

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN MERCURIAL EN LOS AMBIENTES CLÍNICOS Y PRE-CLÍNICOS DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, AÑO 2004.

Tesis presentada por:

**ANA LUCÍA ARÉVALO DONIS**

ANTE EL TRIBUNAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO, PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE:

**CIRUJANA DENTISTA**

Guatemala, septiembre de 2004

## JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Segundo:	Dr. Guillermo Alejandro Ruiz Ordóñez
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Pedro José Asturias Sueiras
Vocal Quinto:	Br. Carlos Iván Dávila Alvarez
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

## TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Segundo:	Dr. Ricardo Carrillo Cotto
Vocal Tercero:	Dr. Edwin Milián Rojas
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

## ACTO QUE DEDICO

A Dios:

Mi padre celestial, fuente de vida y salvación que me ha dado la fuerza y la sabiduría para seguir adelante y alcanzar mis metas. Gracias Señor por estar conmigo en cada momento.

A la Virgen María:

Por su ejemplo de madre, sacrificio y entrega.

A mi abuelita:

Estebana Arévalo vda. de Donis, por todo su cariño, cuidados y enseñanzas, por inculcarme valores y principios que hoy trato de no olvidar. Tu sabes cuanto me gustaría que estuvieras aquí pero estoy segura que allá en el cielo Dios te sabrá recompensar.

A mis padres:

María del Rosario Donis A. y Edwin Arévalo Gonzáles. Gracias por estar a mi lado siempre ayudándome y apoyándome incondicionalmente. Que la meta que alcanzo hoy sea una recompensa para ustedes.

A mi esposo:

Marco Antonio Muralles Maldonado, gracias por creer en mi, brindándome siempre tu apoyo, paciencia y amor. Sin ti alcanzar esta meta no hubiese sido posible, te amo.

A mi hijo:

José Andrés Muralles Arévalo, me das la fuerza que me impulsa a seguir adelante, le das sentido a mi vida y eres el mejor regalo de Dios. Te amo.

A mi hermano:

Edwin Iván Arévalo Donis, con mucho cariño.

A mis suegros:

Catalina de Muralles y José Muralles, les agradezco su ayuda y el cariño que me han demostrado desde que pertenezco a su familia.

A la familia:

Muralles Maldonado, con respeto y afecto.

A mi madrina:

Aura Donis Arévalo, gracias por su apoyo, cariño y ayuda.

A mis tíos:

Héctor, Juan Luis y Antonio Donis, con mucho cariño.

A todos mis primos:

Especialmente a:

Antonio y Nicté, Merly, Leslie, Elena, Mónica, Fernando y Rossana, con cariño.

A mis amigos:

Danis Arriaga, Andrés Aragón, Gerber Albizures.

Especialmente a: Amílcar Gonzáles, por su colaboración y ayuda en la realización de este proyecto, gracias Amílcar.

A mis amigas:

Helga Rinze, Sofía Portillo, Olga Sanchez, Tatiana Gonzáles, Silvia Erazo, Marleny Franco y Anaythé Mendez, con quienes he compartido parte importante de mi vida, gracias por su cariño y amistad.

Especialmente a: Ingrid Martínez y Dilsy Torres, porque he podido contar con ustedes cuando más he necesitado, gracias por su amistad sincera y el cariño que nos une.

A las Familias:

Avendaño Arenales, Juárez Maldonado y Calderón Jaramillo.

A mis profesores:

Sra. Marcia Cerezo Q.P.D., Dr. Estuardo Montoya, Dr. Juan Sánchez, Dr. Horacio Mendía, Dr. Erick Hernández, Dr. Marvin Maas, Dr. Luis Viau, Dr. Estuardo Palencia, Dr. López Pantoja, Dr. López Robledo, Dr. Víctor Coronado, gracias por sus enseñanzas y conocimientos transmitidos en mi formación académica.

Especialmente a: Dr. Edwin Milián y Dr. Ricardo Carrillo, por sus sabios consejos y colaboración en la realización de esta investigación.

Y a usted que presta atención a la presente.

**TESIS QUE DEDICO**

A DIOS

A MIS PADRES

A MI PATRIA GUATEMALA

A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA

A MI FAMILIA

A LOS DOCTORES: DANILO CHAVARÍA, EDWIN MILIÁN, RICARDO CARRILLO,  
RICARDO LEÓN.

A MIS PADRINOS

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado “Determinación del Nivel de Contaminación Mercurial en los Ambientes Clínicos y Pre-clínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, año 2,004.” , conforme lo demandan los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

## **CIRUJANA DENTISTA**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación, personas que desde el principio creyeron en mi y me brindaron su apoyo, tiempo y dedicación, motivandome siempre a seguir adelante, gracias especialmente a Dios sobre todo, al Dr. Danilo Chavarría, Dr. Edwin Milián Rojas y Dr. Ricardo Carrillo Cotto, sin quienes este trabajo no hubiese sido posible.

Y a Ustedes, distinguidos miembros del Honorable Tribunal Examinador, reciban mis más altas muestras de respeto y consideración.

## INDICE

01. Sumario	1
02. Introducción	2
03. Antecedentes	3
04. Planteamiento del Problema	6
05. Justificación	7
06. Revisión de Literatura	8
07. Objetivos	31
08. Materiales y Métodos	32
09. Presentación de Resultados	35
10. Discusión de Resultados	52
11. Conclusiones	54
12. Recomendaciones	55
13. Bibliografía	56

## SUMARIO

Con el propósito de determinar el nivel actual de contaminación por vapores mercuriales tanto en las clínicas como en el Laboratorio Preclínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se procedió a monitorear el ambiente de estos lugares colocando detectores tipo Williams, en las clínicas de Operatoria, Odontopediatría, Dispensario del primer nivel, clínica de Post-grado y Laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3. Los detectores estuvieron colocados durante diez días, tiempo en el cual se realizaron tres lecturas, la primera a los tres días, la segunda a los seis días y la tercera a los diez días. Los resultados demostraron que existe una contaminación moderada en la clínica de Operatoria, debido a que aún se utiliza el mercurio y la pastilla de aleación mezclados en forma manual y además hace falta un adecuado manejo de los residuos de amalgama y mercurio, incumpliendo con las normas dadas por la FDI. Un nivel que va de leve a moderado en el Dispensario y la clínica de Odontopediatría y se encontró contaminación severa en el laboratorio Multidisciplinario del edificio M3. En la clínica de Post-grado no se encontró presencia de contaminación, ya que en este lugar no se manipula mercurio. En este estudio se concluye que existe contaminación por vapores mercuriales en los espacios clínicos y pre-clínicos monitoreados, con excepción de la clínica de post-grado.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación por vapores mercuriales es un problema que desde hace años se detectó en las instalaciones clínicas y pre-clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, lamentablemente no se le dio seguimiento, ni una solución adecuada al problema. Actualmente surgió la pregunta ¿ En qué nivel se encontrará la contaminación mercurial ?, por lo que se procedió a realizar este estudio en donde se monitorearon las instalaciones ya mencionadas, encontrando nuevamente contaminación mercurial, la cual es producto de un manejo inadecuado del mercurio utilizado para la realización de la amalgama dental y de los desechos que de este se derivan, así como de el diseño y disposición de los espacios clínicos y quizá la indiferencia con la que se toma el riesgo de este problema.

## ANTECEDENTES

Con el propósito de determinar si existe contaminación mercurial en las clínicas, dispensarios y laboratorios de preclínica de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Cojulùn <sup>(7)</sup> en 1988 empleó detectores Williams y efectuó 3 lecturas a los 3, 6 y 10 días después de su colocación. Los resultados obtenidos demuestran que el dispensario del primer nivel ubicado en el edificio M-1, presentó contaminación mercurial severa durante las tres lecturas. De las 8 áreas investigadas, todas presentaron contaminación mercurial. En este estudio se concluyó que existe contaminación ambiental por vapores de mercurio en las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos.

Con el fin de determinar si existía contaminación mercurial en las clínicas privadas de la ciudad de Quetzaltenango, Bonatto <sup>(3)</sup> seleccionó una muestra consistente en 10 clínicas de dicho lugar en 1988, para someterlas a investigación la cual consistió en la colocación de detectores Williams en el área operatoria de cada clínica dental durante 10 días. Se realizaron tres lecturas en este periodo, al tercero, sexto y décimo días, después de su colocación. El resultado mostró un grado de contaminación moderado en el ambiente de las 10 clínicas evaluadas. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que existe contaminación mercurial en dichas clínicas.

Para determinar que existe contaminación mercurial en el ambiente de las clínicas privadas de la ciudad de Guatemala, en 1988, Carrillo <sup>(5)</sup> sometió a investigación 22 clínicas privadas como muestra. Se colocó en cada una de ellas un detector Williams, el cual fue leído 3 veces, a los 3, 6 y 10 días. Los resultados demuestran que el 95 % de las clínicas estudiadas presentan contaminación, ya que solamente 1 de ellas no presentó cambio de coloración en el detector, en 6 se encontró contaminación leve, en 12 casos se encontró contaminación moderada y 3 presentaron contaminación severa, con lo cual se concluyó que existe contaminación mercurial en las clínicas privadas de la ciudad.

Para determinar si existe intoxicación mercurial en profesionales de la Odontología que laboran como docentes en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, González <sup>(13)</sup> procedió en el año de 1989 a estudiar una grupo seleccionado de 37 docentes, a los cuales se les solicitó una muestra de orina respectivamente y fue analizada químicamente mediante el método de

Dytizona (mercurio en orina). En el estudio se concluyó que el 97.3% de las muestras procesadas presentaron valores superiores al permisible (0.05mg/l). El valor promedio de la muestra estudiada fue de 0.42 mg/l, los valores oscilaron entre 0.11-0.99 mg/l y únicamente un caso presentó concentraciones de mercurio dentro de los niveles aceptados como seguros para la salud. Así mismo por medio de encuestas se determinó que de los 37 profesionales estudiados, 10 de ellos reportaron padecer de insomnio y 8 manifestaron presentar temblor en las manos como síntomas de mercurialismo. En este estudio se concluyó que existe intoxicación mercurial en los profesionales que laboran en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Con el objetivo de determinar si existe contaminación mercurial en el ambiente de clínicas dentales del Hospital Militar y Clínicas Periféricas pertenecientes al mismo hospital, en 1988, Molina <sup>(16)</sup> sometió a investigación estas áreas por medio de la colocación de detectores Williams en dichos lugares, se hicieron tres mediciones, la primera a los 3 días, la segunda a los 6 días y la tercera a los 10 días. Los resultados fueron una contaminación existente de moderada a severa. En el mismo estudio se determinaron valores en muestras de orina del personal odontológico y para-odontológico, los cuales dieron resultados negativos a la contaminación, sin embargo se concluyó que el ambiente de dichas clínicas presentaba contaminación mercurial.

Con el propósito de determinar la existencia de contaminación mercurial en el ambiente de las clínicas odontológicas de la cabecera departamental de Zacapa, Cabrera <sup>(4)</sup> sometió a estudio una muestra de 10 consultorios clínicos en el año de 1988. Para ello se utilizaron los detectores Williams y se efectuaron 3 lecturas, a los 3, 6 y 10 días después de su colocación. Los resultados obtenidos revelan que el promedio de contaminación mercurial en el medio ambiente de las diez clínicas investigadas es severo, por lo que concluyó que existe contaminación ambiental por vapores mercuriales en las clínicas estudiadas.

Para determinar los niveles de mercurio en sangre de profesionales de Odontología y personal administrativo expuesto que laboran en las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por el método de absorción atómica con vapor frío. González <sup>(14)</sup> seleccionó una muestra constituida por 20 personas seleccionadas al azar, de las cuales 17 eran profesionales, todos docentes y 3 eran sujetos del personal administrativo, que se encargan del almacenamiento, manejo, dosificación y distribución del mercurio en los dispensarios de la institución mencionada

anteriormente. Los niveles de concentración en sangre fueron determinados por el LUCAM (Laboratorio Unificado de Alimentos y Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social). Por medio del método de absorción atómica con vapor frío. Los resultados obtenidos revelan que el valor promedio de concentración de mercurio en sangre para la muestra estudiada es de 0.53 microgramos de mercurio por 100 ml de sangre ( máximo permisible es 0.1 microgramos de mercurio por 100 ml de sangre ). El 75% de los integrantes de la muestra se encuentran por arriba del valor mínimo permitido. Por lo que se concluyó en este estudio que existe intoxicación por mercurio en los profesionales de la Facultad de Odontología de la USAC.

