la amalgama dental, 2) redistribución del mercurio dentro de la amalgama dental y 3) disolución del mercurio dentro de los fluidos orales de la amalgama dental. Sin embargo, es instructivo para examinar algunas de las características importantes del mercurio puro metálico; antes de discutir el comportamiento del mercurio en las amalgamas. 1

## EVAPORACION DEL MERCURIO DEL MERCURIO METALICO

La termodinámica nos dice que la presión de vapor de todas las sustancias aumenta exponencialmente con el aumento de la temperatura. El mercurio no es la excepción por lo tanto la presión del vapor del mercurio aumenta rápidamente con la temperatura como se muestra en la figura uno. En la figura, la presión de vapor del mercurio a temperaturas entre 0°C y 200°C es fraguado usando el dato presentado en (2) también da esto una reacción similar con una escala alargada por las temperaturas entre 10°C y 50°C. Un aumento en la temperatura de 10°C a la temperatura del cuarto de 20 C (68°F) se producirá más que un doble incremento en la presión de vapor. El teórico máximo (ideal) modo con el cual los átomos de mercurio pueden salir de la superficie del mercurio líquido y entrar a la fase de vapor esto se da por la fórmula de función primera derivada de la teoría cinética de los gases:

$$j = \alpha (P_s - P) (2\pi mkT)^{-1/2}$$

donde  $j$ , es el tipo de evaporación,  $P_s$  y  $P$  son la saturación de la presión de vapor y la actual presión y temperatura  $T$ ,  $m$  es la masa molecular,  $k$  es la constante Boltzmanns y  $\alpha$  es el coeficiente de evaporización. A 295°K (20°C ó 68°F) donde  $\alpha$  puede ser asumido igual a la unidad de mercurio, el óxido litre del mercurio se e evapora con un tipo,  $j = 5.3 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^2/\text{s}$ , de velocidad. Esta velocidad de evaporación, en un recipiente de mercurio con 1 cm de profundidad, con una área de superficie de 1 cm puede desaparecer aproximadamente en 7 horas. Este resultado es irreal. Esto es por que el cálculo fue hecho usando el máximo teórico de velocidad de

evaporización de "puro" óxido libre de mercurio. Cuando es expuesto al aire el mercurio es fácilmente oxidable y tiende a formar una película protectora. Recientemente Benjamín identificó esta película como una forma especial de extremadamente delgada de  $H_2O$ , esto es menos probable que 30 nm ( $300 \text{ \AA}$ ) grueso. De acuerdo a Benjamín esta película es transparente, flexible y fuerte. Cuando es semejante una película oxidada, se forma, la velocidad de evaporación decrece rápidamente. Esto se muestra en la figura no. 2 es al go de los resultados de Benjamín. El comparó la velocidad de evaporación del mercurio que expuesto al oxígeno por 1 hora y 17 horas con eso de mercurio sin oxígeno expuesto. Véase la velocidad de evaporación del mercurio metálico drásticamente decrece con el tiempo. La reducción en la velocidad de la evaporación es dependiente de la duración del tiempo de exposición al gas de oxígeno. La exposición al oxígeno por un periodo de 17 horas reduce la velocidad por un factor de 3; aquí es menos la reducción por la corta exposición; de acuerdo a Benjamín la exposición a aire húmedo también reduce la velocidad de evaporación del mercurio. Por supuesto la velocidad del mercurio se incrementará si la vibración ó disturbios de contacto de la película de superficie sobre el mercurio líquido.

Benjamín notó ese nivel de vacío el cual monitoreó la presión de vapor del mercurio, el roce súbito es un resultado de este disturbio, sin embargo esta caída después de varios segundos indicando que la película oxidada se reforma rápidamente.

Una más real velocidad de mercurio en aire puede ser obtenida si la fórmula empírica McKeehan's de la evaporación del mercurio - en aire a  $20^\circ C$  ( $68^\circ F$ ) es usada :  $\frac{dr}{dt} = 1.4 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$

donde  $r$  es el radio de la esfera de mercurio y  $t$  es el tiempo, - esto tomará aproximadamente 30 días para que una gota de mercurio de 0.001 cm (10<sup>-4</sup> m) en diámetro (cuyo peso aproximado es de 7 X 10<sup>-6</sup> mg) se evapore totalmente. La situación cambia levemente cuando plata ó estaño son disueltos en mercurio, es el caso del mercurio reactivo en amalgama fresca triturada. El estaño disuelto y la plata promueven la aparición de una espuma sobre la superficie. Esto es probablemente los nuevos óxidos que fueron formados. Esto puede ser esta claramente visible espuma que más tarde impedirá la evaporación del mercurio. La difusión através de la espuma, probablemente determina la velocidad del proceso de la evaporación del mercurio de las amalgamas no endurecidas .

Aunque el mercurio libre se evapora de las amalgamas no endurecidas a velocidad mucho más lenta que pudiera ser esperada de las medidas del mercurio libre, esto pudiera ser enfatizado cuando este mercurio liberado a una relativamente más alta velocidad como más sea el mercurio líquido presente. Como primer reporte por Frykholm en 1957 en práctica clínica los más altos niveles de vapor de mercurio ocurren cuando el mercurio líquido, presumiblemente todavía está presente, es decir durante la trituración de amalgama, condensación y durante inmediatamente después de la restauración de amalgama. Que es importante aquí, sin embargo es esa velocidad de evaporación depende del tiempo; como se muestra en la figura 3.

