

CUANTIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MERCURIAL DE LOS AMBIENTES  
CLÍNICOS Y PRE-CLÍNICOS DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2006.

Tesis presentada por:

Danis Gerardo Arreaga Gudiel

Ante el Tribunal de la Facultad de la Universidad de San Carlos de Guatemala que practicó el  
Examen General Público previo a optar al Título de

**CIRUJANO DENTISTA**

Guatemala, septiembre de 2006

## **JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Decano:	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal I:	Dr. Sergio Armando Garcia Piloña
Vocal II:	Dr. Juan Ignacio Asensio Anzueto
Vocal III:	Dr. Cesar Mendizabal Girón
Vocal IV:	Br. Juan José Aldana Paiz
Vocal V:	Br. Leopoldo Raúl Vesco Leiva
Secretaria:	Dra. Cándida Luz Franco Lemus

## **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO**

Decano:	Dr. Eduardo Abril
Vocal Primero:	Dr. Juan Ignacio Asensio Anzueto
Vocal Segundo:	Dr. Edwin Ernesto Milián Rojas
Vocal Tercero:	Dr. Ricardo Alfredo Carrillo Cotto
Secretaria Académica:	Dra. Cándida Luz Franco Lemus

### **Acto que dedico**

A Dios: Por otorgarme la vida y todo lo que en ella me ha dado y enseñado, por darme paciencia y sabiduría para concluir esta etapa y fuerzas para iniciar la siguiente.

A mis padres: por cuidar de mí cada día, por ayudarme, educarme, y permitirme honrarlos con este acto el día de hoy.

**Tesis que dedico**

A Dios.

A mis padres.

A la Facultad de Odontología de la USAC.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis intitulado “Cuantificación de la contaminación mercurial de los ambientes clínicos y pre-clínicos de la Facultad de Odontología de la universidad de San Carlos de Guatemala, 2006” conforme lo demandan los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al Título de:

### **CIRUJANO DENTISTA**

Deseo agradecer a cada persona e institución que sin su imprescindible ayuda técnica y científica no hubiese sido posible esta investigación, en especial a: Dra. Ana Lucia Arévalo, Dr. Edwin Milián Rojas, Ing. Silvia Argueta, de Laboratorio Ecosistemas; Lic. Pablo Oliva y Lic. Jhoni Alvarez del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la Escuela de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala; y al Pueblo de Guatemala, por subsidiar esta casa de estudios y por ende mi formación profesional.

Y Uds. miembros del Honorable Tribunal Examinador, reciban las muestras de mi consideración y respeto.

## ÍNDICE

Sumario	2
Introducción	3
Antecedentes	4
Planteamiento del Problema	7
Justificación	8
Revisión de Literatura	9
Objetivos	23
Materiales y Métodos	24
Resultados	28
Discusión de Resultados	30
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Referencias Bibliográficas	33

## SUMARIO

Con el objetivo de investigar la contaminación mercurial en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se llevó a cabo por primera vez en Guatemala, empleando el método modificado NIOSH 6009, un monitoreo del ambiente. Este es un procedimiento estandarizado que permite cuantificar la contaminación mercurial de un ambiente y consiste en el empleo de una bomba de vacío con un regulador de flujo de aire, la cual toma una muestra de aire del ambiente a estudiar durante 24 horas y la hace pasar a través de un filtro absorbente, el cual atrapa las partículas de mercurio. Posteriormente, el filtro es sometido a una digestión ácida para obtener una solución. Una vez obtenida, se le aplica una prueba de celda fría en absorción atómica para saber la cantidad exacta de mercurio contenida en el filtro. Este proceso se llevó a cabo en los siguientes ambientes clínicos y preclínicos: Dispensario del primer nivel del edificio M1, taller de reparaciones, clínica de prótesis removible (antigua área de operatoria), antiguo dispensario del 2o nivel del edificio M1, clínica de operatoria, clínica de odontopediatría, antiguo almacén del edificio M1, y laboratorio multidisciplinario del edificio M3 de la Facultad de Odontología de la USAC, en donde se manipula y almacena el mercurio. Durante el análisis de los filtros no se encontraron trazas de mercurio posibles de cuantificar por lo tanto, los resultados de esta investigación indican que la contaminación mercurial en el 100% de los ambientes monitoreados tiene como valor máximo  $<0.017$  mg de Hg/m<sup>3</sup> y como valor mínimo  $<0.015$  mg de Hg/m<sup>3</sup> que corresponden a los ambientes del dispensario del primer nivel del edificio M1 y a la clínica de prótesis removible respectivamente. Por lo tanto, se concluye que la contaminación mercurial encontrada en los ambientes sometidos a investigación puede no representar un riesgo para la salud de las personas que se desenvuelven en ellos a pesar de existir información reciente de tipo cualitativo que indica lo contrario.

## INTRODUCCIÓN

Los vapores de mercurio son altamente tóxicos para el organismo humano, se ha investigado acerca de su grado de toxicidad y cómo afecta al mismo. Se ha prestado interés en conocer si existe contaminación mercurial en el ambiente de clínicas privadas y en las clínicas y pre-clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los vapores emanados del mercurio que diariamente es utilizado en la práctica odontológica son tóxicos y perjudiciales para la salud de las personas expuestas <sup>(1,4)</sup>. Con la finalidad de conocer el valor exacto de esta contaminación mercurial en los ambientes de las clínicas y pre-clínicas de dicha Facultad, se procedió a tomar una muestra del aire de los ambientes a través de un regulador de flujo, que contenía un filtro absorbente específico para mercurio, durante 24 horas.

Cada muestra fue evaluada posteriormente sometiéndola a una prueba de trampa fría de absorción atómica con generación de hidruros. Tal procedimiento reveló el valor de la contaminación mercurial correspondiente a cada uno de los ambientes, en donde se adquirió una muestra de aire.

A continuación se presenta el informe final de este estudio que indica los antecedentes, el planteamiento del problema, la metodología empleada, los resultados encontrados, las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## ANTECEDENTES

Con el objetivo de estudiar la contaminación mercurial en el ambiente de las clínicas, dispensarios y laboratorios de pre-clínica de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Cojulún, en 1988 usó los detectores de Williams y efectuó 3 lecturas a los 3, 6, y 10 días después de la colocación. Los resultados obtenidos demuestran que el dispensario del primer nivel ubicado en el edificio M-1 en la Ciudad Universitaria en la zona 12, presentaba una contaminación mercurial severa durante 3 lecturas. De las 8 áreas investigadas, todas presentaron contaminación por vapores de mercurio en el ambiente de las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos <sup>(6,13)</sup>.

Bonatto, en 1988, encontró contaminación por vapores mercuriales en 10 clínicas dentales en la ciudad de Quetzaltenango, mediante el uso de detectores de Williams y efectuó 3 lecturas a los 3, 6 y 10 días después de su colocación. Los resultados indican que el grado de contaminación mercurial en el medio ambiente de las 10 clínicas investigadas era moderado <sup>(3,13)</sup>.