Todas las anteriores investigaciones demuestran que existen altos niveles de contaminación mercurial en los lugares estudiados, ya que entre estos figuran las clínicas y laboratorio pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos, actualmente se conoció a que nivel se encuentra la contaminación por vapor mercurial.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los vapores emanados del mercurio que diariamente se utiliza en la práctica odontológica en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala son tóxicos y perjudiciales para la salud de las personas expuestas. Los antecedentes han demostrado que existieron niveles de contaminación mercurial por encima del nivel permisible ( $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ). Las medidas de seguridad e higiene mercurial ya están establecidas, pero no se aplican en estos lugares, surge la siguiente interrogante: ¿Cómo estará el nivel de contaminación ambiental si no se le ha dado un manejo adecuado al mercurio y sus desechos?

## **JUSTIFICACIÓN**

- Es indispensable determinar si actualmente existe contaminación por vapores mercuriales en las clínicas y laboratorio preclínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser éstos un factor que pone en riesgo la salud de las personas.
- Es necesario hacer este estudio para conocer el estado actual y real de las condiciones ambientales en cuanto a contaminación se refiere, en que laboran profesores, estudiantes y personal administrativo en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Reseña Histórica:

El mercurio es un elemento muy brillante de color gris claro, es el único metal líquido a temperatura ambiente. La formación de espuma o nata espesa indica que hay contaminación y esto, es motivo suficiente para remplazarla <sup>(2,5,6)</sup>.

Ha existido siempre un aura de magia en torno al mercurio, el nombre compartido por un dios romano y un planeta distante dan la apariencia de magia sugestiva a este metal líquido. En tiempos antes de Cristo, le fueron atribuidas propiedades mágicas al mercurio, ya que este ocupaba un papel central entre todos los químicos en la transmutación de metales bases hacia el oro, era llevado como amuleto para protegerse contra enfermedades y demonios. Aún cuando en ese tiempo, fue utilizado amplia y notablemente para el tratamiento de la sífilis fue bastante condenado como una droga con margen no razonable de seguridad. Las características de intoxicación ocupacional fueron descritas por primera vez en la edad media <sup>(3,5)</sup>.

El envenenamiento por mercurio ocurre en ciertas ocupaciones por inhalación de sus vapores. Han ocurrido también, episodios de contaminación en el ambiente con formas orgánicas de mercurio principalmente de metilmercurio. El episodio mas ampliamente conocido ocurrió en la Bahía de Minamata, Japón, de 1,953 a 1,960. A este episodio le siguió otro similar en Nigata, Japón. En ambos casos, los habitantes locales consumieron peces contaminados con mercurio debido a material desechado por una industria; fueron reportados un total de 1,200 casos de envenenamiento <sup>(2,3)</sup>.

Ha habido episodios de contaminación por pan hecho de granos tratados con insecticida de mercurio alcalino. La más grande de estas tragedias ocurrió en Irak durante 1,971 y 1,972 en esa ocasión hubo aproximadamente 6,000 casos de envenenamiento y 500 muertos <sup>(5)</sup>.

Otros reportes de envenenamiento humano por consumo inadvertido de semillas de cereales tratados con mercurio se han producido en Pakistán y Guatemala <sup>(5)</sup>.

El mercurio se conoce desde épocas muy antiguas, según lo revela el hecho de haber sido encontrado en tumbas egipcias que datan del año 1,500 A.C.. En la antigüedad, fue explotado por los fenicios, romanos y griegos y en la edad media por los árabes. Se le ha llamado de diferentes formas entre ellas: Kenabare por los romanos, Sinabris (nombre latino), Mercurio en honor al dios Mercurio e Hidrargirio que significa plata fluida y del cual se deriva su símbolo químico (Hg). El mercurio es conocido popularmente con el nombre de azogue. Suele hallarse en estado puro en la naturaleza pero lo más usual es obtenerlo de un mineral llamado Cinabrio (HgS), este último es de color rojo y se encuentra en muchas clases de rocas, todas de origen volcánico <sup>(3,5)</sup>.

#### Propiedades Químicas y Físicas:

El mercurio es abundante en la corteza terrestre en 0.5 ppm, su peso atómico es de 200.61, su número atómico es 80, su punto de fusión de  $-39^{\circ}\text{C}$ , un punto de ebullición de  $357^{\circ}\text{C}$  y un punto de congelación de  $-38.87^{\circ}\text{C}$ . <sup>(3,6,7)</sup>.

Su densidad es alta y equivale a  $13.6\text{ gr/cm}^3$ . Su tensión superficial es muy alta ( $470\text{erg/cm}^2$ ), lo que hace que se formen gotas muy pequeñas cuando se derrama y que no moje la mayoría de los cuerpos. Su presión de vapor también es bastante alta lo cual hace que sea altamente volátil, es decir que ésta aumenta rápidamente con el incremento de la temperatura <sup>(6,7)</sup>.

El mercurio junto al cadmio y cinc se ubican en el grupo IIB de la tabla periódica de Mendelejev. Además en su estado elemental, el mercurio existe en los estados +1 (mercurio I) y +2 (mercurio II), en los cuales el átomo de mercurio ha perdido uno o dos electrones respectivamente; los compuestos químicos de mercurio II son mucho más numerosos que los de mercurio I <sup>(3,5,7)</sup>.

Además de las sales simples, como el cloruro, nitrato y sulfato, el mercurio II forma una clase importante de compuestos organometálicos, los cuales se caracterizan por el enlace del mercurio a uno o dos átomos de carbono, para formar compuestos del tipo  $\text{RHgX}$  y  $\text{RHgR}'$ , en los cuales R y R' representan el componente orgánico <sup>(5,6,7)</sup>.

Desde el punto de vista toxicológico, los compuestos organometálicos más importantes se encuentran en la subclase de alquilmercurios de cadena corta, en los cuales el mercurio está enlazado al átomo de carbono de un grupo metilo, etilo, o propilo <sup>(7)</sup>.

Desde el punto de vista de riesgo para la salud humana, las formas más importantes de mercurio son el vapor de mercurio elemental y los alquilmercurios de cadena corta <sup>(3,5,7)</sup>.

La presión de vapor de mercurio, es suficientemente elevada para dar concentraciones nocivas a las temperaturas que normalmente se encuentran en ambientes internos y externos con diferentes condiciones climáticas. Aparte de los gases nobles, el mercurio es el único elemento con vapor monoatómico a temperatura ambiente. Poco se sabe de los estados químicos y físicos del mercurio que se encuentra en el aire ambiental, y en el aire en que ocurre la exposición ocupacional <sup>(2,3,5,7)</sup>.

A la temperatura ambiente en agua, exenta de aire, su solubilidad es aproximadamente de 20 ug/l. <sup>(2,7)</sup>.

En presencia de oxígeno, el mercurio metálico se oxida rápidamente adquiriendo la forma iónica-mercurio II y puede alcanzar concentraciones en agua hasta de 40 ug/l. <sup>(3,5,7)</sup>.

El cloruro de mercurio I, la sal más usada (calomelano), fue ampliamente utilizada en la primera mitad del siglo en polvos para la dentición y preparaciones antihelmínticas; la escasa toxicidad de este compuesto se debe principalmente a la bajísima solubilidad en agua <sup>(3,5,7)</sup>.

El cloruro de mercurio II, es un compuesto altamente reactivo que desnaturaliza fácilmente las proteínas y se usó ampliamente en el siglo pasado como desinfectante <sup>(3,5,7)</sup>.

El ácido clorhídrico lo corroe por debajo de 300°C., mientras que el cloro lo ataca en frío. Se combina fácilmente con el azufre a temperaturas relativamente bajas y disuelve el oro, plata y los metales alcalinos formando amalgamas, las cuales al ser sometidos al calor separan sus componentes. El mercurio también reacciona con el ácido nítrico, calentándose hasta producir ácido sulfúrico o álcalis. Reacciona con soluciones de amonio en el aire para formar Hg<sub>2</sub>HOH conocido como la base del

Millon. Las sales mercuriales cuando son calentadas con carbonato de sodio producen mercurio metálico y son reducidas a metal por peróxido de hidrógeno en la presencia de hidróxido alcalino (2,3,5,7).

Usos del Mercurio:

El mercurio se utiliza en barómetros, hidrómetros, pirómetros, en lámparas de arco que producen rayos ultravioleta, en interruptores, en lámparas fluorescentes, en hervidores, extrayendo oro y plata de minerales, en rectificadores eléctricos, en pinturas antihongos, interruptores silenciosos, en fulminantes y también en Odontología donde combinado con aleación forma amalgama dental, y es usado para restaurar cavidades en piezas dentales (2,3,5,7,17,18).

Metabolismo:

Existen tres formas de mercurio:

1.- Mercurio Elemental –Hg: Tomando en cuenta su toxicidad, esta forma es importante porque tiene una presión de vapor alta.

La atmósfera es saturada a 24°C. por esta forma de mercurio, eso quiere decir que la atmósfera contiene aproximadamente 18mg/m<sup>3</sup>, de mercurio elemental (3,5,7).

2. - Mercurio Inorgánico –Hg y Hg: De estos dos estados de oxidación el Hg es el más reactivo, formando complejos orgánicos ligados a grupos sulfhidrilos en contraste con el cloruro de mercurio, el cual es tóxico y altamente soluble en agua, mientras que el clorato de mercurio es altamente insoluble y menos tóxico (3,5,7).

3. - Mercurio Orgánico: Este compuesto es de estructura química diversa, por lo cual el término usado aquí se refiere a mercurio orgánico como todos los compuestos en los cuales el mercurio tiene una unión con el átomo de carbono (3,5,7).

Los cationes orgánicos metil y etil mercurio, fenilmercurio, familia de diuréticos y alcoalcali mercurio, forman ácidos inorgánicos y orgánicos, cloruros y acetatos, estos pasan rápidamente a través de las membranas puesto que son liposolubles. Así los compuestos de mercurio alcalino son más resistentes a la biodegradación, ya sea el fenilmercurio o los compuestos alcoalcali mercurio (3,5,7).

## Absorción:

El mercurio elemental no es tóxico cuando se ingiere pues el metal en esta forma no puede reaccionar con moléculas biológicamente importantes <sup>(5)</sup>.

La ruta más importante de absorción del mercurio elemental es el tracto respiratorio, de la naturaleza monoatómica y la solubilidad del vapor de mercurio depende el porcentaje de deposición y retención, que son muy altas en el orden del 80% en el hombre <sup>(3,5)</sup>.

Probablemente los componentes monoalquilmercuriales son también depositados y retenidos en altos grados debido a que tienen presión de vapor y solubilidad lípida alta <sup>(5,7)</sup>.

El mercurio elemental es absorbido en el tracto gastrointestinal en un porcentaje, probablemente menor que el 0.1%. Esto puede ser porque el mercurio no se encuentra en estado monoatómico como en los pulmones y ello ocurre como partículas globulares grandes. El mercurio inorgánico, en comidas, es absorbido aproximadamente en un 7% y en compuestos de mercurio orgánico son eficientemente absorbidos debido a su solubilidad lípida; por ejemplo, la absorción del metil mercurio, aún mezclado en comidas, es aproximadamente 95% en adultos <sup>(3,7)</sup>.

El vapor de mercurio es metilo en la boca y esa forma de metil mercurio es más tóxica que el mercurio elemental <sup>(18)</sup>.

La absorción sistemática de mercuriales alcalinos es sustancial, la gente ha sido envenenada por la aplicación tópica de ungüentos que contienen metil mercurio.

## Absorción por Inhalación:

La inhalación es la vía más importante de absorción de vapor de mercurio elemental. De acuerdo con los conocimientos actuales respecto a los principios generales que exigen la retención pulmonar de vapores, la elevada difusibilidad y apreciable liposolubilidad de vapor del mercurio metálico, debieran asegurar una elevada tasa de absorción en las regiones alveolares del pulmón <sup>(3,5,7)</sup>.

El lugar principal de absorción es el tejido alveolar, donde se produce una absorción completa del vapor, si el vapor de mercurio se absorbe completamente a través de las membranas alveolares, se espera que el 80% del vapor inhalado quede retenido <sup>(5,7,18)</sup>.

#### Absorción por Ingestión:

No se comprende claramente los principios generales en que se basa la absorción gastrointestinal del mercurio y sus compuestos, probablemente, la formación de sales y complejos solubles sea condición previa a la absorción de metales ingeridos con los alimentos. Desde hace mucho se ha considerado que el mercurio metálico líquido se absorbe de manera deficiente en el sistema gastrointestinal; personas que han ingerido varios gramos de mercurio accidentalmente muestran aumento de la concentración sanguínea de mercurio <sup>(3,5)</sup>.