Son los resultados de un "in vitro" experimentos preliminares llevados a cabo por la institución del autor, el cual muestra que la cantidad de mercurio evaporado de la amalgama fresca decrece rápidamente, por e.jm. sobre 50% en 5 min. y 90% aprox. 15 min. después de tallar. 2]

## EVAPORACION DE MERCURIO DE LA AMALGAMA DENTAL.

Cuando la aleación de amalgama reacciona con el mercurio a formar nuevas fases como es  $\chi_1$  ( $Ag_2Hg_3$ ) y  $\chi_2$  ( $Sn_2Hg$ ) en amalgama de bajo cobre ó  $\chi_1$  ( $Ag_2Hg_3$ ) y  $\eta$  ( $Cu_2Sn_3$ ) en amalgama de alto cobre, el mercurio es consumido y eventualmente la amalgama se solidifica dentro de aproximadamente 2 horas, de acuerdo con Johnson, todo el mercurio líquido mezclado con poder de aleación usado. Sin embargo la desaparición de mercurio líquido en amalgama dental no impide a la emisión de mercurio. El mercurio también sublima de la fraguada, sólida amalgama dental. Recientemente Svare y sus asociados evaluaron el mercurio liberado de la amalgama fraguada en las restauraciones. Diversos de sus descubrimientos son resumidos en la tabla:

- 1) El nivel de vapor de mercurio en el aire expirado de personas con restauraciones de amalgama, un año ó más grandes, es significativamente más alto que el nivel en el aire expirado de personas sin restauraciones de amalgama.
- 2) después de masticiar el nivel de mercurio aumenta significativamente.
- 3) Las concentraciones de mercurio en el sangre fueron positivamente correlacionados con el número el área de superficie de la restauración de amalgama y fueron significativamente más bajas en el grupo sin amalgamas dentales. En esta consideración, otro "in vitro" experimento preliminar llevado a cabo por la institución del autor, muestra un interesante resultado (Fig. 4)

Cuando una fuerza de 200 libras fue aplicada por 30 s a una pieza de amalgama de bajo cobre (71 Mpa), el mercurio fue liberado de

la amalgama. Sin embargo la emisión de mercurio decrece rápidamente con el tiempo. Interesantemente la reemisión de la misma magnitud de presión sobre el mismo espécimen, una hora después de la primera carga de aplicación, no se liberó tanto mercurio como fue emitido en la primera carga.

Considerando las repetidas controversias de los pasados 100 años fue sorprendentemente pequeño el dato físico-químico básico sobre la cinética de liberación de mercurio ha sido recopilada. Aunque el Ag-Sn-Hg fase ternaria de equilibrio fue estudiada en considerable profundidad tempranamente en 1939, el primer dato reportado sobre la estabilidad termal de las fases de la amalgama por Fairhurst sobre la  $\gamma$ , fase ( $Ag_2Hg_3$ ) el cual contiene 70 wt% Hg. El fundió la  $\gamma$ , fase de mercurio a  $50^\circ - 65^\circ C$ , formando la  $\beta$ , ( $AgHg$ ) fase dentro de pocas horas. Este descubrimiento fue más tarde confirmado por Reynolds y también por Timmons. Usando datos de peso perdido obtenido después de calentarlo por una semana a  $70^\circ C$ , Reynolds estimó la velocidad de evaporación del mercurio no solo para las diversas amalgamas dentales, también para otras amalgamas de fases consecutivas como es:  $\beta_1$ ,  $\gamma_2$  etc. como muestra la figura 6, la cual fue dibujada usando los datos de Reynolds, la velocidad de evaporación de la fase  $\gamma_2$  es más en orden de magnitud, más grande que las fases permanentes de amalgama y especímenes de amalgama ( $Ag-Sn$  amalgamas y amalgamas dispersas).

Aunque  $\gamma_1$  prepara más de 40% de el volumen en las amalgamas dentales el mercurio es liberado a una velocidad mucho más lenta de las amalgamas que las  $\gamma_1$ , jamás uno dentro de las amalgamas es aparentemente más termalmente estable que "pura" ( $Ag_2Hg_3$ ). Una razón

puede ser esa liberación de mercurio de la reacción  $\delta$ , con amalgamas no consumidas al repetir la reacción de amalgamación. Otra razón puede ser, como Johnson primera especulación esa  $\delta$ , en amalgamas, es estabilizada por la pequeña cantidad de Sn. Mahler y sus asociados fundieron una pequeña cantidad de Sn en la  $\gamma$ , granos en estructura de amalgamas, ellos sugirieron una fórmula de Ag Sn Hg

En metalurgia, diversos estudios fueron hechos sobre la preferencia a la evaporación de algunos elementos de varias aleaciones durante el proceso de recocimiento. Como una primera aproximación, la cantidad de evaporación  $J$ , de un elemento de parte de una aleación homogénea, ha sido mostrada a seguir la ecuación que dieron:

$$J = \frac{C_s}{h} \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} h (Dt)^{1/2} - \exp h^2 Dt \left\{ h (Dt)^{3/2} \right\} \right]$$

