

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
COORDINACION GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION



TRABAJO DE GRADUACION
PARA OBTENER EL TITULO DE
DOCTOR EN CIRUGIA DENTAL

TITULO:

IMPLICACIONES ACERCA DE LOS
BENEFICIOS Y/O CONSECUENCIAS
DEL EMPLEO DEL MERCURIO EN ODONTOLOGÍA

TESIS PRESENTADA POR:

Alma Patricia Perdomo Salinas

Marvin Gustavo Perdomo Escobar

DOCENTE DIRECTOR:

Dr. José Fidel Márquez Avilés

Ciudad Universitaria Marzo del 2004

AUTORIDADES:

RECTORA:

Dra. María Isabel Rodríguez

VICE-RECTOR ACADEMICO:

Ing. Joaquín Orlando Machuca

VICE-RECTORA ADMINISTRATIVA:

Dra. Carmen Elizabeth Rodríguez de Rivas

DECANO:

Dr. Oscar Rubén Coto Dimas

VICE-DECANO:

Dr. Guillermo Alfonso Aguirre

SECRETARIA:

Dra. Vilma Victoria González de Velásquez

DIRECTOR DE EDUCACION

ODONTOLOGICA:

Dr. José Benjamín López Guillen

JURADO EVALUADOR

DRA. ANA ELIZABETH HENRIQUEZ CORDON

DR. JOSE FIDEL MARQUES AVILES

DR. MAURICIO EDUARDO MENDEZ

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por habernos dado la fuerza de realizar este trabajo de investigación.

A nuestros padres, hermanos y familia que nos brindaron el apoyo incondicional para la culminación de este trabajo.

A todos los estudiantes y docentes de la FOUES.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Fidel Márquez Avilés por haber compartido todo su conocimiento y brindado su apoyo para la realización de esta investigación.

A nuestros asesores por su comprensión y paciencia oportuna.

ÍNDICE

	PAGINA
INTRODUCCIÓN	ii - iii
OBJETIVOS	iv
I) EL MERCURIO	
1) HISTORIA	1-4
1.1) HISTORIA DEL MERCURIO	1-2
1.2) EL MERCURIO COMO COMPONENTE DE LA AMALGAMA DENTAL	2-4
2) GENERALIDADES	5 -6
2.1) UNIDADES	4
2.2) NOMENCLATURA	5- 6
3) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	7 -11
3.1) PROPIEDADES FÍSICAS	8
3.2) PROPIEDADES QUÍMICAS	8-17
3.2.1) MERCURIO Y ALEACIONES	8-9
3.2.2) COMPUESTOS MERCURIO	9-11
3.2.2.1) COMPUESTOS	9-11

4) FUENTES	12-14
4.1) FUENTES NATURALES	12-13
4.2) FUENTES ANTROPOGENICAS	13-14
4.3) METALURGIA	14
5) USOS DEL MERCURIO	15-20
5.1) MERCURIO METÁLICO Y COMPUESTOS INORGÁNICOS	15-16
5.2) MERCURIO ORGANICO	16
5.2) COMPUESTOS	17-18
5.3) PREPARADOS	20
6) CONCENTRACIONES	21-37
6.1)CONCENTRACIONES AMBIENTALES	21-34
5.1.1) AIRE	21-24
5.1.2) DIETA	24-27
5.1.2.1)PECES	26-27
5.1.3) AGUA	27-30
5.1.4) VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN LA POBLACIÓN	30-34
5.2) CONCENTRACIONES EN FLUIDOS CORPORALES	
5.2.1)MERCURIO EN ORINA	35
5.2.2) MERCURIO EN SANGRE	35-37

7) METABOLISMO DEL MERCURIO	38-45
7.1) BIOTRANSFORMACIÓN	38-40
7.2) ABSORCIÓN	40-42
7.2.1) ABSORCIÓN POR INHALACIÓN	40-41
7.2.2) ABSORCIÓN POR INGESTIÓN	41-42
7.2.3) ABSORCIÓN CUTÁNEA	42
7.3) DISTRIBUCIÓN	42-44
7.4) ELIMINACIÓN	44-45
8) RIESGO SANITARIO DE LA EXPOSICIÓN	46-51
8.1) MERCURIO Y COMPONENTES	46
8.2) EFECTOS TÓXICOS DE LOS ELEMENTOS MERCURIALES	46-49
8.3) DIAGNOSTICO	49-50
8.4) CLASIFICACION DE LA INTOXICACIÓN	50-54
7.4.1) INTOXICACIÓN AGUDA	
7.4.2) INTOXICACIÓN CRÓNICA	
7.4.3) MICROMERCURIALISMO	
8.5 OTRAS ENFERMEDADES ATRIBUIDAS A LA ABSORCIÓN DEL MERCURIO	54-58
9) FACTORES QUE MODIFICAN LA TOXICIDAD	58-60
II) EL MERCURIO Y SU EMPLEO EN EL CAMPO ODONTOLÓGICO	