Se carece de información sobre la absorción en seres humanos de otros compuestos orgánicos de mercurio, incluidos los alquilmérgurios de cadena corta, sin embargo se sabe que uno de los máximos lugares de acción del mercurio son las mucosas gástricas <sup>(3,5,7,18)</sup>.

#### Absorción Cutánea:

Durante mucho tiempo ha persistido el debate respecto a la importancia de la piel como vía de penetración del mercurio metálico, ya que este puede atravesar la barrera cutánea aunque no se sabe en que medida, pues ha sido ampliamente demostrada la causalidad del mercurio en innumerables enfermedades alérgicas y en la severidad de éstas <sup>(7,18)</sup>.

Estudios realizados en animales de experimentación ponen de manifiesto que las sales inorgánicas de mercurio, principalmente el cloruro de mercurio, se puede absorber en cantidades significativas a través de la piel. Particularmente la piel es uno de los primeros órganos que presentan sintomatología mercurial <sup>(7,18)</sup>.

#### Distribución en el Organismo:

Ésta varía considerablemente ya que se ve afectada por el tipo de compuesto mercurial ingerido o inhalado y se modifica con el tiempo transcurrido después de la exposición <sup>(3,5,18)</sup>.

Después de exposiciones a compuestos mercuriales se ha encontrado que los órganos donde se depositan son: cerebro, riñón, tejidos fetales, hígado, hematíes, cabello, uñas y también en la leche materna pues la concentración de depósitos de mercurio en ésta es 8 veces más alto que en la madre (5,7,18).

Después de su absorción, el vapor de mercurio disuelto se oxida en los eritrocitos para producir un catión mercúrico bivalente. A las pocas horas de la deposición, el mercurio inhalado es semejante a la ingestión de sales mercúricas. Como el vapor de mercurio atraviesa la membrana mucho más fácilmente que el mercurio bivalente, una significativa cantidad del vapor entra al cerebro antes de oxidarse, por lo cual la toxicidad en el sistema nervioso central es más prominente después de la exposición del vapor de mercurio (3,5,7).

La mayor concentración de mercurio inorgánico se encuentra en los riñones, donde el metal se retiene más tiempo que en otros tejidos. Las concentraciones de mercurio inorgánico son semejantes en la sangre entera y el plasma; los mercuriales inorgánicos no atraviesan fácilmente la barrera hematoencefálica ni la placenta (3,5,7).

Los mercuriales orgánicos llegan a la barrera hematoencefálica y placenta, por ello producen más efectos teratógenos que las sales inorgánicas. Una parte significativa de la carga corporal de mercuriales orgánicos está en los glóbulos rojos; su concentración en los eritrocitos es cinco veces mayor que la plasmática. Debido a que el mercurio inorgánico se distribuye por igual en los glóbulos rojos y en el plasma, esta diferencia de distribución puede usarse para distinguir entre envenenamiento por mercurio inorgánico y orgánico (5,7,18).

#### Excreción:

La contribución de cada vía a la eliminación total, depende del tipo de compuesto mercurial y del tiempo que transcurre después de la exposición.

La contribución relativa de orina o heces a una eliminación total de mercurio es como otras características del metabolismo del mercurio, muy variable dependiendo de la forma particular de mercurio en el cuerpo. Sobre la inhalación prolongada de mercurio, la excreción urinaria para cualquier

individuo fluctúa considerablemente de un día a otro, aún bajo una exposición de estado fijo por las condiciones de exposición <sup>(5,7)</sup>.

El mecanismo de excreción renal del mercurio es complejo, la evidencia sugiere que la filtración glomerular contribuye un poco con la excreción renal de alguna forma de mercurio.

El mecanismo por medio del cual los túbulos renales permiten al mercurio entrar al lumen de la nefrona no es totalmente entendido. Experimentos en animales demuestran que hay una disminución del 50% de la tasa de filtración glomerular que puede llegar a la oliguria y anuria <sup>(3,5,7,18)</sup>.

El mercurio orgánico como el metil mercurio es excretado en su mayor parte, en las heces. Dos procesos separados están involucrados: la excreción biliar de metil mercurio y la excreción por exfoliación de epitelio intestinal, las cuales mueven el mercurio a través del lumen intestinal; sin embargo, cancela sustancialmente la contribución biliar a una excreción neta <sup>(3,5,7)</sup>.

La ruta fecal es la más importante en la eliminación del mercurio, luego de una intoxicación aguda o crónica con metil mercurio <sup>(7)</sup>.

El envenenamiento crónico por mercurio afecta diferentes sistemas dependiendo de la forma en que se encuentre en el momento de la intoxicación. Al ingerir el mercurio metálico se manifiesta esencialmente como un problema renal. Al inhalar el mercurio elemental se produce una enfermedad del sistema nervioso central <sup>(3,5)</sup>.

La disposición de compuestos de mercurio orgánico es, en general, un poco diferente que la de mercurio metálico. La concentración en el cerebro y la sangre es sustancialmente más alta en el caso de metil mercurio <sup>(5,7,18)</sup>.

Las manifestaciones tóxicas del mercurio orgánico o metil mercurio son neurológicas <sup>(3,7)</sup>.

A pesar de la forma química administrada, los tejidos fetales alcanzan concentración de mercurio por lo menos 8 veces más que la de la madre. En efecto, en caso de exposición al vapor de

mercurio y de metil mercurio, las concentraciones exceden a las de la madre variando el grado, duración y nivel de la exposición <sup>(7,18)</sup>.

Debe observarse que la distribución orgánica de mercurio luego de la inhalación de vapor de mercurio elemental se puede ver afectada extraordinariamente por ingestas moderadas de alcohol, ya que este reduce los niveles en el pulmón y aumenta los niveles en el hígado, en ambos casos en cantidades elevadas <sup>(3,5,7)</sup>.

Limitados datos han sugerido que la mitad de vida biológica de mercurio inorgánico, es sólo cerca de cuarenta días en una persona, en comparación con setenta días del metil mercurio o mercurio orgánico <sup>(3,5,7)</sup>.

#### Concentraciones de Mercurio:

Debido a la toxicidad del mercurio el odontólogo debe preocuparse por la carga corporal de mercurio que puede derivarse de los alimentos y otras fuentes, como también de aquel que se acumula debido a la exposición en su consultorio <sup>(3,5,7,18)</sup>.

Teniendo en cuenta los efectos biológicos que conlleva el uso inadecuado del mercurio, se detalla a continuación una tabla de valores límite –umbral que es el nivel de vapor de mercurio al cual puede estar expuesto un individuo, sin peligro, en una jornada de 8 horas al día, 5 días por semana <sup>(6,19)</sup>.

#### Concentraciones de Mercurio

ORINA	0.015 mg/l
SALIVA	0.015 mg/100ml
SANGRE	0.01 ug/100ml
AIRE	0.05 mg/m <sup>3</sup>
CABELLO	7 ppm
UÑAS	5.10 ppm
AGUA	1 ug/l

### Toxicidad del Mercurio:

El mercurio es altamente tóxico y es causante de varios trastornos físicos y de conducta en los individuos contaminados. La contaminación de mercurio puede ser de dos tipos: aguda o crónica y los daños causados por esta pueden ser reversibles o irreversibles <sup>(3,5,6)</sup>.

En la mayoría de los casos los efectos del mercurio son reversibles, salvo aquellas personas que estuvieron expuestas a concentraciones sumamente elevadas de vapor de mercurio o compuestos orgánicos <sup>(3,5,7)</sup>.

Los efectos tóxicos del mercurio pueden dañar diferentes órganos y sistemas del cuerpo, siendo el sistema nervioso central el órgano más afectado, el cerebro, el hígado, el pulmón y riñón también son dañados, siendo el riñón el principal sitio de depósito de mercurio <sup>(6,7)</sup>.

### Mecanismo de Intoxicación:

Debe tenerse en cuenta que el impacto patológico del mercurio sobre el sistema nervioso puede ser influido o modificado por numerosos factores, tales como: el tipo de compuesto mercurial, la vía de absorción, la duración de la exposición, edad y sexo, así como la existencia de otros elementos (selenio, vitamina E y etanol), que pueden modificar la toxicidad del mercurio <sup>(3,5,7)</sup>.

El mecanismo patogénico básico del mercurio es el resultado de los metabolitos iones mercúricos, metil mercurio y radicales libres de metilo, produciendo:

1. - Disfunción de la barrera hematoencefálica que conduce a un metabolismo neural y regular.
2. - Disturbios anabólicos, por ejemplo: cambios en el ARN y síntesis protéica.
3. - Interrupción del sistema enzimático por ejemplo la vía glicolítica y la respiración mitocondrial.
4. - Destrucción y desnaturalización *in situ* de las proteínas celulares.
5. - Desintegración de las membranas biológicas <sup>(5,7)</sup>.

Se ha demostrado que iones de mercurio alteran la barrera hematoencefálica y penetran a las células nerviosas. Esto ocurre en pocas horas y aún en cantidades pequeñas después de la administración de mercurio orgánico o inorgánico, conduciendo a una extravasación de solutos plásmaticos, daño a las membranas endoteliales y gliales, inhibición de algunas enzimas y disminución de la captación de aminoácidos y otros metabolitos. Intracelularmente, el mercurio se encontró asociado a las mitocondrias, retículo endoplásmico, complejo de Golgi y a la membrana nuclear. En las fibras nerviosas, el mercurio se encontró predominantemente sobre la mielina y las mitocondrias, y a medida que progresa la intoxicación se forman vacuolas alrededor de las neuronas, conduciendo a una separación de sus células satélite y eventualmente, a la fragmentación de la neurona con cambios vacuolares de mitocondrias, separación del axón de la capa de mielina, desmielinización y degradación generalizada del axoplasma <sup>(3,5,7,18)</sup>.

Los cambios patológicos que resultan de la toxicidad química del mercurio se debe a que tiene afinidad específica por los grupos sulfhidrilos de las membranas celulares y los grupos tiol de las proteínas y otras moléculas biológicas, por esto casi todas las proteínas del organismo son receptores potenciales, lo que lo hace dañino en concentraciones suficientes <sup>(5,7)</sup>.

Los síntomas neurológicos son los que más caracterizan la microintoxicación mercurial. Los vapores de mercurio son absorbidos directamente por el cerebro, pues como ya se dijo cruzan fácilmente la barrera hemato-encefálica. Otra de las vías de acceso al tejido nervioso central es por absorción a nivel de los nervios dentales (3 por cada raíz), ramas del trigémino, y por la vía axonal llega hasta el cerebro; los niveles cerebrales de mercurio están en relación directa al número de superficies obturadas con amalgama <sup>(18)</sup>.

Algunos estudios explican el daño cerebral como resultado de la reducción en la incorporación de aminoácidos al tejido cerebral y disminución en la producción de ácido ribonucleico neuronal (ARN) <sup>(3,5)</sup>.

Otros hallazgos enzimáticos que se han encontrado afectados, incluso en exposición a concentraciones de vapor de mercurio, por debajo de los niveles límites ( $0.05 \text{ mg/m}^3$ ) son: aumento de la actividad de la colinesterasa de los glóbulos rojos, inhibición de nucleótido piridina, enzimas de flavina, enzimas de oxido reducción, de transferencia e hidrolíticas <sup>(5,7)</sup>.

El Dr. Lechner, hizo unas demostraciones con información de EE.UU. según los cuales mostró el recorrido de los vapores de mercurio a través del aire y la vía sanguínea hacia el cerebro. Allí se forma  $Hg_2$  a partir de Hg y  $O_2$ , que es sumamente tóxico. En caso de exposición frecuente a los vapores mercuriales actuarían enzimas sobre las paredes celulares con alteración de los grupos SH sobre los cuales se depositarían los metales pesados. Un 80% de los pacientes que sufren la enfermedad de Alzheimer no muestran dicha actividad enzimática o muy poca <sup>(15)</sup>.

#### Envenenamiento Agudo:

Generalmente causado por la ingestión por vía oral de mercurio orgánico, pero también puede deberse a la inhalación de vapores de mercurio elemental o mercuriales orgánicos y hasta pomadas mercuriales aplicadas tópicamente <sup>(7)</sup>.

Cuando se ingiere cloruro mercurioso, la precipitación de las proteínas de la membrana mucosa causa rápidamente un aspecto gris ceniciento en la boca, la faringe y la mucosa gástrica. El intenso dolor de los tejidos dañados se agrava con los vómitos, sin embargo estos son mejores ya que si el estómago se vacía con rapidez el paciente tiene mayor posibilidad de sobrevivir. El efecto local se caracteriza por diarrea sanguinolenta profusa severa, con trozos de mucosa intestinal en las heces, esta intoxicación puede producir un shock profundo y la muerte <sup>(3,5,7,18)</sup>.