Donde  $C_s$  y  $h$ , son el volumen de concentración de la evaporización y el parámetro experimental, respectivamente. Como es usual, la velocidad de evaporización está en función del coeficiente de difusión,  $D$ , y tiempo,  $T$ . Por lo tanto la evaporización del mercurio de las amalgamas dentales será de difusión controlada, y la velocidad del mercurio para su evaporización depende de la velocidad la cual, los átomos de mercurio son suministrados a la superficie de evaporación. Nótese éste proceso es limitado por la difusión en lo sólido; este es un proceso más lento que la difusión a través del líquido. Consecuentemente, la presión de vapor sobre la amalgama sólida será mucho más baja que sobre la uniforme cubierta de óxido del mercurio líquido. 3]

## REDISTRIBUCION DEL MERCURIO DENTRO DE LA AMALGAMA DURANTE SU EMBEJECIMIENTO.

La consumición del mercurio y la formación de fases sólidas no marca el final de la reacción de amalgamación. La más alta temperatura que alcanza una restauración de amalgama en servicio es reportada en un rango entre 60°C y 85°C. Cerca de esta temperatura, algunas fases constitutivas de la amalgama de las fases líquidas es decir: 127°C de la fase  $\gamma_1$  y 216°C de la fase  $\gamma_2$ . Así la temperatura homóloga ( $T/T_m$ ) puede ser tan alta como 0.8 la temperatura de servicio es semejante al estado sólido de difusión (volumen de difusión) empezará a cambiar la inicial estructura de no equilibrio de la restauración de amalgama, y tenderá al equilibrio. Las reacciones del estado sólido entre las fases consecutivas ocurrirán a través de la vida clínica de las restauraciones de amalgama. Como indicador por la magnitud de lo publicado, los coeficientes de volumen de difusión intrínsecos de Hg en fases de amalgama a 37°C,  $10^{-9}$  -  $10^{-10}$  cm<sup>2</sup>/s, las reacciones del estado sólido en amalgamas dentales dentro de la boca ocurren muy lento. Aunque las fases del estado sólido se cambian en amalgamas son lentas, esto es posible porque éstas son acompañadas por una liberación de mercurio de la restauración. En varios ejemplos, la descomposición de fases de la amalgama durante el deterioro por tiempo será discutido. Aunque la descomposición de las fases de mercurio-contenido  $\gamma_1$  y  $\gamma_2$ , han sido observadas, Debiera ser enfatizado en el principio, esto es común por la desinformación, considerando el porcentaje de esas fases de descomposición en que entran a la fase de vapor. Como veremos aquí hay diversas maneras que el mercurio puede reactivarse con



tro de la amalgama. Esto es poco ó casi nada probable, que el mercurio entre a la fase de vapor durante la fase de transformación, la conversión es también posible.

Das reacciones del estado sólido son de particular interés, la desaparición de  $\gamma_2$  ( $\text{Sn}_2\text{Hg}$ ) a  $\gamma_1$  ( $\text{Ag}_2\text{Hg}_2$ ). La desaparición de  $\gamma_2$  de las amalgamas dentales durante el envejecimiento de éstas, han sido estudiados por Marshall, figura 7. La cual fue redibujada en su publicación, comparó la difracción de los rayos X de una amalgama de Alto contenido en cobre (micro II) después de calentarlo por 60 días meses, a  $37^\circ\text{C}$  se notó la cantidad de aleación no consumida (la cual es representada por  $\gamma$ ) y fases detectadas en la amalgama. Después de un día se ha visto que tiende a decrecer drásticamente después de seis meses. También se ve ésto, en un incremento en la cantidad de  $\eta$  Cu-Sn después de 6 meses de calentamiento. Este resultado ha sido confirmado por diversos investigadores. Por observación de diversos tipos de amalgamas, incluyendo amalgamas puras  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  ( las cuales no contienen Cu ó Zn ), fueron capaces de detectar diversas áreas gradualmente descompuestas. La figura 8 muestra típicos cambios estructurales de la superficie de una amalgama Ag Sn fresca durante su envejecimiento por un periodo de cerca de 25 meses. Al final de la figura 8 es una típica micrografía de una amalgama de 3 días de edad. La estructura consistente de  $\gamma_2$  marcada 1-3, partículas de aleación no consumida P y la matriz  $\gamma_1$ . También se notó la presencia de vacíos marcados V. La mitad de la micrografía es de la misma área después de envejecida por 11 meses. Diversos cambios notables pueden ser detectados. Unos vacíos tienden a aparecer en áreas  $\gamma_2$ , nótese las flechas A, B, C y D. tan -

Si se nota que esa descomposición tiende a comenzar en algunas interfaces  $\gamma_1 / \gamma_2$  límites. En otras áreas  $\gamma_1, \gamma_2$  tiende a desaparecer, revelando  $\gamma_1$ , esa preexistencia abajo de  $\gamma_1$  (E.T.P). En adición, los límites granulares son vistos y han sido delineados.

La QUINTA MICROGRAFIA muestra el área después de 25 meses. Mucho de la  $\gamma_2$  en la superficie tiende a desaparecer y ser reemplazado por vacíos. En adición, algunos granos han sido severamente erosionados.