Carrillo determinó en 1989 el grado de contaminación mercurial del ambiente de algunas clínicas odontológicas privadas de la Ciudad de Guatemala. La muestra estudiada estuvo compuesta por 22 clínicas odontológicas privadas, las cuales fueron investigadas mediante la utilización de detectores de Williams. Se efectuaron tres observaciones a los 3, 6 y 10 días. Los resultados revelaron que de todos los consultorios odontológicos estudiados, únicamente 1 de ellos no presentó contaminación mercurial. En 6 casos se encontró contaminación leve, en 12 casos se encontró contaminación moderada y en los 3 casos restantes se encontró contaminación severa <sup>(4,13)</sup>.

En 1989, González de Gramajo estableció el grado de intoxicación por mercurio en profesionales de la Odontología que trabajan como docentes en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos. Para tal fin usó el método de la ditizona (mercurio en orina). En una muestra formada por 37 docentes se encontró que el valor promedio fue de 0,42 mg/l. De ellos, 30 casos presentaron valores que oscilaron entre 0,11 – 0,99 mg/l. Únicamente un caso presentó concentraciones de mercurio dentro de los niveles aceptados como seguros para la salud. En el mismo estudio, González de Gramajo, determinó la frecuencia de algunos signos y síntomas del mercurialismo. De las 37 personas estudiadas, 10 de ellas reportaron padecer de insomnio y 8 manifestaron presentar temblor en las manos <sup>(11,13)</sup>.

Alegría en 1989, determinó la concentración mercurial en orina en una muestra de estudiantes de cuarto y quinto años y pendientes de EPS de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El estudio lo llevó a cabo en 60 sujetos, de los cuales 27 eran de sexo femenino y 33 de sexo masculino. El método utilizado fue el de la ditizona. Así mismo, determinó el origen de la contaminación. Las pruebas de laboratorio demostraron que todos los integrantes de la muestra se encontraban contaminados de mercurio. El valor obtenido que corresponde a la muestra fue de  $58,73 \pm 3,05 \mu\text{g-Hg/l}$ . La distribución por grado fue de la siguiente manera: cuarto año:  $57,35 \pm 2,20 \mu\text{g-Hg/l}$ ; quinto año  $59,95 \pm 3,46 \mu\text{g-Hg/l}$ , y pendientes de EPS:  $58,90 \pm 2,79 \mu\text{g-Hg/l}$ . Los resultados obtenidos sugieren que el origen de la contaminación mercurial que sufren los estudiantes se encuentra en el mal manejo del mercurio y escasos conocimientos de su higiene <sup>(13)</sup>.

Cabrera, en 1988, determinó la contaminación mercurial en 10 clínicas dentales en la cabecera departamental de Zacapa. Para ello utilizó los detectores de Williams y efectuó 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 fue severo <sup>(13)</sup>.

En 1993, González determinó los niveles de mercurio en sangre de profesionales de la Odontología y personal administrativo expuesto que laboraban 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. La muestra estudiada estuvo constituida por 20 personas seleccionadas al azar, de las cuales 17 eran profesionales, todos docentes y 3 eran miembros del personal administrativo que se encargaban del almacenamiento, manejo, dosificación y distribución del mercurio en los dispensarios de la institución aludida anteriormente. Los niveles de concentración mercurial 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 hallazgos obtenidos revelan que el valor promedio de concentración mercurial en sangre para la muestra estudiada fue de  $0,53 \mu\text{g-Hg /100ml}$  de sangre (valor máximo permisible en sangre es  $0,1 \mu\text{g-Hg/100ml}$ ). El 75% de los integrantes de la muestra se encontraron por arriba del valor mínimo permitido <sup>(11,13)</sup>.

Con el propósito de determinar la excreta urinaria de mercurio en el personal dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Milián y Carrillo, en el año 2000, condujeron un estudio exploratorio. Se recolectó orina durante 24 horas de un total de 77 sujetos (68 estudiantes del quinto año y 9 profesores). Con el método de Kaye para establecer la

excreción de mercurio en orina se procedió a procesar las muestras. Los resultados indicaron que el 20,78% de los sujetos (n=16) presentó valores de 50 µg de mercurio en orina o menos. El 71,43% de sujetos (n=55) presentó valores entre 51-100 µg de mercurio en orina y el 7,7% (n=6) presentó valores superiores a los 100 µg de mercurio en orina. El valor más alto lo presentó un estudiante con 149 µg de mercurio en orina. Los estudiantes presentaron una media de mercurio en orina del 43,07 +/- 31,95, mientras que la de los profesores fue del 66,89 +/- 27,34. Los resultados sugieren que el 71,43% de los sujetos estudiados están expuestos al mercurio. Se concluye en este estudio que los estudiantes y los profesores de la Facultad de Odontología estuvieron expuestos al mercurio en niveles de alerta, por lo que los ambientes pre-clínicos y clínicos de la Institución deberían ser objeto de monitoreo. Así mismo se recomendó llevar a cabo un estudio longitudinal que incluyera una muestra aleatoria de estudiantes y profesores, así como algunas variables como las siguientes: el manejo de la aleación para amalgama y el mercurio dental, la manipulación de los desechos de amalgama dental, las condiciones y la temperatura de almacenamiento del mercurio dental, el uso de tabletas, cápsulas pre-dosificadas y re-usables, la ventilación del área operatoria, la limpieza de las superficies de trabajo y otras <sup>(13)</sup>.

En el año 2004, en el estudio “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”, Arévalo, después de evaluar los ambientes incluidos en la investigación, concluyó que existía contaminación por vapores de mercurio en las clínicas y laboratorio pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en un nivel que variaba de moderado a severo. Se demostró que no había disminuido la contaminación por vapores mercuriales desde el año 1988 hasta el año 2004, dentro de las clínicas y laboratorio pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y se dedujo que las personas que diariamente frecuentaban las instalaciones clínicas y pre-clínicas de la Facultad de Odontología se contaminaban al respirar el vapor de mercurio que circulaba en el ambiente. De los estudios realizados en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que fueron mencionados con anterioridad, se puede concluir que las principales causas de la contaminación mercurial radica en la inadecuada manipulación de la amalgama dental y la inobservancia de higiene mercurial <sup>(1,13)</sup>.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Con base en los antecedentes presentados, surge la siguiente interrogante, ¿Cuál es el valor exacto correspondiente a la contaminación mercurial en el ambiente de la clínica y laboratorio pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la actualidad?