Si el envenenamiento se produce por inhalación de vapores de mercurio metálico o por mercuriales orgánicos, el síndrome producido se caracteriza por neumonitis, letargo o inquietud, fiebre, taquipnea, tos, dolor torácico, cianosis, diarrea y vómitos: a menudo le siguen enfisema, hemorragia y neumotórax. Los efectos sistémicos del veneno empiezan a las pocas horas y pueden durar días; a veces son mortales. A nivel bucal encontramos la presencia de aftas recurrentes dolorosas, ulcerativas y amarillas, halitosis, gingivitis, lengua edematizada con la impresión de los dientes en los bordes. Las encías sangran fácilmente, hay sialorrea y un fuerte sabor metálico. También es frecuente encontrar inflamación de las glándulas salivares, dolor faríngeo con eritema, supuración recurrente de las amígdalas, la decoloración de los márgenes gingivales similar a la línea del plomo, aparece más tarde y puede haber infección local, aflojamiento de los dientes y necrosis de los alvéolos <sup>(3,5,7,18)</sup>.

A nivel del esófago pueden encontrarse ulceraciones, dolor ardoroso, sensación de obstrucción que impide deglutir adecuadamente. A nivel gástrico, sensación permanente de hambre, fatiga epigástrica, sensación de vacío epigástrico con dolor a la presión, náusea, reflujo gastro-esofágico, las mucosas se encuentran ulceradas y eritematosas. Hígado doloroso a la palpación, diarreas mucosanguinolientas y purulentas, cólicos y dolor rectal <sup>(18)</sup>.

La función renal puede alterarse pocos minutos después que el veneno llega a la circulación. La primera respuesta del riñón puede ser una diuresis causada por la inhibición de la función de la reabsorción tubular, los daños renales se extienden hasta presentar oliguria y por último anuria. Vómitos, diarrea y diuresis causan hipovolemia y generalmente acidosis <sup>(3,5,7,18)</sup>.

En casos severos, los amplios daños capilares causan dilatación capilar y shock, se pierde proteína y líquido por las paredes vasculares y el volumen circulatorio disminuye marcadamente. El paso del mercurio al colon provoca colitis ulcerativa y enteritis, que intensifica y prolonga la diarrea <sup>(7,18)</sup>.

#### Envenenamiento Crónico:

Efectos Neurales Centrales: Los efectos más frecuentes y pronunciados de la exposición a los vapores de mercurio elemental y a los compuestos de alquil mercurio de cadena corta, como el metil mercurio, se ejercen sobre el sistema nervioso central. Los efectos de la exposición al vapor de mercurio son psiconeurológicos. Los síntomas comunes son depresión, irritabilidad, respuesta exagerada a la estimulación (eretismo), excesiva timidez, insomnio, y confusión y disturbios vasomotores, como hiperhidrosis y rubor incontrolables, temblores que se acentúan cuando el paciente debe desempeñar una tarea y es mínima cuando descansa o duerme. El temblor fino de los dedos, párpados, labios y lengua puede interrumpirse con sacudidas violentas; el eretismo y los temblores finos son reversibles <sup>(3,6,7,19)</sup>.

El deterioro enzimático y el bloqueo de procesos fisiológicos, conllevan a muerte neuronal. El mercurio ha sido implicado como agente etiopatogénico en la enfermedad de Alzheimer <sup>(18)</sup>.

Este metal proveniente de las amalgamas dentales se almacena preferencialmente en la hipófisis y a nivel del hipotálamo, de donde puede generar cualquier síntoma neurológico o endócrino. Entre

éstos tenemos alteraciones de la conducta como hiperactividad mental, llanto inmotivado, depresión, somnolencia y alucinaciones <sup>(7,18)</sup>.

También produce decaimiento del estado general, temblor fino sucesivo o vibratorio de las extremidades, labios, lengua, hasta incapacitar al paciente, empeorado por emociones o movimientos voluntarios; parálisis flácida o espástica sin atrofia muscular <sup>(3,5,7,18)</sup>.

Se genera un deterioro intelectual progresivo que hace recordar el cuadro de la demencia senil, en niños puede ser causa de retardo mental, psicosis infantil y disartria <sup>(7,18)</sup>.

El sistema nervioso central del feto parece ser, especialmente sensible a los efectos tóxicos del metil mercurio. Las mujeres embarazadas que se han expuesto a dosis de metil mercurio, sin efecto aparente, han tenido hijos que sufrieron parálisis cerebral <sup>(3,5,7)</sup>.

Efectos Renales: El riñón es el receptor primario del mercurio inorgánico, probablemente porque el metal se concentra más en ese órgano y la exposición industrial crónica a las sales de mercurio inorgánico lleva a la nefrotoxicidad. La función renal pocas veces se ve afectada por el metil mercurio incluso cuando hay evidentes efectos neurológicos severos <sup>(3,5)</sup>.

Los síntomas renales de la intoxicación crónica por mercurio incluyen oliguria, albuminuria, cilindros hialinos, que integrados presentan un cuadro clínico de nefritis parenquimatosa y tóxica <sup>(18)</sup>.

Efectos Neurológicos: Hay dos tipos de alteraciones generadas por el mercurio a nivel cerebral, la bioquímica de la cual ya hemos hablado, y la galvánica. Esta última es generada por el hecho que dos metales diferentes en la boca, producen corrientes eléctricas altas. Estas son lesivas para la salud y se miden en micro amperios. El cerebro y todas las comunicaciones interneurales e intercelulares funcionan en un rango de nano amperios, o sea mil veces menos que el galvanismo mercurial de la boca. Dichas comunicaciones neurales y neurotisulares se ven gravemente afectadas, generando también una serie de fenómenos patológicos que no son tema de esta investigación <sup>(18)</sup>.

Efectos en el Sistema Circulatorio: El mercurio se une de manera estable a la hemoglobina de los glóbulos rojos, reduciendo su capacidad de transporte de oxígeno, así mismo disminuye el aporte de

sangre a los tejidos. La citotoxicidad mercurial, genera daño endotelial y la microangiopatía mercurial, alteración difusa de los capilares, extravasación del fluido vascular con edema tisular y shock. Lo anterior en parte es la causa subyacente de los daños tisulares del mercurio <sup>(18)</sup>.

Efectos en el Sistema Inmune y Piel: El mercurio genera depresión importante y rápida del sistema inmune y esta implicado como inductor de numerosas enfermedades autoinmunes <sup>(18)</sup>.

También ha sido ampliamente demostrada la causalidad del mercurio en innumerables enfermedades alérgicas como el asma, alergias del tracto respiratorio superior y alergias de piel, entre estas el eritema leve, erupción difusa multiforme, puntiforme, urticaria, y finalmente lesiones vesiculares similares al pénfigo <sup>(18)</sup>.

Otro problema inmunológico inducido por el mercurio es la inducción de resistencia bacteriana a los antibióticos, particularmente en bacterias de la boca y del tracto gastrointestinal <sup>(18)</sup>.

Efectos en el Sistema Reprodutor: El mercurio causa rompimiento de las cadenas simples del DNA, reduce severamente la función reproductiva y la gametogénesis, convirtiéndose en una causa importante de infertilidad masculina y femenina <sup>(18)</sup>.

#### TRATAMIENTO:

El tratamiento de intoxicación con mercurio se fundamenta en la detección temprana, terminación de la exposición y la remoción del mercurio con el uso de antidotos, que reducen la cantidad de este metal en el tejido receptor, ya sea formando un complejo inactivo o formalizando la eliminación del metal de los tejidos, obviamente acompañado de una terapia general de sostén <sup>(3,5,7)</sup>.

Estos antidotos producen efectos competitivos, mediante grupos tiol que capturan el mercurio, entre estos encontramos: Dimercaprol, Unthiol, Glutathione o Cisteína y Penicilamina. Estos pueden ser útiles en la prevención de efectos irreversibles si se administran inmediatamente después de la exposición <sup>(3,5,7)</sup>.

Dimercaprol: Es un líquido aceitoso claro, incoloro, viscoso, de olor fuerte y desagradable, típico de los mercaptanos <sup>(7)</sup>.

Las propiedades moleculares del Dimercapro-metal tiene considerable significación práctica. Con el mercurio (y también con el cadmio, arsénico y posiblemente otros metales pesados) se busca mantener un complejo que consiste en dos moléculas de Dimercaprol por cada átomo de metal <sup>(3,5)</sup>.

El régimen de dosificación busca entonces mantener una concentración plasmática de dimercaprol, suficiente para favorecer la formación constante del complejo y su rápida excreción. No obstante, debido a los pronunciados efectos secundarios relacionados con la dosis, deben evitarse las concentraciones plasmáticas excesivas <sup>(3,5,7)</sup>.

El dimercaprol es efectivo si se administra lo más pronto posible, después de la exposición al mercurio, porque es adecuado para prevenir la inhibición de las enzimas sulfídricas <sup>(7)</sup>.

La dosis recomendada de dimercaprol para el tratamiento de envenenamiento por mercurio es de, 5mg/Kg, administrado una vez por vía intramuscular y de 2.5 mg/Kg. cada 8 o 12 horas, durante el primer día y cada 12 o 24 horas durante 10 días más o hasta la recuperación. Los niños toleran el dimercaprol tan bien como los adultos, si la dosis se calcula en base a su peso corporal <sup>(3,5,7)</sup>.

Penicilamina: se ha demostrado una mayor excreción urinaria de mercurio después de la administración de penicilamina en personas expuestas a vapor de mercurio y parece ser este agente el medicamento de elección contra esta intoxicación. La dosis de penicilamina empleada normalmente en el tratamiento del envenenamiento por mercurio inorgánico ( 1g por día) produce, únicamente, una pequeña reducción de la concentración de metil mercurio en la sangre; se necesitan dosis mayores (2g por día) para reducirlo totalmente <sup>(3,7)</sup>.

Dimaval o DMPS: En los casos más severos de intoxicación en ocasiones no es suficiente solamente la descontaminación con oligoelementos, vitaminas, antioxidantes y medicamentos homeopáticos. Se requiere de una sustancia que puede acelerar significativamente este importante proceso para la mejoría de los síntomas de paciente afectado: el Dimaval o DMPS, es la abreviatura de una sustancia química compleja formadora de quelatos:

## Sodio-2,3Dimercaptopropano-1-sulfonato

El DMPS es hidrosoluble por lo que se puede administrar por vía oral, intravenoso o intramuscular. Con esto se logra una movilización y excreción del mercurio que está depositado en el espacio extracelular. Es muy poco liposoluble por lo que prácticamente no atraviesa la barrera cefalorraquídea, aunque si es capaz de remover los depósitos dentro del sistema nervioso central. Debido a su acción removedora de los depósitos intersticiales que con cada inyección ( o dosis) se van eliminando a través de la orina. Luego este espacio se va llenando de nuevo con mercurio y así sucesivamente, por lo que el efecto del DMPS es parecido al de una aspiradora <sup>(12,15)</sup>.

Para el saneamiento del micromercurialismo se recomienda la remoción completa de todas las obturaciones de amalgama antes de la terapia con DMPS. (Fabricante: Heyl, Chemisch-pharmazeutische Fabrik GmbH) <sup>(12,15)</sup>.

En intoxicaciones leves puede ser eliminada la contaminación a través de vitaminas, magnesio, selenio etc., y gotas de cilantro que se administran por 3 a 5 semanas sobre la lengua <sup>(15)</sup>.

## UTILIZACIÓN DEL MERCURIO EN LA PRÁCTICA DENTAL:

La amalgama dental es uno de los materiales restauradores más utilizados en la clínica Odontológica: Uno de los componentes es el mercurio, cuyo uso ha sufrido algunas restricciones en diferentes períodos, no obstante las restauraciones de amalgama han prestado excelentes servicios por más de 150 años <sup>(7,17)</sup>.

No existe otro material de obturación directa con tan amplias indicaciones para su uso, de tan fácil manipulación y que tenga las buenas propiedades físicas de la amalgama dental. Los materiales restauradores actuales, que pueden sustituir a la amalgama dental, aumentan, de manera considerable, el coste de la atención odontológica <sup>(10)</sup>.

La amalgama como tal, resulta de la unión entre la aleación y el mercurio, fenómeno denominado amalgamación. Lógicamente es incorrecto denominar amalgama a la aleación expandida

por el comercio; es el profesional odontólogo quien al unir la aleación con el mercurio produce amalgama <sup>(5,7)</sup>.