En el uso clínico, como  $\gamma_2$  descompuestos, esto es probable que algo de Hg es liberado también por evaporación dentro del aire ó por dilución en los fluidos orales. Algo de Hg está dentro de la amalgama, en orden que las composiciones de las fases varían existiendo en amalgamas que cambian a un equilibrio. Como Torrance reconoció en 1933, que la amalgama está dentro de un estado de no-equilibrio inmediatamente después de la trituración. Gamma-2 se descompone como el sistema más bajo, esto libera energía y se aproxima al equilibrio.

El único y completo equilibrio de Ag-Sn-Hg isotérmico disponible es esa de Gaylor 1937. Infortunadamente, esta isotermia es de 70°C, no de 37°C. Sin embargo, su isotermia sugiere una secuencia probable de descomposición. Polvo de aleación inconsumida es probablemente una porción de Hg para la descomposición de  $\gamma_1$  y  $\gamma_2$ . Como  $\gamma_2$ , la fase  $\gamma_1$  puede descomponerse durante su envejecimiento. Gamma uno puede transformarse a  $\beta$ , como un resultado de la evaporación del Hg ó como un resultado de la dilución del mercurio dentro de las partículas de aleación inconsumida. La discusión detallada sobre el mecanismo de los cambios estructurales en las amalgamas

que durante su envejecimiento puede ser formada. La degradación de granos gamma uno a la superficie de amalgamas envejecidas es la más extensiva de granos limitantes de ranura. Sobre la superficie de una amalgama envejecida de bajo cobre (Optaloy, L.D. - Caulk Co.)

Los granos superficiales son observados comunmente cuando las amalgamas son recocidas cerca de su punto de fusión. Altos tipos de superficie de difusión desarrollan una cénula hacia los granos limitantes, porque la energía de la superficie y la energía de los granos límites, tienden a alcanzar el equilibrio. Recientemente, Loob y Egan han sugerido que esas cantidades medibles de algunos elementos se evaporan durante la ranuración de los granos limitantes de un metal sólido. Ellos explicaron eso como una discrepancia entre la teórica velocidad de evaporación predicha en la ecuación (5) y el dato experimental que ellos obtuvieron es debido a la evaporación de algunos elementos en la aleación durante el calentamiento. Por lo tanto, gamma, los granos limitantes de la ranuración pueden ser evidencia de una pequeña cantidad de mercurio evaporado de la amalgama.

Recapitulando nosotros hemos visto esas fases de mercurio contenido dentro de la amalgama, experimenta cambios durante su envejecimiento, esa fuerza es acompañada por liberación de una pequeña cantidad de mercurio de la ranuración. Sin embargo, no hay datos sobre la cantidad de mercurio, esa fuerza se pierde durante el envejecimiento. Antes de cambiar al último tópico de la presente revista, si se enfatizara sobre los cambios estructurales de la superficie, discutidos aquí, ocurren a mucha de velocidad que los

cambios estructurales en el interior de los amalgams. La redistribución de los elementos en el interior de los amalgams ocurren a una velocidad mucho más lenta, quizás 5 órdenes de magnitud, más lentamente comparado a eso, sobre la superficie. 4]

## DISOLUCION DE MERCURIO DENTRO DE LOS FLUIDOS DE LA AMALGAMA DENTAL.

La corrosión de las amalgamas dentales en el medio ambiente oral ocurre como un resultado de reacciones combinadas de "corrosión - libre" y procesos electroquímicos. Porque la complicada geometría de las restauraciones de amalgama, devienen diversos procesos de - corrosión electroquímicos, incluyendo: 1) concentración de oxígeno en la celda de corrosión, 2) grieta de corrosión y 3) corrosión - galvánica.

Cuando la amalgama se corroe, varios productos insolubles de la corrosión se forman, por ejemplo, óxido de estaño ( $\text{Sn O}$  y  $\text{Sn O}_2$ ) cloruro hidróxido de estaño ( $\text{Sn}_4(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ ) y una combinación de cloruro de cobre y hidróxido ( $\text{Cu Cl}_2$  y  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), óxido de cobre - ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ),  $\text{Ca Sn}(\text{OH})_6$ ,  $\text{Zn Sn}(\text{OH})_6$  y cloruro de zinc semejante a  $\text{Zn}_5(\text{OH})_3\text{Cl}_2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$ . En in vitro ó in vivo, los experimentos de corrosión, los productos de no corrosión, en los cuales el principal constituyente es el mercurio, ha sido encontrado.

Por lo tanto, durante el proceso de corrosión cuando guma dos libera Sn ó cuando guma uno libera Ag y Sn, el mercurio debe ser liberado al mismo tiempo. Jorgensen reportó que una porción de amalgama de relleno inmediatamente adyacente al área corroída a menudo contiene una relativamente alta cantidad de mercurio. Algo de éste mercurio liberado puede reaccionar con partículas inconsumidas de aloación; algunas pueden ser disueltas dentro de los fluidos orales. De hecho todos los elementos constituyentes en amalgamas (Hg, Ag, Cu, Sn, y Zn) han sido documentados y han sido formados con productos solubles y/o han sido disueltos dentro de so-