## JUSTIFICACIÓN

- Es necesaria la cuantificación de la contaminación mercurial en los ambientes clínicos, pre-clínicos, donde se incluyen el laboratorio multidisciplinario, y áreas donde se almacena, transporta y manipula mercurio tales como: el almacén, los dispensarios del 1° y 2° niveles del edificio M-1, y el laboratorio pre-clínico del edificio M-3 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala para confirmar la información obtenida en estudios cualitativos previos.
- El conocer el valor exacto de la contaminación mercurial, constituirá un fundamento para recomendar a las autoridades de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, las modificaciones en los protocolos de prevención e infraestructura de las clínicas y laboratorios donde se maneja el mercurio, y así hacer más seguros los ambientes de trabajo y estudio en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Es imprescindible, monitorear con frecuencia los ambientes odontológicos, en donde se guarde y/o se manipule mercurio, tomando muestras de aire, así como realizar periódicamente pruebas de laboratorio al personal en riesgo y así dar cumplimiento a una recomendación de la Federación Dentaria Internacional (FDI), concerniente a la higiene del mercurio.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### GENERALIDADES

#### Propiedades Químicas y Físicas:

El mercurio es un elemento brillante de color gris claro, el único metal líquido a temperatura ambiente. Se halla principalmente en forma de sulfuro (HgS) llamado Cinabrio pero también se encuentra como elemento libre, tiene el punto de fusión más bajo que cualquier otro metal ( $-39^{\circ}\text{C}$ )<sup>(2, 4, 5)</sup>. El mercurio es abundante en la corteza terrestre en 0.5 ppm, su peso atómico es de 200.61, su número atómico es 80, tiene un punto de ebullición de  $357^{\circ}\text{C}$  y un punto de congelación de  $-38.87^{\circ}\text{C}$ <sup>(3, 5, 6)</sup>. Su densidad es alta y equivale a  $13.6\text{ g/cm}^3$  (casi 14 veces más denso que el agua). Su tensión superficial es muy alta ( $470\text{ erg/cm}^2$ ), lo cual hace que se formen pequeñas gotas cuando se derrama y que no moje la mayoría de los cuerpos. Su presión de vapor también es bastante alta ( $20\text{ mg/m}^3$  de aire) lo que lo hace altamente volátil, es decir, que esta aumenta rápidamente con el incremento de la temperatura<sup>(5, 6)</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<sup>(2, 3, 4, 6)</sup>. El vapor de mercurio no tiene olor, color, sabor ni puede percibirse con los sentidos<sup>(11)</sup>.

El mercurio se encuentra en la tabla periódica de Mendelejev en el grupo IIB. Este se puede encontrar en su estado elemental, +1 (mercurio 1) y +2 (mercurio 2), estos últimos han perdido 1 y 2 electrones, respectivamente, de su composición atómica<sup>(3, 4, 6)</sup>.

#### Historia:

El nombre de un dios romano y el de un planeta del sistema solar, le han dado una apariencia de magia sugestiva a este metal por lo que un aura de este tipo ha rodeado al mercurio a través del tiempo; era llevado como amuleto contra enfermedades y demonios, y ocupaba un papel central entre los químicos en la transmutación de metales hacia el oro. El mercurio es conocido desde tiempos muy antiguos, ya que fue encontrado en tumbas egipcias que datan del año 1500 A.C.. Fue explotado por los fenicios, romanos, griegos y árabes. Ha sido llamado Kenabare por los romanos, Sinabris, Hidrargirio, del cual se deriva su símbolo químico Hg, que significa plata fluida<sup>(3, 4)</sup>.

El cloruro de mercurio I (calomelano), fue ampliamente utilizado en la primera mitad del siglo pasado en polvos para la dentición y preparaciones antihelmínticas; la escasa toxicidad de este elemento se debe principalmente a su bajísima solubilidad en agua. 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. Las características tóxicas del mercurio fueron descritas por primera vez en la edad media <sup>(3,4,6)</sup>.

El envenenamiento por mercurio ocurre en ciertas ocupaciones por inhalación de sus vapores, han ocurrido episodios de contaminación ambiental con formas orgánicas de mercurio, principalmente de metil mercurio. El más conocido ocurrió en la bahía de Minamata, Japón, en 1953 a 1960. A éste le siguió otro similar en Nigata, Japón. En ambos casos, los habitantes de la localidad consumieron peces contaminados con mercurio proveniente de desechos industriales, y fueron reportados un total de 1,200 casos de envenenamiento <sup>(2, 3)</sup>. Otro caso ocurrió en Irak durante 1971 y 1972, en la que hubo 6,000 casos de envenenamiento y 500 muertos por el consumo de pan manufacturado con granos tratados con insecticidas de mercurio alcalino. Reportes de envenenamiento humano por consumo inadvertido de semillas de cereales tratados con mercurio se han producido en Pakistán y Guatemala <sup>(1)</sup>.

## USOS DEL MERCURIO

El mercurio se utiliza en barómetros, hidrómetros, pirómetros, lámparas de arco que producen rayos ultravioleta e interruptores en lámparas fluorescentes, en hervidores, en rectificadores eléctricos, pinturas antihongos, interruptores silenciosos, fulminantes, extrayendo oro y plata y en odontología para amalgama dental <sup>(1)</sup>.

En Odontología:

1. En obturaciones dentales, como componente de la amalgama dental. El mercurio tiene que ser puro y que haya pasado el control de calidad de una institución reconocida internacionalmente <sup>(9)</sup>.
2. Como soluciones antisépticas. Para la mucosa bucal se pueden mencionar:

\* Mercocresoles – tinturas de Mercresín (Upjohn Company).

\* Nitromersol – tintura de Metafen (Abbott Laboratorios).

- Thimerosal – solución de Merthiolate (Elli Lilly & Co.) <sup>(9)</sup>.
-

## METABOLISMO

Existen tres formas de mercurio: El mercurio elemental (-Hg), esta forma es importante porque tiene una presión de vapor alta y la inhalación de sus vapores es peligrosa para la salud. El mercurio inorgánico (-Hg y Hg), de estos dos estados de oxidación el Hg es el más reactivo, ya que forma 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. El mercurio orgánico, este compuesto es de estructura química diversa por lo cual el término usado aquí se refiere como mercurio orgánico a todos los compuestos en los cuales el mercurio tiene unión con el átomo de carbono <sup>(3, 4, 6)</sup>.

## ABSORCIÓN

Absorción por inhalación: La ruta más importante de absorción del mercurio monoatómico es el tracto respiratorio y la solubilidad del vapor de mercurio depende del porcentaje de deposición y retención que, en el ser humano, son muy altas. El mercurio elemental no es tóxico cuando se ingiere ya que el metal, en esta forma, no puede reaccionar con moléculas biológicamente importantes <sup>(3, 4)</sup>.

El lugar principal de absorción es el tejido alveolar de los pulmones, 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 del 74% al 80% del vapor inhalado quede retenido y alrededor del 30% del mercurio contenido en los pulmones sea transferido al torrente sanguíneo <sup>(1,9)</sup>.

Absorción por ingestión: El mercurio elemental es absorbido en el tracto gastrointestinal en un porcentaje probablemente, menor del 0.1%. Esto puede ser porque el mercurio no se encuentra en su estado monoatómico como en los pulmones; en cambio, en el tracto gastrointestinal ocurre como partículas globulares grandes <sup>(3, 6)</sup>.

El mercurio inorgánico, en comidas, es absorbido aproximadamente un 7% y en compuestos de mercurio orgánico son eficientemente absorbidos debido a su solubilidad lipídica, por ejemplo la absorción de metil mercurio, aun mezclado en comida es aproximadamente 95% en adultos <sup>(3, 6)</sup>.

No se comprende claramente los principios 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 <sup>(3, 4, 6)</sup>.