Las restauraciones de amalgama sólo son posibles gracias a las características particulares del mercurio. Debido a este metal la masa es plástica en sus comienzos, y se puede insertar y terminar en la preparación cavitaria realizada en una pieza dental, luego es capaz de cristalizar de modo tal que su estructura resiste los rigores del medio bucal <sup>(3,5,7)</sup>.

Para el mercurio dental existe solo un requisito: su pureza, ya que los contaminantes como el arsénico pueden afectar la pulpa, y su falta de pureza afectará las propiedades físicas de la amalgama <sup>(5)</sup>.

La proporción de aleación y mercurio deberá ser la que indique el fabricante ya que actualmente las aleaciones han mejorado en cuanto al tamaño de su partícula, así la aleación esferoidal requiere un 42% de mercurio para su amalgamación, la aleación de fase dispersa requiere 45% de mercurio para su amalgamación y la aleación tradicional que se mantiene en una proporción de 50:50 <sup>(1,5,20)</sup>.

#### RIESGO OCUPACIONAL:

Si las condiciones de trabajo no han sido organizadas debidamente, puede existir riesgo para la salud del personal dental por exposición al mercurio. La aplicación de normas higiénicas adecuadas con respecto al mercurio, y el control de los vapores de mercurio en el ambiente laboral de las clínicas dentales, reducirán considerablemente la exposición a este metal <sup>(10)</sup>.

La permanencia en un ambiente contaminado con vapores de mercurio es perjudicial a la salud tanto para el cirujano dentista como para el paciente <sup>(11,7)</sup>.

Ya que un estudio reveló que los niveles de mercurio emanado inmediatamente después del pulimento de una restauración de amalgama es inmensamente mayor que los niveles provenientes de restauraciones no pulidas <sup>(2)</sup>.

La investigación científica ha demostrado que el mercurio dental es la principal fuente de mercurio en el organismo humano estando implicado en desórdenes neurológicos en niños como el autismo y problemas de fertilidad en las mujeres <sup>(8)</sup>.

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA LA CONTAMINACIÓN MERCURIAL:

Todo consultorio deberá instituir procedimientos propios en el manejo del mercurio para reducir el riesgo de la contaminación. Deberán controlarse las concentraciones de aire de manera que los empleados no estén expuestos a los niveles de vapor de mercurio mayores a 0.05 mgHg/m<sup>3</sup>, determinado como una exposición promedio peso-tiempo para una jornada de trabajo de 8 horas <sup>(6,7,19)</sup>.

Se sugiere que se analice con frecuencia el ambiente de los consultorios, monitoreándolo o tomando muestras de aire, así como realizar periódicamente pruebas de laboratorio al personal en riesgo <sup>(11)</sup>.

Exámenes médicos amplios deben estar disponibles, anualmente, a las personas que laboran en las clínicas odontológicas, tanto antes como después de su ingreso como trabajador. Deben tomarse muestras de sangre y orina para análisis, aunque también pueden emplearse otros tejidos corporales como uñas y cabello. <sup>(7,18)</sup>. Los empleados sometidos a la exposición del mercurio inorgánico deben ser informados antes de tomar posición de su puesto acerca de los síntomas pertinentes y precauciones apropiadas para el uso seguro del material <sup>(3,5,7)</sup>.

Los pisos, las superficies de trabajo y el equipo deberán estar contruidos y mantenidos de tal forma que el mercurio no se acumule o retenga dentro de ninguna área <sup>(3,5,7,8)</sup>. Deben limpiarse inmediatamente los derrames de mercurio, ya sea por el sistema químico o mecánico <sup>(7)</sup>.

El mercurio de desecho, los materiales contaminados por el mismo o los materiales combinados con mercurio, deberán almacenarse dentro de recipientes a prueba de vapor o en soluciones químicamente tratadas hasta hallar un retiro conveniente para su distribución, repartimiento o reprocesamiento <sup>(2,3,5,7)</sup>.

Se recomienda el uso de envases plásticos irrompibles para el almacenaje del mercurio nuevo; los envases o recipientes de mercurio deberán mantenerse cubiertos, excepto cuando deban abrirse para

el uso. Deberán emplearse técnicas seguras incluyendo procedimientos de mezcla mínima para reducir la contaminación. El mercurio no debe estar en contacto directo con cualquier superficie de la piel incluyendo las manos, ni en contacto con joyas como anillos, relojes, etc. <sup>(3,5,7)</sup>.

La remoción de la amalgama dental, procedimiento que aumenta los niveles de vapor de mercurio, deberá hacerse utilizando agua y succión. Se prohibirá la preparación de alimentos y comer dentro de las áreas que ocupa la clínica así mismo no se permitirá fumar, pues puede ocurrir la contaminación por inhalación. Por último, deberán estar disponibles los medios para el lavado de las manos y los materiales para una higiene personal conveniente, se debe comunicar a los empleados la importancia de lavarse adecuadamente las manos antes de comer o fumar, así como el uso de buenas técnicas de trabajo de acuerdo con los métodos recomendados generalmente para el control del mercurio <sup>(3,5,7)</sup>.

Derrames sobre las superficies lisas del gabinete dental y los pisos deberán retirarse utilizando la combinación de limpieza mecánica y solución química, la disolución química se lleva a cabo utilizando flor de azufre que es un solvente químico (líquido) de mercurio. El empleo de este producto requiere inducir al agente dentro de la hendidura tan profundo como sea posible para remover completamente el mercurio.

Los derrames sobre alfombras deben ser tratados inmediatamente, pues la contaminación puede producir un nivel muy alto de vapor de mercurio, a veces tan alto que no puede medirse. Los derrames deben removerse primeramente limpiando con aspiradora (industrial de alta potencia). La flor de azufre que es un solvente muy usado, debe rociarse libremente sobre el derrame, cepillando y luego conducirlo a la parte interior del alfombrado, se deja allí por lo menos un día; deberán repetirse las aplicaciones si es necesario. Las áreas dentro de las cuales los niveles de vapor de mercurio no exceden el 40% del VUL (valor umbral límite) no se consideran como áreas potenciales de exposición. Si se considera que un área esta contaminada con mercurio inorgánico, deberán observarse los siguientes requisitos: Los empleados deberán medir la actividad física de los niveles medio ambientales de mercurio inorgánico por lo menos cada seis meses. Si alguna exposición promedio peso-tiempo al mismo nivel del VUL lo sobrepasa deberán tomarse medidas inmediatas para reducir los niveles ambientales. Deberán tomarse muestras cada treinta días o a la frecuencia que lo deseen el

departamento de salubridad. Deben observarse los registros para todos los programas de muestreo y analíticos, tipo de protección respiratorio y los niveles de vapor de mercurio dentro de cada área de trabajo. Estos registros deberán estar disponibles para cada empleado de manera que él pueda obtener información acerca de su propia exposición <sup>(3,5,6,7,9,10,19,17)</sup>.

## RECOMENDACIONES CONCERNIENTES A LA HIGIENE DEL MERCURIO DENTAL.

### (DECLARACIÓN DE LA FDI.):

1. Todo personal que trabaje con mercurio debe ser educado en los riesgos potenciales del vapor de mercurio, y se le debe advertir que es necesario observar buenas normas de higiene con respecto al mercurio.
2. El personal debe conocer cuales son las fuente potenciales del vapor de mercurio en el consultorio dental, esto es, derrames; almacenamiento abierto de sobrantes de amalgama y de cápsulas usadas, trituración de la amalgama, colocación, pulido o remoción, calentamiento de instrumentos contaminados con amalgama; cápsulas y dispensadores de mercurio defectuosos.
3. El personal debe trabajar en espacios bien ventilados, con un buen intercambio de aire fresco y escape externo. En los lugares con aire acondicionado se deberán cambiar periódicamente los filtros de aire acondicionado.
4. Se deberá comprobar periódicamente el nivel de vapor de mercurio en el ambiente del consultorio. Se procederá a un monitoreo cuando se haya producido o se sospeche un derrame de mercurio o cuando existan motivos de preocupación razonables con respecto a la concentración de mercurio en el consultorio. Los monitores pueden ser del tipo dosímetro, pueden utilizarse también analizadores de vapor de mercurio (monitores manuales utilizados a menudo por higienistas industriales), que proporcionan una lectura rápida y que son especialmente útiles para hacer una evaluación instantánea después de un derrame o limpieza.
5. No debe alfombrarse el piso del consultorio. Se recomienda superficies no absorbentes y fáciles de limpiar como material sin costuras para el piso que cubra hasta las paredes.

6. Habrá que utilizar, donde sea posible, aleaciones pre dosificadas para eliminar la posibilidad de un derrame de mercurio. Esto ayuda también a eliminar el dispensador de mercurio como fuente de filtraciones.
7. Si se utiliza mercurio en grandes cantidades, la cantidad de mercurio que se almacena debe de ser mínima. El mercurio debe ser conservado en recipientes irrompibles herméticamente cerrados, en un lugar bien ventilado y alejado de toda fuente de calor.
8. El equipo de mercurio y amalgama debe utilizarse únicamente en esas áreas que disponen de superficies impermeables y rebordes adecuados. Habrá que tener mucho cuidado cuando se manipula mercurio líquido a fin de minimizar las posibilidades de derrame.
9. Si se utilizan aleaciones predosificadas, se minimizará la remoción del exceso de mercurio antes de empacarlo, mediante una proporción adecuada de aleación y mercurio.
10. Sólo se utilizarán cápsulas que permanecen herméticamente cerradas durante la amalgamación.
11. Debe utilizarse un amalgamador con brazos completamente cerrados. El triturador debe cumplir con la especificación ISO 7488.
12. Se cubrirán, cuando sea posible, después de su uso las cápsulas de uso único de aleaciones predosificadas. Las cápsulas usadas deben ser colocadas en un recipiente con tapa hermética, o en bolsas plásticas. Las cápsulas reutilizables deben ser remontadas después de su uso.
13. Se deberá tener cuidado cuando se utiliza un dispensador de mercurio, que debe ser examinado periódicamente para comprobar que no se ha producido una pérdida de mercurio.
14. El orificio del dispensador de mercurio debe ser examinado después de usarlo para comprobar que no han quedado residuos de mercurio. Las gotas de mercurio deben ser eliminadas de acuerdo con lo que se describe en la recomendación número 17.

15. Se utilizará siempre una técnica libre de contacto con el mercurio y la amalgama.
16. No se utilizarán condensadores ultrasónicos.
17. Se utilizará evacuación de alto volumen durante la colocación o remoción de amalgama.
18. Los sobrantes de amalgama deben ser recuperados y conservados en un recipiente herméticamente cerrado. Si el sobrante se conserva en seco, el vapor de mercurio puede escaparse en el ambiente al abrirse el recipiente. Si el exceso se almacena en una solución fijadora fotográfica, será necesario entonces eliminar de una manera especial el fijador.
19. Todo derrame de mercurio debe ser limpiado por medios adecuados. Pequeñas cantidades de mercurio pueden formarse en la amalgama triturando con polvo de amalgama añadiéndose el sobrante resultante al recipiente del sobrante. Las gotas pueden ser recogidas utilizando cinta adhesiva o una aguja hipodérmica. Pueden utilizarse además recipientes comerciales para limpiar derrames. Después de la limpieza se ventilará bien el área, preferiblemente con las ventanas abiertas. Durante este período se desconectará el sistema de aire acondicionado o la calefacción ya que de no hacerlo se pueden diseminar vapores de mercurio por todo el edificio. En los países donde existan regulaciones con respecto a derrames serios se seguirán esas normas.
20. No se calentará el mercurio o amalgama, o cualquier equipo que se utilice con amalgama. Se limpiarán los instrumentos contaminados para remover el contaminante de amalgama antes de la esterilización o desinfección por calor <sup>(11)</sup>.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Determinar si existe contaminación ambiental producida por vapores mercuriales y en qué nivel, dentro de las clínicas y laboratorio preclínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer el nivel en que se encuentra actualmente la contaminación ambiental por vapores mercuriales en las clínicas y laboratorios preclínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Conocer si los niveles de contaminación por vapores mercuriales dentro de las clínicas y laboratorio pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos han variado desde el año 1988 hasta la fecha.
- Comprobar si la contaminación mercurial en los ambientes estudiados se debe a la falta de cumplimiento de las normas dadas por la FDI.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder determinar el nivel de contaminación mercurial en el ambiente se procedió a colocar detectores del tipo Williams en la clínica de Operatoria, Odontopediatría, Post-grado, Dispensario del primer nivel del edificio M-2 y Laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3, los cuales cambiaron de color en presencia de vapores mercuriales. Estos detectores consisten en un círculo de papel filtro impregnado con una solución de cloruro de paladio al 0.2% dentro de una caja de Petri plástica para su protección.