1) AMALGAMA DENTAL	61-62
2) MANIPULACIÓN Y MEZCLA DE LA ALEACIÓN	62-64
2.1) PROPIEDADES DEL MERCURIO USADO EN ODONTOLOGÍA	62-63
2.2) PROPORCIÓN ALEACIÓN-AMALGAMA	63-64
3) CORROSIÓN	65
4) INTOXICACIÓN DE MERCURIO POR AMALGAMAS DENTALES	66-68
4.1) REACCIONES LOCALES	66-67
4.2) REACCIONES SISTÉMICAS	67-68
5) RIESGOS Y PRECAUCIONES PARA EL ODONTÓLOGO Y PERSONAL AUXILIAR EN EL MANEJO DEL MERCURIO	69-70
6) ALTERNATIVAS PARA EL USO DE LA AMALGAMA	75-77
III) DISCUSIÓN	78-82
IV) CONCLUSIONES	v-vi

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INTRODUCCION

Hace muchos años comenzó la utilización del mercurio como un componente en un sin número de áreas que involucraron desde efectos afrodisiacos, hasta llegar al campo de la Odontología en tiempos antes de Cristo. Dicho metal comenzó a tener mucho auge debido a las propiedades que se creían que éste poseía, pero con el correr del tiempo, comenzó a observarse una serie de reacciones adversas en quienes utilizaban éste metal, cuando permanecían en íntimo contacto. Es por eso que muchas instituciones y organismos comenzaron una serie de investigaciones en defensa de la salud y el ambiente, y se comenzó a difundir artículos y publicaciones realizadas con o sin fundamento científico, y en muchos casos con fines comerciales.

Se sabe que el mercurio junto con otros metales (plata, estaño, cobre y zinc), dan como resultado la amalgama dental. Dicho material restaurador ha sido utilizado por sin número personas alrededor del mundo por más de 150 años; así de antigua es también la preocupación por la presencia del mercurio en ésta; actualmente continúa utilizándose debido a factores muy importantes que en nuestro país lo hacen uno de los materiales restauradores de primer escoge. Dicho factores incluyen entre otras la durabilidad, bajo costo con respecto a otros materiales, la facilidad de manipulación y su uso tanto en niños como en adultos.

Es por este motivo que se hace necesaria una recolección de información científica-comprobada que pueda generar un mejor criterio de los beneficios, implicaciones o complicaciones que puede generar el uso del metal en este campo, Paracelso en el siglo XV puntualizó el dilema básico con el que ahora se determina los efectos tóxicos del mercurio de la amalgama dental en los humanos: *“todas los elementos son venenosos. No hay uno que no sea venenoso, la dosis correcta hace la diferencia entre un veneno y una cura”*⁽¹⁾. Es a partir de esta afirmación que se pretende establecer cual es la dosis que provoque una reacción de hipersensibilidad o toxicidad y cual no lo hace.

Con esta investigación, se procurará aclarar las interrogantes existentes en relación al uso de este metal, como también diferenciar y conocer los compuestos de mercurio existentes, sus múltiples usos, y los que tienen más potencial tóxico, para que el clínico con un mayor criterio y conocimiento pueda ofrecer al paciente la seguridad de brindar un material restaurador que garantice la satisfacción del paciente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Recopilar y analizar la información científica existente acerca del mercurio que permitirá definir los beneficios y/o consecuencias de su empleo en odontología

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Diferenciar los diferentes derivados del mercurio y su potencial de toxicidad que representan para la población en general.
- 2) Recopilar la información científica donde se sustente la existencia o ausencia de toxicidad derivada del uso y manipulación del mercurio usado en la amalgama dental
- 3) Identificar los riesgos y las precauciones que el paciente, odontólogo y personal de salud debe tomar al momento del manejo y colocación de la amalgama dental.
- 4) Conocer los signos y síntomas que una intoxicación mercurial puede ocasionar y de que forma la exposición de mercurio esta relacionada o no con otras enfermedades sistemicas
- 5) Crear una fuente de información accesible para el estudiante de la FOUES, solidificando así un criterio y teórico adecuado.

II EL MERCURIO

1) HISTORIA

1.1) HISTORIA DEL MERCURIO

La historia del mercurio es oscura aunque se sabe que éste metal fue la última adición a la lista de 7 metales que se conocían al comienzo de la era moderna ⁽²⁾. Pero sí se conoce la utilización del mercurio y su principal mineral, el cinabrio el cual fue conocido desde hace mucho tiempo atrás ⁽³⁾.