Absorción Cutánea: El mercurio puede atravesar la barrera cutánea, aunque no se sabe en que medida, pero ha sido ampliamente demostrada la causalidad del mercurio en innumerables enfermedades alérgicas y en la severidad de éstas. Las sales inorgánicas de mercurio, como el cloruro de mercurio, pueden absorberse en cantidades significativas a través de la piel, hecho que se ha comprobado en estudios efectuados en animales <sup>(1)</sup>.

## DISTRIBUCIÓN EN EL ORGANISMO

Varía dependiendo del tipo de compuesto mercurial ingerido o inhalado, y se modifica conforme el tiempo transcurre <sup>(3,4)</sup>. Después de exposiciones a compuestos mercuriales se ha encontrado que los órganos en donde se deposita son cerebro, riñón, tejidos fetales, hígado, hematíes, cabello, uñas y también en la leche materna. En esta última el depósito de mercurio es 8 veces más alto que en la madre <sup>(5,6)</sup>.

Después de su absorción, el vapor de mercurio disuelto se oxida en los eritrocitos y forma un catión mercúrico bivalente. Como el vapor de mercurio atraviesa las membranas, una significativa cantidad de éste entra al cerebro antes de oxidarse, por lo tanto, la toxicidad en el sistema nervioso central es más prominente después de la exposición al vapor de mercurio <sup>(3,4)</sup>.

La mayor concentración de mercurio se encuentra en los riñones, hasta 70% de la carga corporal <sup>(13)</sup>. Las concentraciones de mercurio inorgánico son semejantes en la sangre entera y en el plasma. El mercurio de este tipo no atraviesa completamente la barrera hematoencefálica y la placenta <sup>(3, 4, 6)</sup>. En cambio los mercuriales orgánicos llegan a la barrera hematoencefálica y placenta, debido a esto, producen más efectos teratógenos que las sales inorgánicas. La concentración principal de los mercuriales orgánicos se da en los eritrocitos y es cinco veces mayor que la plasmática. Debido a que el mercurio inorgánico se distribuye por igual en los glóbulos rojos que en el plasma y el mercurio orgánico se concentra más en los eritrocitos, esta distribución puede usarse para distinguir el envenenamiento por mercurio inorgánico y orgánico <sup>(5,7)</sup>.

## EXCRECIÓN

El mecanismo de excreción renal del mercurio es complejo, la evidencia sugiere que la filtración glomerular contribuye un poco con la excreción renal del mercurio. Experimentos en animales demuestran que hay una disminución hasta del 50% de la tasa de filtración glomerular que

puede llevar a la oliguria y hasta la anuria. El mercurio orgánico como el metilmercurio es excretado en su mayor parte en las heces. Dos procesos separados están involucrados: la excreción biliar de mercurio y la excreción por exfoliación de epitelio intestinal, las cuales mueven el mercurio a través del lumen intestinal <sup>(3, 4, 6)</sup>.

#### CONCENTRACIONES DEL MERCURIO:

Debido a la toxicidad del mercurio, el odontólogo debe preocuparse por la carga corporal del mercurio que puede derivarse de los alimentos y otras fuentes, como también de aquel que se acumula debido a la exposición en el consultorio <sup>(3, 4, 6, 17)</sup>. Teniendo conocimiento de los efectos biológicos que conlleva el uso inadecuado del mercurio, se presenta una tabla de valores umbral-límite (VUL) en diferentes tejidos. El VUL es el nivel de mercurio al cual puede estar expuesto un individuo, sin peligro, en una jornada de 8 horas al día 5 días por semana <sup>(5, 18)</sup>.

ORINA	0.15 mg/l
SALIVA	0.015 mg/100ml
SANGRE	0.1µg/l
AIRE	0.05mg/m <sup>3</sup>
CABELLO	7 ppm
UÑAS	5.10 ppm
AGUA	1µg/l

(1)

#### TOXICIDAD

El grado de acumulación y las lesiones atribuidas a la presencia del mercurio se relacionan a su alta afinidad por los grupos sulfhídrido, aminos y aminoácidos. Esta relación lipotrópica facilita un cambio en la permeabilidad de la membrana, en la cual los iones mercuriales cambian el potencial de la membrana. Esta relación produce una afinidad especial por el tejido nervioso. La facilidad por la que el mercurio pasa a través de la membrana celular permite una distribución tisular universal. El mercurio puede interferir con reacciones celulares enzimáticas <sup>(13, 19)</sup>.

El peligro de la toxicidad mercurial en el ambiente de la clínica dental, es alto. El mercurio puede causar muerte o daño permanente después de una exposición a cantidades pequeñas del metal. El mercurio de la amalgama dental colocado en boca puede considerarse como un contaminante local y crónico, su toxicidad es moderada y no produce complicaciones severas como lo son daños al sistema nervioso central y/o muerte. <sup>(13, 19)</sup>.

#### Envenenamiento Agudo:

Generalmente causado por ingestión por vía oral de mercurio orgánico, pero puede también deberse a la inhalación de vapores de mercurio elemental o mercurio orgánico, incluyendo pomadas mercuriales aplicadas tópicamente <sup>(6)</sup>.

Cuando se ingiere cloruro mercurioso, la precipitación de las proteínas de la membrana mucosa causa rápidamente un aspecto gris cenizo en la boca, faringe y mucosa gástrica, el dolor intenso de los tejidos dañados se agrava con vómitos, esto mejora el cuadro ya que si el estómago se vacía con rapidez el paciente tiene mayor posibilidad de sobrevivir. El efecto local se caracteriza con diarrea sanguinolenta profusa y severa, con trozos de mucosa intestinal en las heces, esta intoxicación puede producir shock profundo y muerte <sup>(3, 4, 6, 17)</sup>.

Si la intoxicación 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; en ocasiones son mortales. A nivel de la boca encontramos la presencia de aftas orales recurrentes dolorosas, ulcerativas y amarillas, halitosis, gingivitis, lengua edematizada con la impresión de los dientes en los bordes. Las encías sangran fácilmente, hay cialorrea y un fuerte sabor metálico puede encontrarse inflamación de glándulas salivares, dolor faríngeo con eritema supuración recurrente de las amígdalas, decoloración de los márgenes marginales similar a la línea del plomo, aparece mas tarde y puede haber infección local, aflojamiento de los dientes y necrosis de alvéolos <sup>(1)</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 nausea, reflujo

gastroesofágico, las mucosas se encuentran ulceradas y eritematosas, hígado doloroso a la palpación diarreas mucosanguinolientas y purulentas, cólicos y dolor rectal <sup>(3,4)</sup>.

La función renal se puede alterar pocos minutos después que el veneno llega a la circulación y 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, 4, 6, 17)</sup>.

## TRATAMIENTO

Una detección temprana de la intoxicación con mercurio es fundamental para el tratamiento, además de detener la exposición y de la remoción de 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, 4, 6)</sup>.

Entre los antidotos encontramos: Dimercaprol, Uniol, Glutathione o Cisteína y Penicilamina, los cuales producen efectos competitivos, mediante grupos tiol que capturan el mercurio. Si estos se administran inmediatamente después de la exposición pueden ser útiles en la prevención de efectos irreversibles <sup>(3, 4, 6)</sup>.