luciones en experimentos IN VITRO designados a simular un medio - ambiente oral ( Figura 10 ) resume los alcances de los datos publicados sobre la cantidad total de mercurio disuelto, expresado en la unidad  $\mu\text{g}$ , de una unidad de area de los especimenes durante las primeras 24 horas de inmersión en agua destilada, solución de Na Cl y varias salivas artificiales. Los datos experimentales se dispersan extensivamente. Por instancia, la cantidad acumulada de mercurio disuelto de amalgamas dentro de salivas artificiales alcanzan de 0.3 a  $74 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Algunos investigadores reportan más liberación de mercurio de amalgamas de alto cobre, pero otros mostraron la tendencia opuesta. En los laboratorios del autor, el grupo de amalgamas de estano liberaron un poco más de mercurio que las amalgamas de aleaciones dispersas y aleaciones volt. La cantidad de mercurio disuelto después de inmersión por 7 días en solución de Na Cl fue de 0.5 a  $2.2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Nótese también en el contenido de la grafica la cantidad de mercurio disuelto del mercurio metálico el cual fue obtenido por diversos estudios. Como es el caso de las amalgamas, la cantidad de mercurio disuelto también dispersado a lo ancho. Algunos investigadores están de acuerdo que la velocidad de disolución del mercurio decrece fuertemente cuando incrementa el tiempo de inmersión. Por ejemplo, un trabajo hecho por Mayer y Diehl demostraron que después de unos pocos días ( recibieron la grafica de sus resultados, esto se muestra en la figura 11) la cantidad de mercurio liberado de el area de superficie de ambas amalgamas de bajo y alto cobre dentro de la saliva artificial es mucho más baja que el promedio diario de dieta tomado  $2.5 - 3.9 \mu\text{g}/\text{dia}$ . Con respecto a esta toma diaria de dieta, puede ser

agregado a lo que los expertos en Suecia han reportado que es variable  $100 \mu\text{g}$  (0.1 mg) esto es una segura "toma diaria aceptable" de mercurio en la comida. Este dato no es confiable porque se ha reportado de la velocidad de disolución del mercurio en la saliva "in vivo". Nótese este dato de disolución presentado aquí, son recolectados de los resultados de un experimento "in vitro" donde piezas sencillas de especímenes de amalgama fueron inmersos en soluciones. La velocidad de disolución de elementos de aleación de amalgamas dentales serán aumentados por procesos semejantes como grietas por corrosión, celdas de corrosión, por concentración de oxígeno y corrosión galvánica etc.

Recientemente March reportó esta abstracción de la superficie de amalgamas dentales durante acelerada corrosión. Infortunadamente no hay datos utilizables sobre el efecto de estos procesos acelerados sobre el cual, el aumento de la cantidad en la disolución de los elementos de aleación en las amalgamas dentales. 5

En suma, los autores han examinado la liberación del mercurio del mercurio líquido y de las amalgamas dentales. La velocidad de liberación del mercurio líquido es menor de lo que pudiera ser predecible de el dato sobre el mercurio puro. En la mayoría de los casos, el mercurio será cubierto con óxidos que se evaporan lentamente.

Sin embargo, esto es claro que la potencia más grande de liberación del mercurio, de el mercurio líquido derivado en la operación del mercurio no reactivo en amalgamas dentales frescas trituradas.

Una vez formadas las fases de la amalgama sólida, la potencia -

paciente tuvo 7 largas restauraciones, donde se estuvo liberando suficiente mercurio que mantuvo la concentración de mercurio de  $0.05 \text{ mg/m}^3$  y que  $30 \text{ m}^3$  de aire son inspirados diariamente, un alarzo que todo el mercurio de las 7 restauraciones puede ser evaporado en 2 años, claramente la longevidad de las restauraciones de amalgama es más largo que esto.

Consecuentemente, el vapor de mercurio de las restauraciones de amalgama no puede exceder el TLV, excepto muy intermitentemente. <sup>5/</sup>



## C O N C L U C I O N E S

Conociendo los efectos perjudiciales que el mercurio produce en el hombre, ha hecho que muchos autores y profesionales investigaran sobre el comportamiento de el mercurio en las restauraciones con amalgama dental y su relación con los efectos colaterales en el cuerpo humano. Como sabemos el mercurio se evapora a la temperatura ambiente, esta evaporación ha llevado a los autores a pensar que el mercurio dentro de la amalgama dental, puede sufrir este fenómeno y consecuentemente llevar al paciente a ciertos límites de envenenamiento. como el artículo publicado, de los investigadores Souder y Sweeney : "Es el mercurio venenoso en la restauración de amalgama dental ", en donde detectaron vapor de mercurio despues de calentar amalgama dental y también encontraron pequeñas cantidades de mercurio liberado de las restauraciones con amalgama en el alimento y en los fluidos orales. Esto se amplió con más detalle en el artículo ya escrito y que toca puntos importantes como: la evaporación del mercurio del mercurio metálico, la evaporación del mercurio de la amalgama dental y la disolución del mercurio dentro de la amalgama dental.

Otros autores han estudiado los niveles de mercurio encontrados en la orina en pacientes tratados con restauraciones de amalgama dental, como los estudios hechos por: M. Olstad, Holland, Wandel y Hensten- Petersen. Los cuales encontraron en la orina mercurio y restos de restauraciones de amalgama, pero no encontraron relación que el mercurio pueda tener para provocar alergia.