### ELABORACIÓN DE LOS DETECTORES DE CLORURO DE PALADIO:

Para la elaboración de los detectores tipo Williams, se requiere del reactivo llamado cloruro de paladio el cual se importó de México, por medio de RAW Materiales Industriales. Este reactivo fue llevado a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su conversión en una solución coloidal al 0.2%, con anticipación se prepararon ruedas de papel filtro para impregnarlas en la solución, una vez desecadas las ruedas fueron introducidas en una caja de Petri a la cual previamente se le hicieron perforaciones y fueron colocados en el lugar de manipulación de mercurio a la altura de la vista del operador en posición sentado.

Para calcular la cantidad de cloruro de paladio en la solución se utilizó el siguiente cálculo matemático:

$$100\text{ml}/2\text{gr} * 1\text{gr} = 50\text{ml}/\text{gr}$$

En esta fórmula se multiplicaron 100 ml de agua, dividido 2 gr de cloruro de paladio multiplicado por 1 gr que fue el utilizado de cloruro de paladio, eso dio el resultado de 50 ml/gr que fue la cantidad de solución que se preparo a la concentración correcta.

### Calibración de Color:

La contaminación por vapores mercuriales fue detectada al cambiar el color del papel filtro dentro de la caja de Petri y según su coloración se interpretó de la siguiente manera: utilizando la guía para mezclar colores (**Pocket Color Wheel**) se le asignó el valor diez (10) al blanco lo que indicó que

el lugar está libre de contaminación, el valor nueve (9) en la guía, que representó un gris tenue, indicó que el área presentaba una contaminación leve, el valor seis (6) en la guía representó al gris medio, que fue indicativo de una contaminación moderada y el valor tres (3) de la guía que representó el gris fuerte, fue indicativo de una contaminación severa en el lugar.

#### PERÍODO DE OBSERVACIÓN:

Después de colocados los detectores se hicieron tres lecturas en un período de diez días con revisiones en los siguientes intervalos:

- La primera lectura, se hizo a los tres días y se anotaron los resultados en una ficha de registro.
- La segunda lectura, se hizo a los seis días y se hicieron las anotaciones respectivas en la ficha.
- La tercera lectura, se hizo a los diez días y está fue la última anotación en la ficha.

#### ANÁLISIS DEL TRABAJO DE CAMPO:

A continuación se procedió a tabular los resultados, los cuales indicaron los niveles de contaminación en los diferentes lugares. En base a los resultados se hicieron conclusiones y recomendaciones.

## **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Para el estudio se elaboraron veinte detectores tipo Williams los cuales fueron colocados de la siguiente manera:

Cinco detectores en la clínica de Odontopediatría.

Cinco detectores en la clínica de Operatoria.

Dos detectores en el Dispensario del primer nivel.

Dos detectores en la clínica de Post-grado.

Seis detectores en el Laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3. En la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se realizaron tres lecturas durante diez días, según la calibración de color en la guía se le asignó un número a cada color como se explicó anteriormente y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

En la primera lectura, de los cinco detectores colocados en la clínica de Odontopediatría tres tuvieron una marcación leve (9), uno marcó moderado (6), y uno marcó no contaminado (10), como se muestra en la gráfica No. 1.

En la clínica de Operatoria, durante la primera lectura los detectores marcaron lo siguiente: dos tuvieron una marcación leve (9) y tres marcaron moderado (6), ver gráfica No. 3.

En la clínica de Post-grado, en la primera lectura no hubo cambio de color en los detectores. Véase gráfica No. 5.

En el Dispensario del primer nivel, en la primera lectura uno de los detectores tuvo una inclinación leve (9) y el otro moderado (6), como se muestra en la gráfica No. 2.

En el Laboratorio Multidisciplinario, en la primera lectura tres de los detectores marcaron leve (9), dos marcaron no contaminado (10) y uno marcó moderado (6), ver gráfica No. 4.

En la segunda lectura, de los cinco colocados en la clínica de Odontopediatría, uno marcó no contaminado (10), dos marcaron leve (9) y dos marcaron moderado (6), véase gráfica No. 6.

En la clínica de Operatoria, en la segunda lectura dos detectores marcaron contaminación leve (9) y tres marcaron moderado (6), como se muestra en la gráfica No. 8.

En la clínica de Post-grado no se registraron cambios durante la segunda lectura.

En el Dispensario del primer nivel, durante la segunda lectura un detector marco nuevamente leve (9) y otro marcó moderado (6).

En el laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3 un detector marcó no contaminado (10), tres detectores marcaron leve (9) y dos marcaron moderado (6), ver gráfica No. 9.

En la tercera lectura, en la clínica de Odontopediatría, un detector marcó contaminación leve (9), uno marcó no contaminado (10) y tres marcaron moderado (6), ver gráfica No. 11.

En la clínica de Operatoria, en la tercera lectura los cinco detectores colocados marcaron contaminación moderada (6), véase gráfica No. 13.

En la clínica de Post-grado no hubo indicios de contaminación durante las tres lecturas.

En el dispensario del primer nivel, en la tercera lectura un detector marcó contaminación leve (9) y el otro marcó contaminación moderada (6).

En el Laboratorio Multidisciplinario del edificio M3, en la tercera lectura un detector marcó contaminación leve (9) y cinco marcaron contaminación severa (3), como lo muestra la gráfica No. 14.

Cuadro No. 1

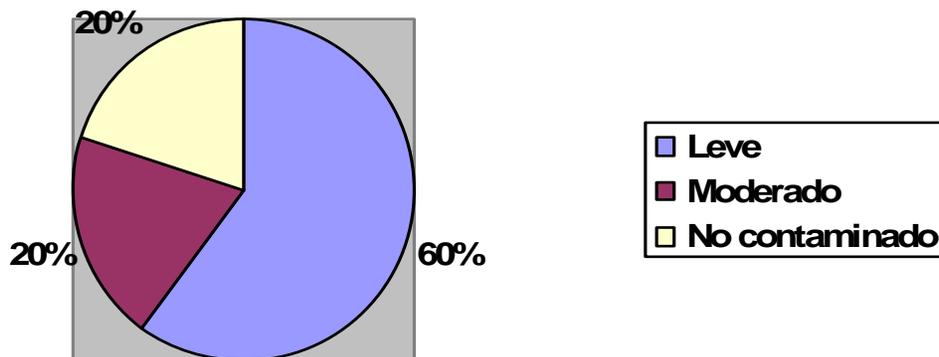
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Odontopediatría (Primera lectura al tercer día de colocados).

No contaminado	Leve	Moderado	Total de detectores
1	3	1	5

En la clínica de Odontopediatría se colocaron 5 detectores, los cuales permanecieron en esa área durante diez días.

Gráfica No. 1

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Odontopediatría (Primera lectura, al tercer día de colocados)



Cuadro No. 2

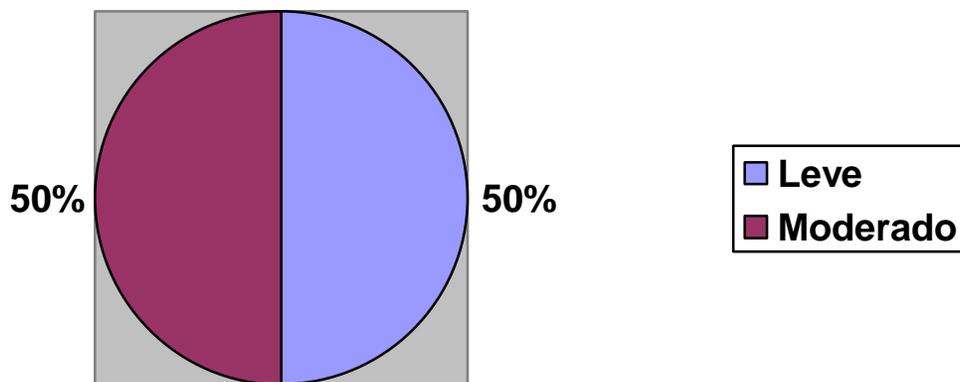
Nivel de contaminación mercurial en el Dispensario del primer nivel ( Primera lectura, al tercer día de colocados)

Leve	Moderado	Total
1	1	2

El nivel moderado de contaminación se encuentra en el área cercana al amalgamador.

Gráfica No. 2

Nivel de contaminación mercurial en el Dispensario del primer nivel (Primera lectura, al tercer día de colocados).



Cuadro No. 3

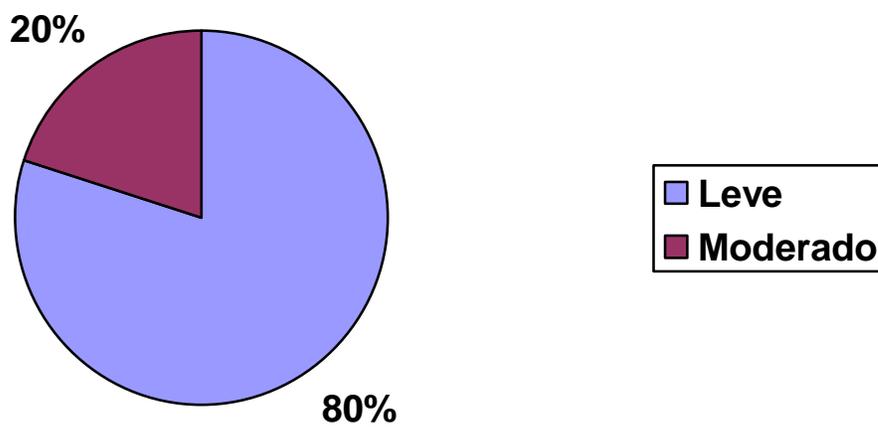
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Operatoria (Primera lectura, al tercer día de colocados).

leve	Moderado	Total
4	1	5

En la clínica de Operatoria se colocaron cinco detectores los cuales permanecieron en el área por diez días.

Gráfica No.3

Nivel de contaminación mercurial en la Clínica de Operatoria (Primera lectura, al tercer día de colocados).



Cuadro No. 4

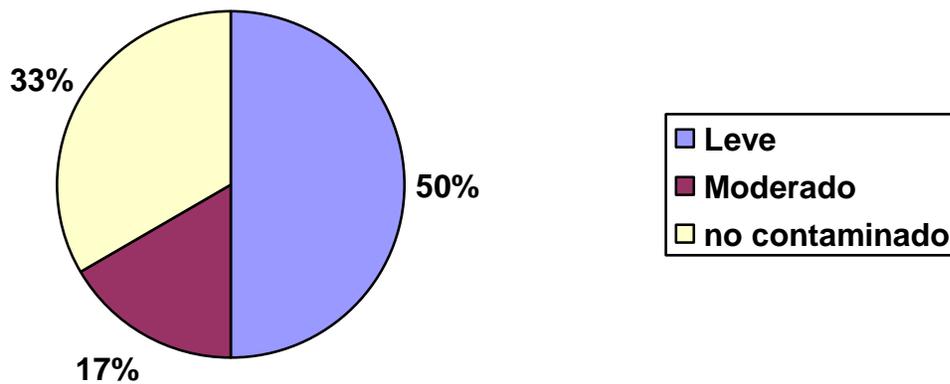
Nivel de contaminación mercurial en el Laboratorio Multidisciplinario (Primera lectura, al tercer día de colocados).

No contaminado	Leve	Moderado	Total
2	3	1	6

Se colocaron seis detectores en esta área los cuales permanecieron diez días.

Gráfica No. 4

Nivel de contaminación mercurial en el Laboratorio Multidisciplinario (Primera lectura, al tercer día de colocados).



Cuadro No. 5

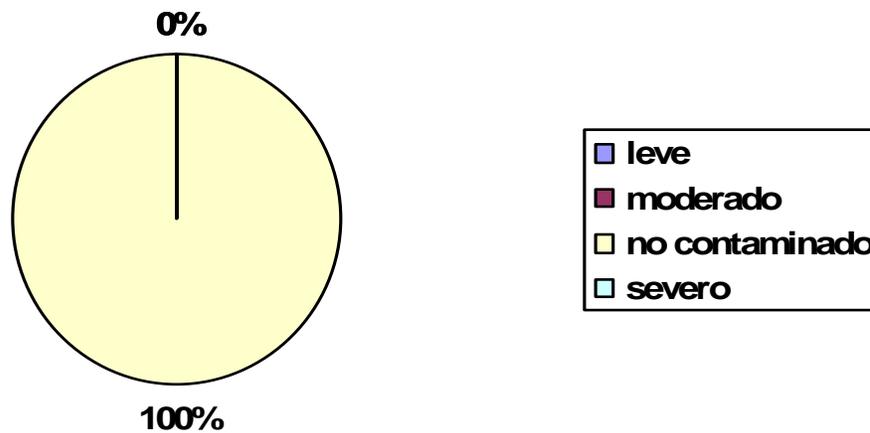
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Post-grado (Primera lectura, al tercer día de colocados).