### Dimercaprol:

Es un líquido aceitoso claro, incoloro, viscoso, de olor fuerte y desagradable, típico de los mercaptanos <sup>(6)</sup>. Las propiedades moleculares del Dimercaprol-metal tienen 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>(3,4)</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, 4, 6)</sup>.

Para prevenir la inhibición de las enzimas sulfhídricas se administra el Dimercaprol lo más pronto posible después de la exposición al mercurio <sup>(6)</sup>.

La dosis recomendada de dimercaprol para el tratamiento de envenenamiento por mercurio es de 0,5mg/Kg administrado una vez cada 8 o 12 horas por vía intramuscular y de 2.5 mg/Kg, 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, 4, 6)</sup>.

#### Penicilamina:

Por medio de estudios se ha demostrado una menor excreción urinario de mercurio después de la administración de la Penicilamina en personas que han sido expuestas a vapor de mercurio, y parece ser agente el medicamento de elección contra la Penicilamina. La dosis de esta, empleada normalmente en el tratamiento de la intoxicación por mercurio inorgánico (1gr por día), produce una pequeña reducción de la concentración de metil mercurio en la sangre; se necesitan dosis mayores (2 gr. por día para que reduzca totalmente) <sup>(3, 6)</sup>.

#### Dimaval o DMPS:

En casos más severos de envenenamiento a veces no es suficiente con la descontaminación con oligoelementos vitaminas, antioxidantes y medicamentos homeopáticos. Se necesita una sustancia que pueda acelerar este importante proceso para la mejoría de los síntomas del 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 una sustancia hidrosoluble por lo que se puede administrar por vía oral, intravenosa o intramuscular. Con esto se logra una movilización y excreción de mercurio que está depositado en el espacio extracelular. Es muy poco liposoluble por lo que 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 de este espacio se va llenando de nuevo de mercurio y así sucesivamente, debido a que el efecto del DMPS es parecido al de una aspiradora <sup>(9, 12)</sup>.

Para el tratamiento del mercurialismo se recomienda la remoción completa de todas las obturaciones de amalgama antes de esta terapia. (Fabricante: Heyl, Chemischpharmazeutische Fabrik GmbH) <sup>(9, 12)</sup>.

En envenenamientos leves puede ser eliminada la contaminación por medio de vitaminas, magnesio, selenio, etc. Y gotas de cilantro que se administran de 3 a 5 semanas sobre la lengua <sup>(12)</sup>.

## UTILIZACIÓN DEL MERCURIO EN LA PRÁCTICA DENTAL

El mercurio junto a una aleación de plata y otros metales dan como resultado la amalgama dental el cual es utilizado para restauraciones dentales. La amalgama dental es uno de los materiales dentales más utilizados en la práctica odontológica desde hace más de 150 años <sup>(6, 15)</sup>.

Las restauraciones de amalgama dental sólo son posibles gracias a las características particulares del mercurio, debido a que en sus comienzos esta amalgama es una masa plástica que se puede insertar y terminar en la preparación cavitaria de una pieza dental, luego es capaz de cristalizar de modo que su estructura resista los rigores del medio oral <sup>(3,4,6)</sup>.

## RIESGO OCUPACIONAL

Dentro del grupo en riesgo se encuentra el odontólogo y personal auxiliar y toda aquella persona que esta expuesto al ambiente en donde se almacena, manipula, y se transporta el mercurio. “La manipulación de mercurio, amalgama dental o cualquiera de las soluciones antisépticas que están hechas a base de mercurio constituyen para el personal odontológico en el área de trabajo un riesgo real de exposición a los vapores de mercurio” <sup>(12)</sup>.

La permanencia en un ambiente contaminado con vapores de mercurio es perjudicial para la salud tanto del cirujano dentista y personal auxiliar como pacientes <sup>(6, 10)</sup>.

## LIMPIEZA DEL MERCURIO DERRAMADO

El derrame de mercurio debe ser controlado y limpiado inmediatamente. Existen varias técnicas y dispositivos. Una técnica efectiva consiste en:

1. Usar un tubo angosto conectado a un aspirador de bajo volumen. Mejor si pasa por un recipiente trampa lavable.
2. Usar tiras de cinta adhesiva o una mezcla fresca de amalgama para limpiar pequeños derrames.
3. Usar polvo de azufre sobre las gotas que no pueden ser alcanzadas. Esto es sólo una película que cubre el mercurio, y será efectiva solamente cuando las gotas de mercurio permanezcan en reposo y sin dividirse.

4. Utilizar cualquier aparato para limpieza de mercurio derramado que pueda ser comercialmente adquirible <sup>(9)</sup>.

Entre los aparatos que se pueden adquirir comercialmente para remover un derrame de mercurio se pueden mencionar los siguientes <sup>(9)</sup>:

DISPOSITIVO	FUNCIONAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Protector de Williams	Remoción de vapores: renueva el aire cada dos horas	Reduce concentración de 0.1 a 0.03 mg/m <sup>3</sup> , en 4 hrs. Es silencioso	Cambio mensual
Hg X: polvo que se usa sobre el derrame	Compuesto químico de azufre	Comercialmente adquirible	Inefectivo, olor a azufre, corroe metal
Mercurisorb	La sal que se amalgama al mercurio	Unión química	Mancha manos y ropa, aumenta vapores
Carbón de yodo	Carbón yodado	Evita vaporización	No limpia los derrames
Esponja cubierta con cinc	El cinc se activa al agregar agua	Portátil, uso fácil	Capacidad, limitado a 2.7 g
Colector de Mercurio	Acción de esponja	Para derrames menores de 2g	Se arruina con facilidad
Esponja de mercurio plateado	La plata atrapa al mercurio	Excelente en gotas de 0.5mm de diámetro	No en grandes derrames, no tocar con la mano
Hg Vac		Portátil y pequeña	Derrames no más de 5g.

(4)

## RECOMENDACIONES DE LA FEDERACIÓN DENTARIA INTERNACIONAL

Con el objeto de reducir la exposición del mercurio del personal que labora en el consultorio odontológico, la FDI publicó las siguientes recomendaciones en la revista “Internacional Dental Journal”<sup>(9)</sup>.

- 1) Informar al personal que maneja el mercurio sobre el peligro que conlleva la manipulación del mismo.
- 2) Buena ventilación, con intercambio de aire fresco y escape externo. Los filtros de los aires acondicionados pueden actuar como depósitos de mercurio.
- 3) Almacenaje en envases irrompibles, herméticos y alejados de fuentes de calor.
- 4) Usar el equipo para el mercurio y la amalgama en un solo sitio, el que debe tener una superficie impermeable.
- 5) Utilice preferiblemente cápsulas de uso único.
- 6) Evite remover el exceso de mercurio mediante la correcta selección de la proporción de la aleación y mercurio.
- 7) Emplear cápsulas que permanezcan herméticas durante el procedimiento de la mezcla.
- 8) Utilizar un amalgamador con brazos completamente cerrados.
- 9) Rearmar las cápsulas después de su utilización; las cápsulas de uso único deben sumergirse en una solución de fijador radiográfico.
- 10) Revisar continuamente la pérdida y/o evaporación de mercurio en los dispensadores.
- 11) Comprobar que no queden residuos en el orificio del dispensador de mercurio.
- 12) No tocar con las manos el mercurio y la amalgama.