Autores como Mayer y Svare, Vily y Jordheider en 1930, 1931, - 1935, sucesivamente, encontraron que las amalgamas dentales des -

prenden pequeñas cantidades de mercurio en forma de vapor metálico y algunos iones.

Brune y Evje en 1934 han examinado que la extensión podría contribuir a la carga de mercurio en masa, con relación de contenido de mercurio en la sangre ó en la orina y la cantidad de restauraciones de amalgama dental. Estos reportes no han sido muy convincentes con referencia a alguna afinidad, entre orina y sangre y las restauraciones de amalgama. La relación positiva entre las restauraciones de amalgama y bajos niveles de mercurio en la orina. - los niveles de mercurio en la orina en dicho estudio fueron bajos.

El instituto de salud ocupacional en Oslo, Noruega observa 10  $\mu\text{g}$  mol Hg/mol creatinina como un límite superior de concentración de mercurio en la orina.

El mercurio es una de las sustancias frecuentemente involucrada en reacciones posteriores en testigo-alergia (Epsom et al 1963; - Magnusson et al 1963) quizás esto es debido a la frecuencia y exposición por la liberación de mercurio de las amalgamas; no obstante los casos reportados son pocos en relación al uso del material, (Mayer 1930; Bauer y First 1932). En algunas instancias la reacción alérgica apareció justo después de la colocación de la amalgama dental.

Muy pocas reacciones alérgicas son atribuidas a la liberación de mercurio en las restauraciones de amalgama.

El mercurio libera un vapor metálico y partículas de amalgama, pero las cantidades relativas son insuficientes para una evaluación, por lo que se deduce que cualquier amalgama puede contribuir al nivel de mercurio en la orina. La concentración de mercurio en

la orina puede fluctuar bastante a la exposición constante de -  
mercurio.

Aunque existe poca cantidad de mercurio en las restauraciones -  
de amalgama dental, estas contribuyen a la contaminación del orga-  
nismo con mercurio, ya que existe mayor cantidad de mercurio con-  
taminante en el medio ambiente. Por lo tanto se puede seguir utili-  
zando la amalgama con mercurio siempre que se sigan las medidas de  
seguridad para evitar una mayor contaminación en el organismo y -  
por consiguiente una mayor concentración de mercurio en la orina.

Otros autores y profesionales investigan como se disuelve el -  
mercurio de la amalgama dental después de cierto tiempo de inmer-  
sión en solución salina y salivas artificiales. En un artículo pu-  
blicado en la revista Journal Dental Research 1957, se expone la di-  
solución del mercurio de las amalgamas de algunos componentes in-  
termetálicos en las estructuras de amalgama como son gamma uno, -  
gamma dos y beta uno y fueron examinados durante una semana en so-  
lución salina, donde 55% de iones de mercurio liberado de las amal-  
gamas y de las fases que fueron absorbidas sobre las paredes del -  
recipiente. Cuando se libera mercurio de la amalgama dental, puede  
reaccionar contra las partículas de la ligadura y otra porción di-  
solverse en los fluidos orales. En sí se ha visto que todos los -  
componentes de la amalgama pueden ser disueltos en soluciones, en  
experimentos IN VITRO. Después de 24 horas de inmersión. La canti-  
dad de mercurio disuelta dentro de la saliva artificial fue de 0.3  
a 6.4  $\mu\text{g/cm}$ , influyendo en estas diferencias el tiempo y la tempe-  
ratura, en soluciones salinas de diferentes tipos y amalgamas tan  
buenas como las de fase dispersa.

El mercurio disuelto de la amalgama en la solución de NaCl fue detectada por espectrofotometría de absorción atómica sin flama como reportó Umezaki e Iwamoto en 1931.

Reynolds y Barker 1973, han reportado también que la evaporación de mercurio de la pura gamma dos es más lento que la forma de la pura gamma uno.

A pesar de la cantidad de mercurio disuelto en solución salina, muchos factores incluyendo los efectos del tiempo, la presencia de ácidos en comidas y bebidas y los efectos de abrasión continua de la superficie de la amalgama durante la masticación deben ser consideradas ampliamente.

Como se ha visto el mercurio se libera ó más bien se evapora de las amalgamas dentales desde el momento mismo de la amalgamación, la trituración, la condensación y durante el fraguado de la amalgama se sigue liberando el mercurio también, por lo que obviamente el paciente puede absorber pequeñas cantidades de mercurio que al acumularse, contaminan su organismo. Durante el envejecimiento de la amalgama dental, esta reacciona con la saliva y el medio ambiente bucal. Según los estudios realizados el mercurio dentro de la amalgama dental reacciona con los fluidos orales y se va sublimando con el transcurso del tiempo, llegando a perder parte de el mercurio contenido. La corrosión es otro factor importante que contribuye a la disolución parcial del mercurio contenido dentro de la amalgama. En el estudio realizado por el Dr. T Okabe se estudian también factores, como la presión de vapor del mercurio en experimentos IN VITRO con saliva artificial y soluciones salinas. y también la temperatura como otro factor importante en los cambios

del mercurio en la amalgama dental y la evaporación que sufre a consecuencia de la elevación de la temperatura.