No contaminado	leve	Moderado	Severo	Total
2	0	0	0	2

Se colocaron dos detectores en la clínica de post-grado, los cuales no registraron cambio de color a los tres días después de su colocación

Gráfica No. 5

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Postgrado (Primera lectura, a los tres días de colocados).



Cuadro No. 6

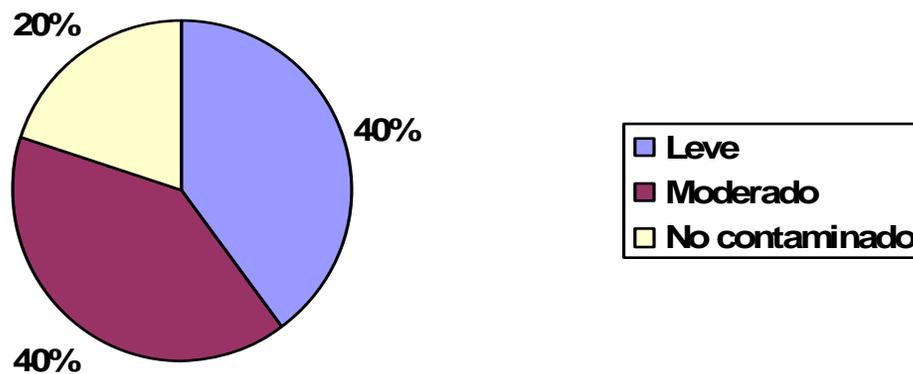
Nivel de contaminación mercurial en la Clínica de Odontopediatría (Segunda lectura, al sexto día de colocados).

No contaminado	Leve	Moderado	Total
1	2	2	5

En esta lectura un detector cambió de nivel leve a moderado.

Gráfica No. 6

Nivel de contaminación mercurial en la Clínica de Odontopediatría (Segunda lectura, al sexto día de colocados).



Cuadro No. 7

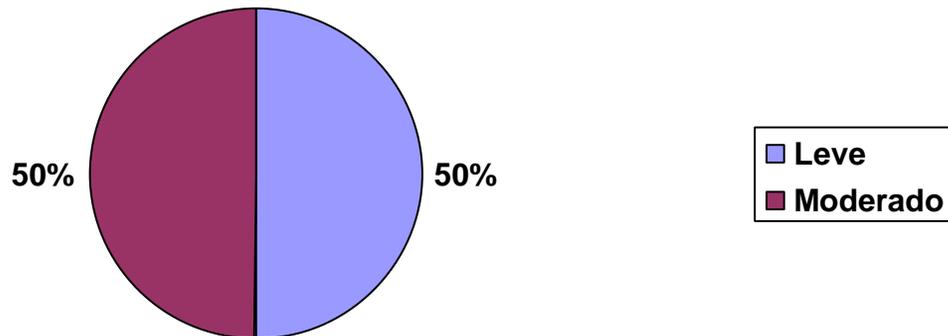
Nivel de contaminación mercurial en el Dispensario del primer nivel (Segunda lectura, al sexto día de colocados).

Leve	Moderado	Total
1	1	2

En la segunda lectura no se registró ningún cambio en los detectores colocados en este lugar.

Gráfica No. 7

Nivel de contaminación mercurial en el Dispensario del primer nivel (segunda lectura, al sexto día de colocados).



Cuadro No. 8

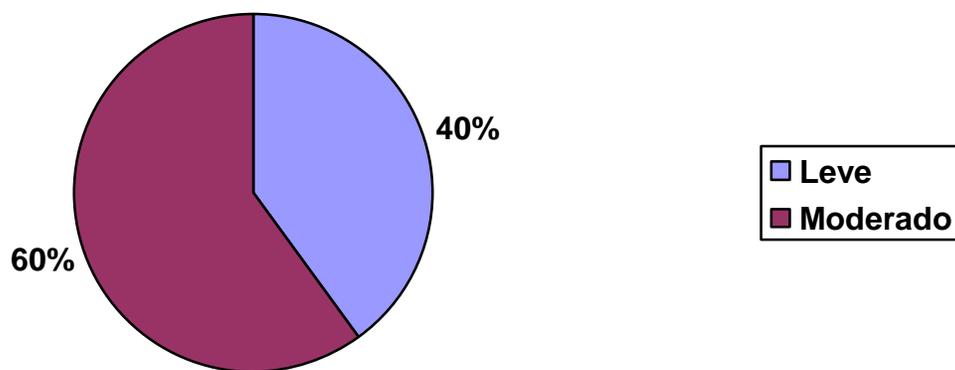
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Operatoria (Segunda lectura, al sexto día de colocados).

Leve	Moderado	Total
2	3	5

Se registraron cambios de nivel leve a moderado en dos de los detectores de en la segunda lectura.

Gráfica No. 8

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Operatoria (Segunda lectura, al sexto día de colocados).



Cuadro No. 9

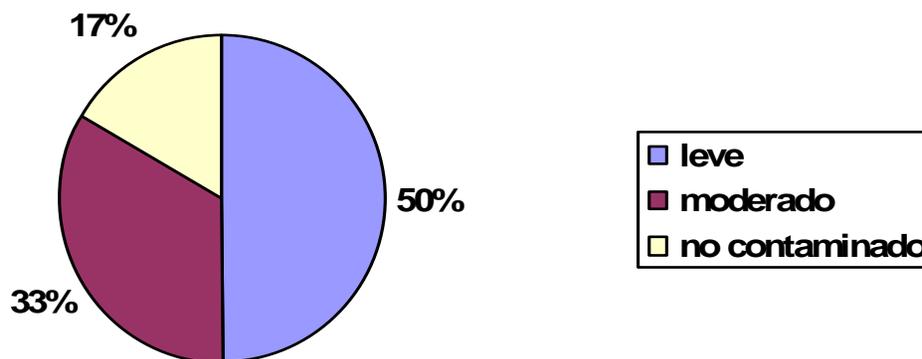
Nivel de contaminación mercurial en el Laboratorio Multidisciplinario (Segunda lectura, al sexto día de colocados).

No contaminado	Leve	Moderado	Total
1	3	2	6

En esta lectura se registró un cambio en uno de los detectores del nivel leve a moderado.

Gráfica No. 9

Nivel de contaminación mercurial en el Laboratorio Multidisciplinario (Segunda lectura, al sexto día de colocados).



Cuadro No. 10

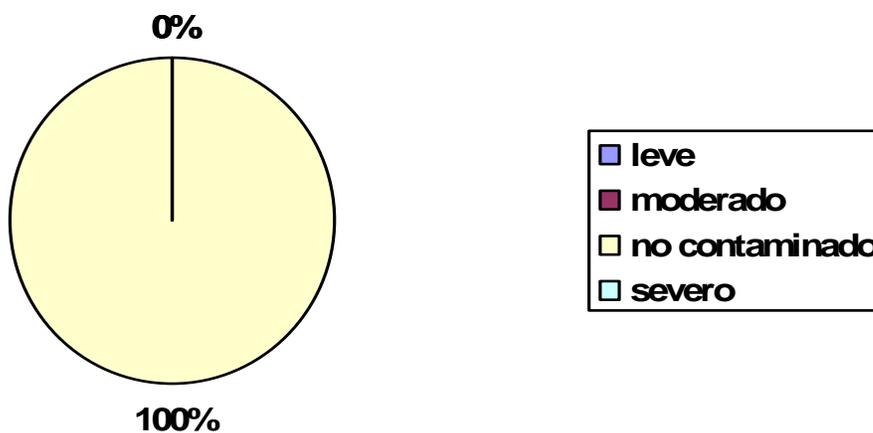
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Post-grado (Segunda lectura, al sexto día de colocados)

No contaminados	Leve	Moderado	Severo	Total
2	0	0	0	2

En la segunda lectura no se registraron cambios de coloración en los detectores colocados en esta área.

Gráfica No. 10

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Post-grado (Segunda lectura, al sexto de día de colocados).



Cuadro No. 11

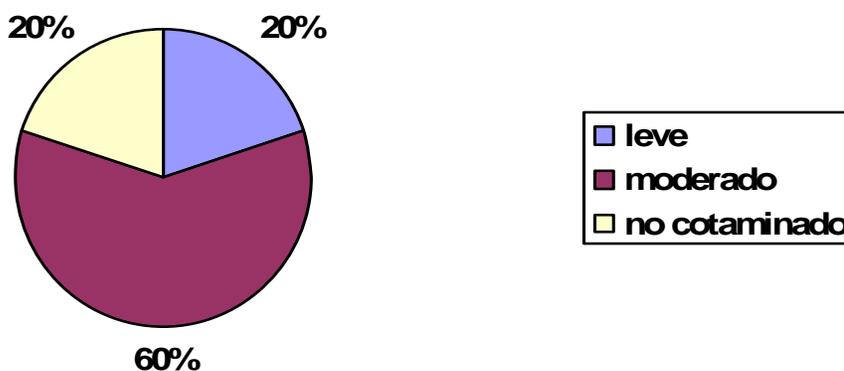
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Odontopediatría (Tercera lectura, al décimo día de colocados).

No contaminado	Leve	Moderado	Total
1	1	3	5

En la tercera lectura, un detector marcó un cambio de Leve a Moderado, los restantes no presentaron cambios.

Gráfica No. 11.

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Odontopediatría ( Tercera lectura, al décimo día de colocados).



Cuadro No. 12

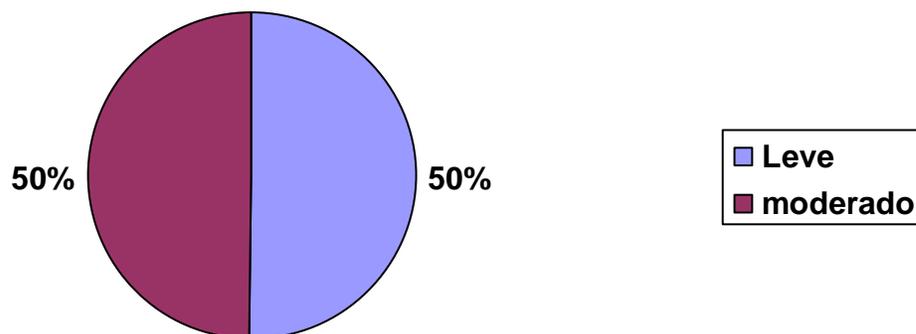
Nivel de contaminación mercurial en el Dispensario del primer nivel (Tercera lectura, al décimo día de colocados).

Leve	Moderado	Total
1	1	2

En la tercera lectura no se registraron cambios en los detectores, en comparación a la primera y segunda lectura.

Gráfica No. 12

Nivel de contaminación mercurial en el Dispensario del primer nivel (Tercera lectura, al décimo día de colocados).



Cuadro No. 13

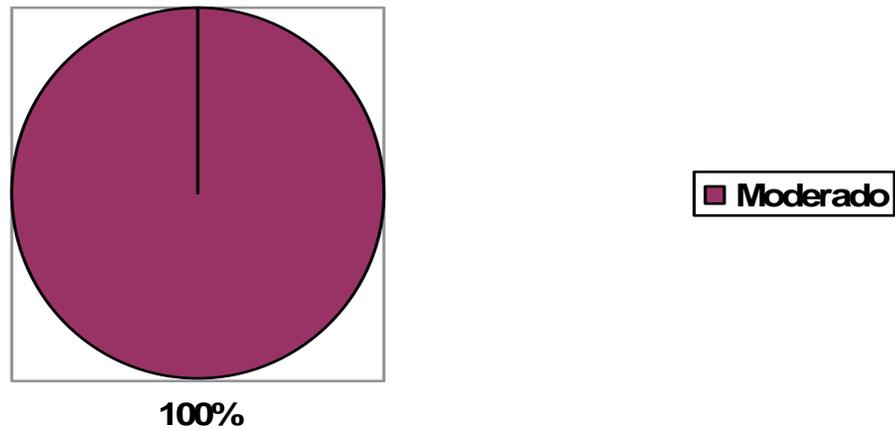
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Operatoria (Tercera lectura, al décimo día de colocados).