13) Los residuos de amalgama deben almacenarse en una solución de fijador radiográfico y en un recipiente hermético, no bajo agua.

14) Limpiar inmediatamente todo el mercurio derramado.

15) Evitar el calentamiento del mercurio o de la amalgama o de cualquier equipo utilizado con amalgama. Los instrumentos contaminados con amalgama deben ser limpiados antes de la esterilización por calor.

16) Evitar el uso de los condensadores ultrasónicos.

17) Al remover obturaciones viejas con amalgama utiliza pulverización de agua y evacuación de alto volumen.

18) Utilice mascarillas para evitar la inhalación del polvo de la amalgama al remover obturaciones de dicho material.

19) Coloque en bolsas de polietileno cerradas los materiales desechables que estén contaminados con mercurio o amalgama.

20) Utilice sistemas de evacuación (escupideras, lavados, sistemas de succión y otros), con trampa plástica para recuperar los restos de amalgama y almacenarlos de acuerdo al número 13.

21) Lavar con agua y jabón la piel que ha entrado en contacto con mercurio.

22) No se debe comer, beber o fumar en el consultorio dental.

23) Si sospecha problemas con respecto a la higiene del mercurio, el personal del consultorio tendrá que hacerse un análisis periódicamente.

## MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA LA CONTAMINACIÓN MERCURIAL

Todo consultorio deberá instituir procedimientos propios en el manejo del mercurio para reducir el riesgo de contaminación. Deberán controlarse las concentraciones de aire de manera que

los empleados no estén expuestos a niveles de vapores 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>(5, 6, 18)</sup>. Se sugiere que se analice con frecuencia el ambiente de los consultorios, monitoreándolos o tomando muestras de aire, así como realizar periódicamente pruebas de laboratorio al personal en riesgo <sup>(10)</sup>.

Exámenes médicos 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 de orina para análisis <sup>(6, 17)</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, 4, 6)</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>(3,4)</sup>. Deben limpiarse inmediatamente los derramen de mercurio, ya sea por el sistema químico o mecánico <sup>(6)</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 si distribución, repartimiento o reprocesamiento <sup>(2, 3, 4, 6)</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 el contacto con joyas como anillos, relojes, etc. <sup>(3, 4, 6)</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, asimismo 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 convenientes, se debe comunicar a los empleados la importancia de lavarse adecuadamente las manos antes de comer o fumar, asimismo como una buena técnica de trabajo de acuerdo con los métodos recomendados generalmente para el control del mercurio <sup>(3, 4, 6)</sup>. Derrames sobre superficies lisas del gabinete dental y los pisos deberán retirarse combinando la limpieza mecánica y 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 <sup>(3, 4, 6)</sup>.

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. 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 ahí por lo menos un día, deberá repetirse si es necesario <sup>(3, 4, 6)</sup>. 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 el área está contaminado con mercurio inorgánico deberán observarse los siguientes requisitos: los empleados deberán medir la actividad física medio ambientales de mercurio inorgánico por lo menos cada 6 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 30 días o a la frecuencia que lo desee el departamento de salubridad. Deben observarse los registros para todo los programas de muestreo y analíticos, tipo de protección respiratoria 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, 4, 5, 6, 8, 16, 18)</sup>.

## **OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar la contaminación mercurial de los ambientes clínicos y pre-clínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el año 2006.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar cuántos mg de Hg/m<sup>3</sup> de aire existen en los ambientes de la clínica del edificio M-1 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así:
  - a) Módulo de operatoria
  - b) Módulo de odontopediatría,
  - c) clínicas del 2º nivel
  - d) dispensarios de ambos niveles
  - e) almacén
  - f) taller de reparación (ambientes donde se repare equipo que haya estado en contacto con Mercurio)
  
- Determinar cuántos mg de Hg/m<sup>3</sup> de aire existen en los ambientes del laboratorio pre-clínico multidisciplinario en el edificio M-3 de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la detección de las partículas suspendidas en el ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### PROCEDIMIENTO:

#### 1. DETERMINACIÓN DE LOS AMBIENTES FÍSICOS EN DONDE SE REALIZARÁ EL ESTUDIO

Se seleccionaron para la cuantificación de la contaminación mercurial en el aire, los ambientes de las clínicas del edificio M-1: módulo de operatoria, módulo de odontopediatría, clínicas del 2o nivel, dispensarios de ambos niveles, almacén y taller de reparación; y edificio M-3: laboratorio multidisciplinario pre-clínico de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, lugares en los cuales se manipula, transporta y almacena mercurio.

#### 2. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN

##### CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- a. Ambientes en los cuales se maneja mercurio la mayor parte del tiempo,
- b. Ambientes donde se almacena y prepara amalgama,
- c. Ambientes donde se repara equipo que haya estado en contacto con mercurio (taller de reparación del equipo de las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala)

##### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- a. Ambientes donde no se maneje o almacene mercurio,
- b. Ambientes que cumplan con los requerimientos de la Federación Dentaria Internacional (FDI)  
para la higiene mercurial (ver página 17).

#### 3. REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

##### EQUIPO PARA MUESTREO

- a. Bomba de Vacío (SKC 6.0v)
- b. Soporte de metal
- c. Pinzas universales
- d. Soporte plástico
- e. Extensión de 110v

- f. Timer (medidor de tiempo 110v)
- g. Termómetro Ambiental
- h. Filtros de Carulite equivalentes a los filtros de Hopcalite

#### 4. SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN

Se solicitó la autorización para la colocación de la Bomba de Vacío, por medio de una carta dirigida a la Dirección de Clínicas y a la Secretaría Adjunta de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, junto con estas misivas se envió un cronograma de actividades en el cual se determinaron las fechas para el monitoreo.

#### 5. MUESTREO

Se utilizó un soporte de metal que ensamblan los soportes de los tubos absorbentes a la bomba de vacío. Se reguló el flujo de succión con los manómetros de las bombas, se dejó funcionar por 24 horas y se colectaron las muestras para su análisis. Se colocó el tubo absorbente en el soporte debidamente con su abertura de captación. Se colocó un flujómetro en la bomba de vacío para determinar el volumen del aire. Se midió el flujo durante 5 minutos. posteriormente se colectó el aire durante 24 horas a un flujo promedio. Después de las 24 horas se calibró de nuevo el flujómetro y se midió durante 5 minutos. El flujo promedio se calculó sumando el flujo inicial y el flujo final, dividido entre dos. Para obtener el flujo deseado se colocó el flujómetro y se reguló la presión de la bomba de vacío hasta conseguir el valor de presión adecuado.

##### 5.1 MONITOREO DEL AMBIENTE

Para la toma de la muestra, la Bomba de Vacío se colocó en un lugar específico, el cual debió estar a la altura de la vista del operador en posición sentado, en el medio del ambiente a investigar.