No obstante todas las discusiones e investigaciones sobre los efectos nocivos que el mercurio de la amalgama dental trae consigo, al paciente también es cierto que el uso de la amalgama dental a base de mercurio ha sido difundida y muy usada desde hace mucho tiempo ya que es un material muy económico fácil de manipular y tan resistente a las fuerzas de la masticación como otros materiales más duros y fuertes que la amalgama. Por estas razones la amalgama con mercurio se sigue usando.

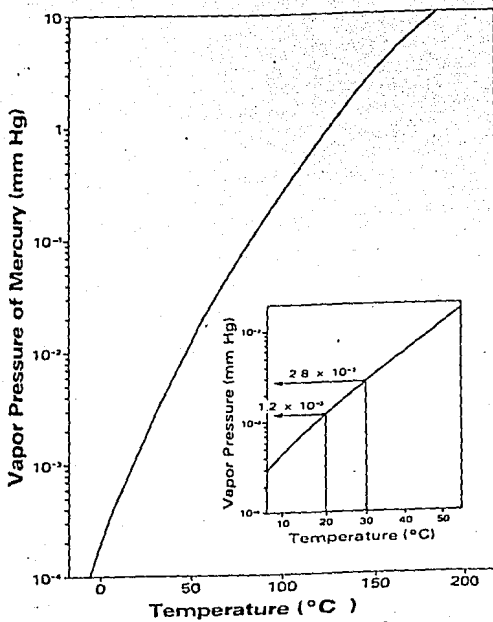


Fig. 1. The effect of temperature on the vapor pressure of mercury.

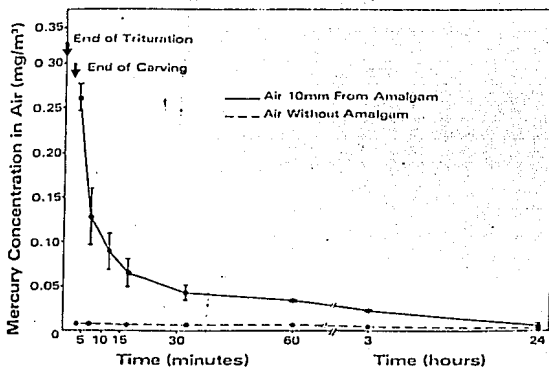


Fig. 3. Change with time in mercury vapor emission from freshly made amalgams.

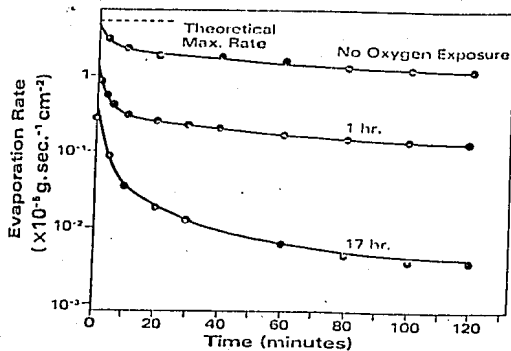


Fig. 2. Change of evaporation of mercury vs. pumping time. The hours shown, 1 and 17, indicate time of exposure to oxygen.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

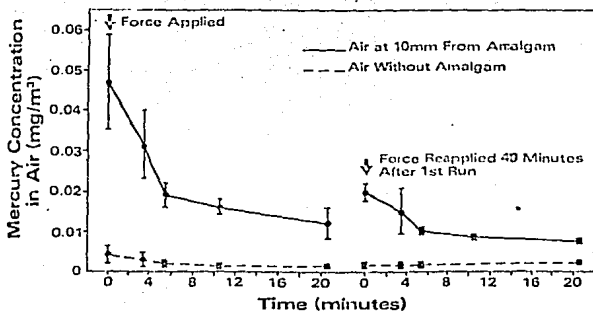
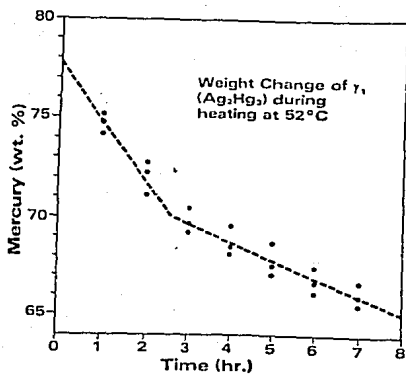


Fig. 4. Effect of force on mercury vapor emission from set amalgams.



C.W. Fehnel, Ph.D. Dissertation at North Western University, 1966

Fig. 5. Weight change of  $\gamma_1$  ( $Ag_2Hg_3$ ) during heating at 52°C.



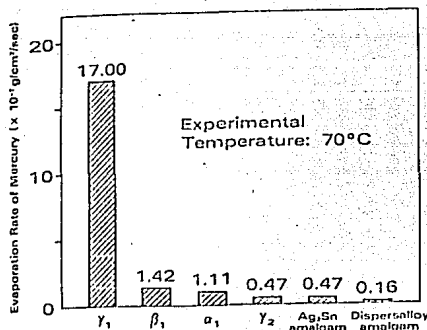


Fig. 6. Evaporation rate of mercury from amalgams and various phases in amalgam structure.