Moderado	Total
5	5

En la tercera lectura todos los detectores colocados registraron un nivel moderado de contaminación.

Gráfica No. 13

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Operatoria (Tercera lectura, al décimo día de colocados).



Cuadro No. 14

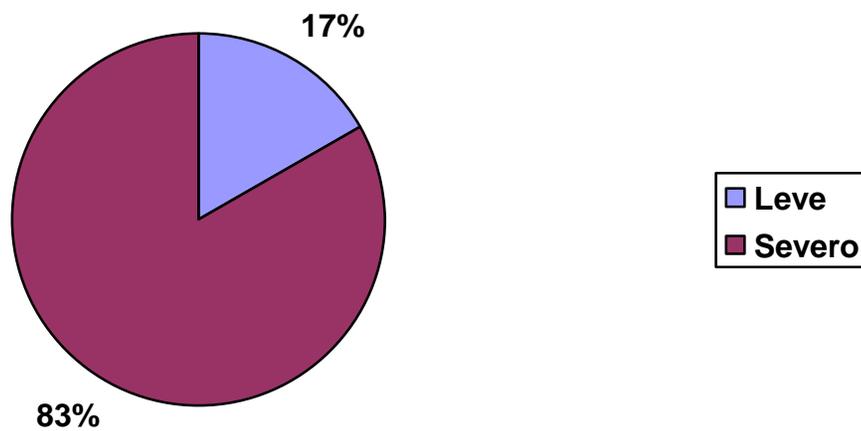
Nivel de contaminación mercurial en el Laboratorio Multidisciplinario (Tercera lectura, al décimo día de colocados).

Leve	Severo	Total
1	5	6

Debido al incremento de la actividad pre-clínica los detectores se tornaron más oscuros.

Gráfica No. 14

Nivel de contaminación mercurial en el laboratorio Multidisciplinario (Tercera lectura, al décimo día de colocados).



Cuadro No. 15

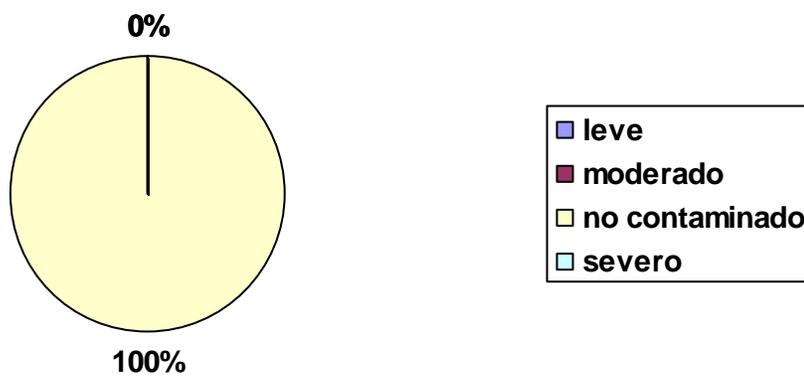
Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Post-grado (Tercera lectura, al décimo día de colocados).

No contaminados	Leve	Moderado	Severo	Total
2	0	0	0	2

En esta clínica no se encontraron indicios de contaminación por vapores mercuriales.

Gráfica No. 15

Nivel de contaminación mercurial en la clínica de Post-grado (Tercera lectura, al décimo de día de colocados).



## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Primera lectura al tercer día de colocados los detectores tipo Williams:

En la clínica de Odontopediatría se colocaron 5 detectores, uno marcó moderado, tres marcaron leve y uno no registró cambio en su coloración, este último se colocó en las unidades cercanas a la puerta y de frente a un ventanal, en donde hay mayor circulación de aire, razón por la cual se puede explicar que no hubo cambio de color.

En el Dispensario del primer nivel edificio M-1, fueron colocados dos detectores de los cuales uno marcó leve y el otro moderado; éste último colocado arriba del amalgamador.

En la clínica de la disciplina de Operatoria se colocaron cinco detectores, uno marcó moderado y los cuatro restantes registraron una coloración correspondiente a la escala de leve.

En el laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3 se colocaron seis detectores, solamente dos permanecieron sin registrar cambios de coloración, en los otros se encontró tres marcando leve y uno marcando moderado.

En la clínica de Post-grado se colocaron dos detectores que no marcaron cambios en su color, esto puede deberse al hecho de que en este ambiente no se ha empleado mercurio.

Segunda lectura al sexto día de colocados los detectores tipo Williams:

En la clínica de Odontopediatría ya se encontraban dos detectores marcando contaminación moderada, dos marcaban leve y el restante continuaba sin registrar cambio de color.

En el Dispensario del primer nivel edificio M-1, no se registraron cambios en la segunda lectura.

En la clínica de Operatoria, incrementó a tres el número de detectores que correspondían a la escala de moderado, restando dos que marcaban contaminación leve.

En el laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3, solamente un detector no registró cambio de color, dos marcaban contaminación moderada y tres una leve contaminación.

En la clínica de Post-grado no se registraron cambios con respecto a la primera lectura.

Tercera lectura al décimo día de colocados los detectores tipo Williams.

En la clínica de Odontopediatría, los resultados obtenidos fueron tres detectores marcando contaminación moderada, un detector marcando contaminación leve y aún se encontró un detector que no registro cambio en su coloración por lo que no muestra indicios de contaminación.

En el Dispensario del primer nivel edificio M-1, no se registró ningún cambio con respecto a la primera y segunda lecturas.

En la clínica de Operatoria se estableció que existe un nivel moderado de contaminación por vapores mercuriales en todo el ambiente clínico.

En el laboratorio Multidisciplinario del edificio M-3, el nivel de contaminación predominante fue severo.

## CONCLUSIONES

1. Después de evaluar los ambientes incluidos en el estudio, se concluyó que existe contaminación por vapores mercuriales en las clínicas y Laboratorio Pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en un nivel que varía de moderado a severo, no encontrándose contaminación en la clínica de Post-grado.
2. Se demostró que no ha disminuido la contaminación por vapores mercuriales desde el año 1988 hasta el presente año, dentro de las clínicas y laboratorio pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Se dedujo que las personas que diariamente frecuentan las instalaciones clínicas y pre-clínicas de la Facultad de Odontología se contaminan al respirar el vapor de mercurio que circula en el ambiente.

## RECOMENDACIONES

1. Autorizar únicamente el uso de cápsulas predosificadas de aleación para amalgama y mercurio en la práctica clínica.
2. Disponer de un sistema adecuado para desechar restos de amalgama, el cual debe ser un recipiente herméticamente cerrado que contenga una solución de azufre, por ejemplo el líquido fijador de radiografías.
3. Colocar amalgamadores en el laboratorio Multidisciplinario del edif. M-3 y en los espacios clínicos del edificio M-1 para poder descartar el amalgamador del dispensario y eliminar así las variables de error humano.
4. Sellar las cápsulas predosificadas con cinta adhesiva antes de su amalgamación para evitar escapes de vapor durante la misma.
5. Hacer limpieza periódica de las superficies de trabajo con sustancias que contengan azufre, especiales para desnaturalizar el mercurio.
6. Implementar un sistema adecuado de ventilación por medio de extractores de aire en las clínicas y laboratorio Pre-clínico de la Facultad de Odontología, no se recomienda el uso de ventiladores ya que estos dispersan más las partículas tóxicas respirables.

EL CONTENIDO DE ESTA TESIS ES ÚNICA Y EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL  
AUTOR

-----  
ANA LUCÍA ARÉVALO DONIS

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anusavice, K. (1,998). **Materiais dentários.** 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. pp. 228-9.
2. Benitez Elizaur. A. B. (1995). **Amalgama dental: estudio “in vitro” de liberación de mercurio, a través de espectrofotometría de absorción atómica, en función de tipo de ligas, pulimento y tiempo.** Rev. Odontológica, Universidad de Sao Paulo. 9(1) : 39-23.
3. Bonatto Monzón, J. M. (1,988). **Determinación de la contaminación mercurial por pruebas semicuantitativas en clínicas dentales de la ciudad de Quetzaltenango.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 10-19,41-48.
4. Cabrera Cordón, E. P.(1988). **Determinación de la contaminación mercurial en las clínicas dentales de la cabecera departamental de Zacapa.** Tesis (Lic. Cirujana Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad dE Odontología. 64 p.
5. Carrillo Cotto, R. A. (1988). **Determinación de contaminación mercurial en el ambiente de clínicas odontológicas privadas de la ciudad de Guatemala.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 6-20, 22-29, 41-48.
6. Chavarria, D. (1987). **Intoxicación mercurial.** Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, Área de prótesis. 6 p.
7. Cojulum Pérez, I. M. (1988). **Determinación de contaminación mercurial en las clínicas, dispensarios y laboratorios preclínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.** Tesis (Lic. Cirujana Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 3-52.
8. **Contaminación por amalgama dental, extracto y resumen.**(2001) (En línea). Consultado el: 13 de agosto 2002. Disponible en: [www.dentistasperu.com/articulos/art21.html](http://www.dentistasperu.com/articulos/art21.html).

9. Craig, R. G. , William J. O' Brien y John M. P. (1985) **Materiales dentales**. Trad. María de Lourdes Hernández Cázares. 3 ed. México: Nueva editorial Interamericana. pp. 93.
10. OMS (organización mundial de la salud). (2000?) **Declaración de consenso de la OMS sobre la amalgama dental**. (En línea). Consultado el: 13 de agosto 2002. Disponible en: [www.encolombia.com/scodb-declaración/html](http://www.encolombia.com/scodb-declaración/html).
11. FDI. (1999) **Recomendaciones concernientes a la higiene del mercurio dental**. (En línea) Consultado el:16 de agosto 2002. Disponible en: [www.coemorg/revista/vol12-n5/info.html](http://www.coemorg/revista/vol12-n5/info.html).
12. **Desintoxicación del micromercurialismo producido por las obturaciones de amalgama**. Noticias del Congreso No. 33 de Badén-Badén Alemania.(2001) (En línea) Consultado el: 13 agosto 2002. Disponible en: [www.doctorpedrero.com/articulos/infoterapia-desintoxicación-mercurio-empastes.html](http://www.doctorpedrero.com/articulos/infoterapia-desintoxicación-mercurio-empastes.html).
13. González de Gramajo, A. (1989). **Determinación del grado de intoxicación por mercurio en profesionales de la odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala**. Tesis (Lic. Cirujana Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. 40 p.
14. González Torres, F. R. (1993). **Determinación de niveles de mercurio en sangre en profesionales de la odontología y personal administrativo expuesto que laboran en las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el método de absorción atómica con vapor frío**. Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. 66 p.
15. Lechner, J. (2000?) **Tratamiento de la contaminación por mercurio**. (En línea) Consultado el: 13 agosto 2002. Disponible en: [www.odontologíaholistica.org.ve-biomagazine.html.desintoxicación](http://www.odontologíaholistica.org.ve-biomagazine.html.desintoxicación).

16. Molina, E. (1988). **Determinación de contaminación mercurial en las clínicas dentales del hospital militar y clínicas periféricas pertenecientes al mismo hospital.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. 66 p.
17. Pécora, J. D. (2000) **Reciclaje de los residuos de amalgama dental mediante la recuperación de mercurio y plata.** (En línea) Consultado el: 16 de agosto 2002. Disponible en: [www.forp.usp.br/restauradora/trabalhos/mercurio.html](http://www.forp.usp.br/restauradora/trabalhos/mercurio.html).
18. Unzeta Hoffman. R. E. (2001) **Intoxicación crónica por mercurio.** (En línea) Consultado el: 13 de agosto 2002. Disponible en: [www.dentistasperu.com/articulos/art21.html](http://www.dentistasperu.com/articulos/art21.html).
19. Smith Bernard, G. N., Writh P. S. Y Brown D. (1996). **Utilización clínica de los materiales dentales.** Trad. Natalia Azanza Santa Victoria. Barcelona: Masson. pp.173-174.
20. Van Noort, R. (1994). **Introduction to dental materials.** London: Mosby. pp. 80-81.

---

Ana Lucía Arévalo Donis  
Sustentante

---

Dr. Ricardo Carrillo Cotto  
Asesor

---

Dr. Ricardo León Castillo  
Revisor Comisión de Tesis

---

Dr. Edwin Ernesto Milián Rojas  
Revisor Comisión de Tesis

Vo.Bo.  
Imprimase

---

Dr. Otto Raúl Torres Bolaños  
**Secretario**  
Facultad de Odontología