Los filtros absorbentes que se utilizaron en la Bomba de Vacío para la toma de la muestra de las partículas suspendidas en los ambientes a monitorear fueron adquiridos en Soluciones Analíticas, con un costo total de Q,2,925.00

Los filtros, fueron colocados en la Bomba de Vacío para ponerla a funcionar de 7:30 AM de un día para las 7:30 AM del día siguiente. Luego de transcurridas las 24 horas correspondientes a cada ambiente, se removió el filtro utilizado, el cual se tapó inmediatamente y se verificó la

temperatura ambiente y se anotó. La toma de las muestras se realizó por parte de Estudios Ambientales Profesionales, teniendo un costo por muestra de Q, 150.00 y un costo total de Q.1,350.00. Al mismo tiempo que se estuvo monitoreando el aire de cada ambiente, se hizo una medición de la temperatura del mismo ambiente cada 2 horas.

## CRONOGRAMA

FECHA	HORA	AMBIENTE MONITOREADO	PROCEDIMIENTO REALIZADO
22/3/06	7:00	Antigua Área de Operatoria Edif. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
23/3/06	7:40	Antigua Área de Operatoria Edif. M-1	Remoción del filtro
23/3/06	7:40	Dispensario del Primer Nivel Edif.. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
24/3/06	7:40	Dispensario del Primer Nivel Edif. M-1	Remoción del filtro
27/3/06	7:40	Área de Odontopediatría Edif. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
28/3/06	7:40	Área de Odontopediatría Edif. M-1	Remoción del filtro
28/3/06	7:40	Almacén en Edif. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
29/3/06	7:40	Almacén en Edif. M-1	Remoción del filtro
29/3/06	7:40	Dispensario Segundo Nivel Edif. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
30/3/06	7:40	Dispensario Segundo Nivel Edif. M-1	Remoción del Filtro
30/3/06	7:40	Clínicas Segundo Nivel Edif. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
31/3/06	7:40	Clínicas Segundo Nivel Edif. M-1	Remoción del filtro
3/4/06	7:40	Taller de reparación Edif. M-1	Colocación de la Bomba con el filtro
4/4/06	7:40	Taller de reparación Edif. M-1	Remoción del filtro
4/4/06	7:40	Lab. Multidisciplinario Edif. M-3	Colocación de la Bomba con el filtro
5/4/06	7:40	Lab. Multidisciplinario Edif. M-3	Remoción del filtro
5/4/06	7:40	Lab. Multidisciplinario Edif. M-3	Colocación de la Bomba con el Filtro
6/4/06	7:40	Lab. Multidisciplinario Edif. M-3	Remoción del filtro

## 5.2 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Se llevó a cabo por parte del Laboratorio Ecosistemas y consistió en una prueba de trampa fría por espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros. Se utilizó muestra fortificada tanto en una muestra como en un filtro en blanco

Nota: Esta investigación se basó en el método modificado para el análisis de mercurio en aire NIOSH 6009.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Con los datos obtenidos se realizó una base de datos utilizando el programa Microsoft Excel donde se dividieron los datos por ambiente. Utilizando la función estadística del programa se calculó la media de la temperatura ambiente. Se diseñaron tablas en el programa Microsoft Word y se agruparon los datos para la interpretación final.

## RESULTADOS

En la siguiente tabla se encuentran los datos correspondientes a las concentraciones mercuriales por ambiente, encontrados en 9 diferentes ambientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del 24 de abril al 3 de mayo del año 2006. La temperatura promedio resultó de la toma, a intervalos de una hora, de la temperatura desde las 8:00 am hasta las 3:30pm. Sin embargo, la toma de la muestra continuó hasta las 8:00 am del siguiente día.

Contaminación mercurial en el ambiente por módulos monitoreados en  
La Facultad de Odontología de la USAC.

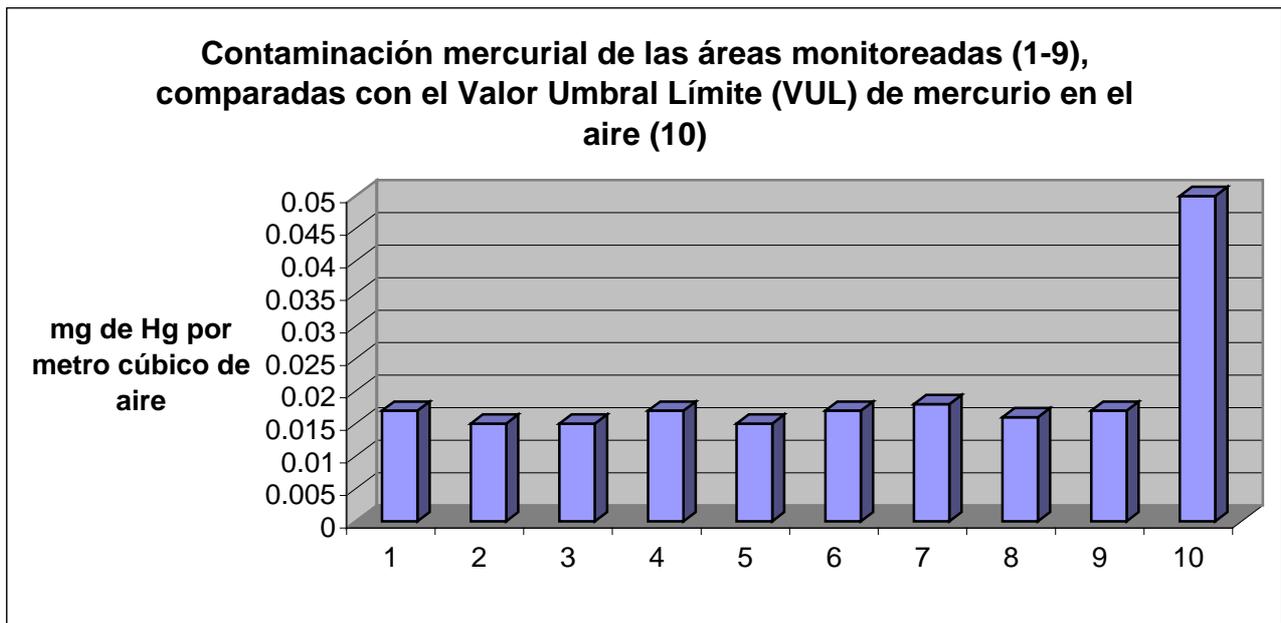
	Area monitoreada	Temperatura Promedio	Mercurio Elemental (Hg) mg/m <sup>3</sup>
1.	Dispensario No. 1 (Edif. M1, primer nivel)	25° C	<0.017
2.	Taller de reparaciones	23.5° C	<0.015
3.	Clínica de prótesis removible	26° C	<0.015
4.	Antiguo dispensario (Edif. M1, segundo nivel)	25.5° C	<0.017
5.	Clínica de operatoria	23.5° C	<0.015
6.	Clínica de odontopediatría	24° C	<0.017
7.	Antiguo almacén (Edif. M1, segundo nivel)	26.5° C	<0.018
8.	Laboratorio multidisciplinario extremo oriente (Edif. M3, tercer nivel)	26.5° C	<0.016
9.	Laboratorio multidisciplinario extremo poniente (Edif. M3, tercer nivel)	23.5° C	<0.017

Fuente: datos obtenidos en el trabajo de campo.