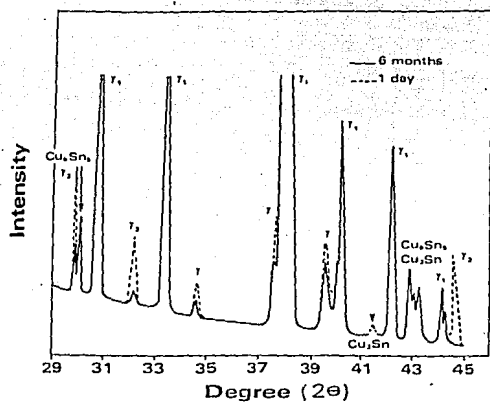
C. L. Reynolds, Jr., J. Biomed. Mater. Res. 8:369-373, 1974

Table 1. Mercury levels in mouth air and blood between groups with and without amalgam restorations.

	without amalgams (ng/15 sec)		with amalgams (ng/15 sec)	
	before chewing	after chewing	before chewing	after chewing
Hg in mouth air	1.13±0.29	1.06±0.23	2.24±1.66	18.97±28.67
Blood Hg levels	0.3±0.3		0.7±0.6	

J. E. Abraham, C. W. Svare and C. W. Frank, J. Dent. Res. 63: 71-73, 1984.

6-



S. J. Marshall and G. Marshall, Jr., *J. Biomed. Mater. Res.* 13:395-406, 1979.

Fig. 7. Comparison of the x-ray diffraction patterns obtained from a high copper amalgam (Micro II, L.D. Caulk Co.) which was aged for 1 day and 6 months at 37°C.

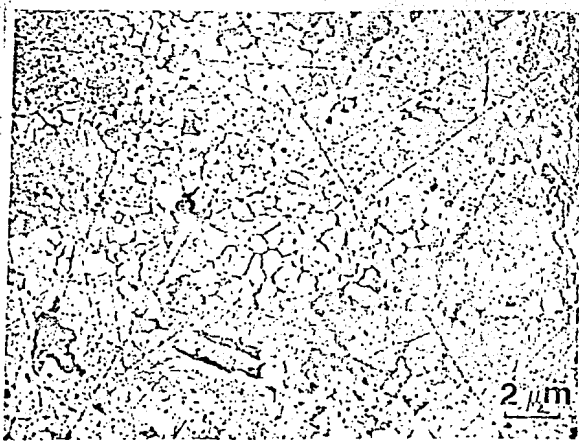


Fig. 9. Typical  $\gamma$  grain boundary grooving on the surface of an amalgam (Optaloy, L.D. Caulk Co.) revealed after aging for several months.

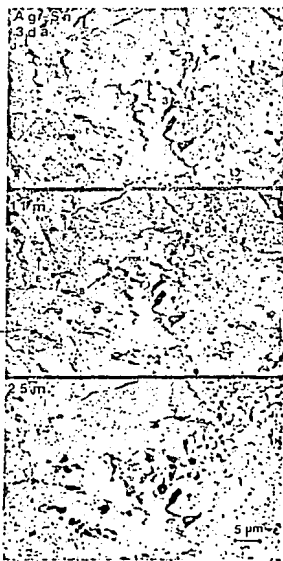


Fig. 8. Scanning electron micrographs showing structural changes on the surface of an amalgam (Ag<sub>3</sub>Sn amalgam) during aging over a period of 25 months.

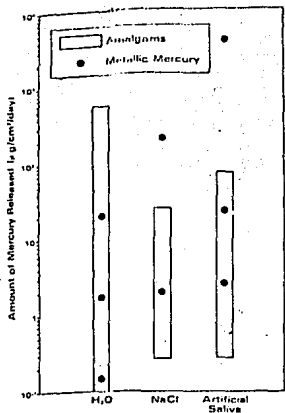


Fig. 10. Ranges for the amount of mercury released from amalgams into distilled water, NaCl solution and artificial saliva during the first 24 hours of immersion.

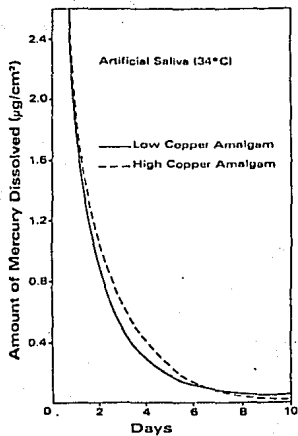


Fig. 11. Change in mercury dissolution from amalgams while immersed in an artificial saliva.

B I B L I O G R A F I A

- 1) Dental Materials. Official Publication of the Academy of Dental Material.  
Vol. 5 No. 1 Febrero 1937  
Autores del Artículo : Dr. Toru Okabe  
Titulo del Artículo : " El Mercurio en la Estructura de la Amalgama Dental
- 2) Journal Dental Reserch.  
Vol. 66 No. 1 Pag. 33 - 37 Enero  
Autores del Artículo : T. Okabe, J. Ferracane, C. Cooper, H. Matsumoto M. Wagner.  
Titulo del Artículo : " Disolución del Mercurio de la Amalgama Centro de Solución Salina.
- 3) Journal Dental Reserch.  
Vol. 66 No. 6 junio 1937  
Autores del Artículo : M. L. Olstad , R. I. Holland , N. Wandel  
Titulo del Artículo : " Correlación entre las Restauraciones de Amalgama y las Concentraciones de Mercurio en la Orina.
- 4) La Ciencia de los Materiales Dentales.  
Ed. Interamericana 8va. Edición.  
Autor : Skinner.