Cuadro No. 1

El valor mas alto de contaminación mercurial presentado en la siguiente gráfica (área No.7) equivale al 36% del VUL de mercurio en el aire. En ella se observa que la concentración máxima se encuentra en el antiguo almacén y la menor en el área de prótesis removible, aunque en ésta se registró la misma concentración mercurial que el taller de reparaciones y la clínica de operatoria, en ésta se presentó un promedio de temperatura mayor a las 2 anteriores.

Gráfica 1.



## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores de contaminación ambiental por mercurio encontrados en esta investigación, indican que durante los monitoreos realizados en 9 diferentes puntos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, no son lo suficientemente altos para considerarlos una fuente principal de contaminación mercurial ya que no sobrepasan el límite umbral para el mercurio en aire que corresponde a 0.05 mg de Hg/m<sup>3</sup> de aire (ver gráfica). Sin embargo, hay que hacer notar que al momento de tomar la muestra No. 4 y 7, el dispensario del segundo nivel y el almacén habían sido desocupados y trasladados a otras instalaciones con 10 días de anterioridad lo que puede haber incidido en los resultados encontrados en estas áreas físicas. Hay que mencionar también que el laboratorio multidisciplinario del edificio M3 no se había utilizado para manipular mercurio desde 7 meses antes de tomar la muestra. Además las muestras No. 2 y 3 fueron tomadas de ambientes donde no se almacena ni se manipula el mercurio. Las 3 áreas restantes en donde sí se manipuló mercurio cuentan con buena ventilación y baja afluencia de pacientes durante la época de los monitoreos, por lo tanto, las condiciones en las que se encuentran actualmente las instalaciones monitoreadas son, casi en su totalidad, diferentes a las que otros investigadores han encontrado al momento de someter a prueba las condiciones del ambiente de la facultad investigada, lo cual es una variable que pudo afectar los resultados ahora presentados, y consecuentemente diferir entre los resultados de años anteriores y los resultados de esta investigación.

## CONCLUSIONES

Con base a los hallazgos encontrados en esta investigación, se concluye lo siguiente:

1. No se encontraron trazas, posibles de cuantificar, de mercurio en los filtros utilizados para muestrear los ambientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. El límite de detección, del método utilizado en esta investigación, no representa una concentración ambiental de mercurio que constituya un riesgo para la salud del ser humano.
3. Según los resultados obtenidos en esta investigación no es posible determinar la existencia de vapores mercuriales en el ambiente de la Facultad de Odontología de la USAC.
4. Según los resultados obtenidos en esta investigación no es posible cuantificar la contaminación por vapores de mercurio de los ambientes monitoreados de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Hay contradicción entre los resultados de este estudio y los hallazgos de varios estudios cualitativos realizados en esta casa de estudios.

## RECOMENDACIONES

Con base a lo descrito en esta investigación, se recomienda:

1. Realizar el mismo estudio anualmente para estar informados sobre el nivel de contaminación mercurial en el ambiente, tal y como lo recomienda la FDI, de preferencia por iniciativa de la administración de la Facultad, ya que los costos de realización de este estudio son significativamente altos para que su realización sea llevada a cabo por estudiantes.
2. Repetir el presente estudio con las siguientes modificaciones:
  - a. tomar las muestras únicamente en horas de trabajo, para evitar la dilución de las mismas.
  - b. Realizar la toma de muestras del aire durante el último mes de trabajo del ambiente a investigar.
  - c. Muestrear además de los ambientes monitoreados, las áreas donde se ubica el compresor del edificio M1, el desagüe de los eyectores, las nuevas instalaciones del dispensario del segundo nivel del edificio M1 y el almacén en el edificio M4.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Arévalo Donis, A. L. (2004). **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.** Tesis (Lic. Cirujana Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 9, 12, 14.
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. Odonto, Universidad de Sao Paulo. 9(1): 39-23.
3. Bonatto Monzón, J. M. (1988). **Determinación de 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. 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.
5. Chavarria, D. (1987). **Intoxicación mercurial.** Guatemala: Área de prótesis, Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos. pp. 6.
6. Cojulún Pérez, I. M. (1988). **Determinación de contaminación mercurial en las clínicas, dispensarios y laboratorios pre-clínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad San Carlos de Guatemala.** Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 3-52.
7. **Compendium of methods for determination of inorganic compounds in air.** (2002) (en línea). Consultado el 6 de Jul. 2005. Disponible en: [www.epa.gov.ttn/amtic/files/ambient/inorganic/iocompen](http://www.epa.gov.ttn/amtic/files/ambient/inorganic/iocompen)
8. Craig, R.G.; William J. O'Brien y John M. P. (1985) **Materiales dentales.** Trad. Maria de Lourdes Hernández Cazares. 3 ed. México: Interamericana. pp. 93, 94.

9. **Desintoxicación del micromercurialismo producido por las obturaciones de amalgama. Noticias del congreso No. 33 de Badén-Badén Alemania.** (2001) (en línea). Consultado el 13 de Ago. 2002. Disponible en: [www.doctorpedrero.com/articulos/infoterapia-desintoxicacion-mercurio-empastes.html](http://www.doctorpedrero.com/articulos/infoterapia-desintoxicacion-mercurio-empastes.html)
10. Federación Dentaria Internacional FDI. (1999). **Recomendaciones concernientes a la higiene del mercurio dental.** (en línea). Consultado el 16 de Ago. 2002. Disponible en: [www.coemorg/revista/vol12-n5/info.html](http://www.coemorg/revista/vol12-n5/info.html)
11. 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. pp. 40
12. Lechner, J. (2000). **Tratamiento de la contaminación por mercurio.** (en línea). Consultado el 13 de Ago. 2002. Disponible en: [www.odontologiaholistica.org.vebiomagazine.html.desintoxicacion](http://www.odontologiaholistica.org.vebiomagazine.html.desintoxicacion)
13. Milián, E.; Carrillo, R. y Aguirre, R. (2003). **Seguridad en el consultorio odontológico: riesgo de exposición al mercurio dental.** Guatemala: Universitaria. pp. 14, 17-21, 28-29, 47,49.
14. Phillips, R. (1986). **Materiales dentales.** Trad. María de Lourdes Hernández Cazares. 8ª ed. México: Interamericana. pp. 352, 370.
15. O'Brien, W. (1986). **Materiales dentales y su selección.** Trad. Roberto Porter. Buenos Aires: Medica Panamericana. pp. 170, 171.
16. Pécora, J. D. (2000). **Reciclaje de los residuos de amalgama dental mediante la recuperación de mercurio y plata.** (en línea) Consultado el 16 de Ago. 2002. Disponible en: [www.forp.usp.br/restauradora/trabalhos/mercurio.html](http://www.forp.usp.br/restauradora/trabalhos/mercurio.html).
17. Unzeta Hoffman, R. E. (2001). **Intoxicación crónica por mercurio.** (en línea). Consultado el 13 de Ago. 2002. Disponible en: [www.dentistasperu.com/articulos/art21.html](http://www.dentistasperu.com/articulos/art21.html)

18. 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.
19. Van Noort, R. (1994). **Introduction to dental materials.** London: Mosby. pp. 80-81.