Fue empleado en forma de pintura por pueblos como China, Asiria y Grecia. Los Incas también conocían el cinabrio al que denominaron **Llampi**. También fue empleada por los egipcios durante la XVIII y XIX dinastía faraónica; la prueba se encuentra en una vasija funeraria de la época. Los Fenicios lo extraían y lo utilizaban para purificar el oro. En la India aseguraban sus propiedades afrodisíacas; así podemos encontrar diversas culturas y diferentes utilidades. Pero fue hasta la época de Aristóteles y Teofrasto que se introduce la palabra **Hidrgiro** que significa plata líquida; la expresión se latinizó y se convirtió en **Hidrargirum** por parte de Dioscorides que significa Plata viva, y en ésta evolución de cambios de expresión se derivó el símbolo Hg y el sustantivo Hidrargirismo con el que se conoce a la intoxicación producida por éste metal⁽³⁾.

Otro factor importante que cabe mencionar fue la utilización del metal para fines medicinales, como lo hizo Hipócrates quien lo utilizó como unguento; fue entonces a partir de ésta época que su uso como producto medicinal entró en auge. Así observamos a

Paracelso quien lo utilizó en el tratamiento de la Sífilis. Luego Torriceli lo utilizó en el Barómetro, Fahrenheit lo utilizó en su termómetro, y Howard a finales de este siglo para la invención del fulminato de mercurio ⁽³⁾.

La toxicidad del mercurio es conocida desde tiempos antiguos por Hipócrates, Plinio y Galeno entre otros. La primera aparición de los efectos tóxicos del vapor de mercurio como riesgo laboral apareció en un trabajo de Ulrich Ellenber con el nombre de “Von Der Grifftigen Bensen Terupffen vonReiichen”(1473). Otros escritos importantes son los de Paracelso, publicado en 1533 sobre las manifestaciones clínicas del envenenamiento ocupacional por mercurio y por último la obra de quien es considerado el padre de la medicina, Bernardino Ramazzino titulado “De Morbis Artificium Diatriba”⁽³⁾.

1.2) *HISTORIA DE EL MERCURIO COMO COMPONENTE DE LA AMALGAMA DENTAL*

Hay reportes del empleo de amalgamas dentales a base de Sn-Hg que fueron usadas en China en el año de 625A.C. ^(deMaar, 1973 Apud 4). Pero fue entre el año de 1826 y 1830, gracias a D. Taveau cuando publicó la combinación de plata y mercurio a la cual llamó “Pasta de Plata”, que estaba constituida por monedas de plata que contenían otros metales el cual se consideró un avance fundamental en el campo de la operatoria dental.

Algunos años después, en 1833 los hermanos Crawcour la introdujeron en los Estados Unidos, pero al mismo tiempo que tuvo buena aceptación en el Gremio Odontológico se desató la primera oposición contra el uso de la amalgama dental

ocasionando el surgimiento de la American Society of Dental Surgeons (quienes acusaban de mala praxis si algún odontólogo negaba el acuerdo del no uso de amalgama), la cual prohibió el uso de ésta lo cual provocó estudios acerca de las características y se realizaron perfeccionamiento de éste material, consiguiendo una amalgama perfeccionada ^{(4),(5)}.

Durante ésta pelea contra la amalgama de plata surge una alternativa que es la amalgama de cobre, para luego presentar la aleación Ag-Sn-Hg en 1855 por Elisha Twmsend⁽⁵⁾.

A finales del siglo XIX Black publicó los resultados de un reporte científico en que se detallaban los valores de la amalgama, el cual representó el comienzo de mediciones de precisión con las aleaciones de amalgama de plata ^(Black 1896 apud 4); sin embargo, se tomaron varios años para que los estudios realizados por el Dr. Black fueran internacionalmente aceptados. Así, desde 1930 la comisión encargada imprimió un reporte con el cual se respalda la protección y el continuo uso de la amalgama dental ^(Harndt, 1930 apud 4); y después de más de 150 años de uso, diferentes grupos han determinado que la amalgama dental es considerada como un material de restauración seguro y efectivo; entre estos podemos mencionar: The “Food And Drug Administration” (FDA), “National Institutes of Dental Research” (NIDR) de los Estados Unidos⁽⁶⁾, el Consejo Médico de Investigación Sueco (CMIS), la Asociación Dental Británica (BDA). Por último se debe mencionar que la ADA (American Dental Association) apoya las afirmaciones de la US Public Health Service en decir que *“La amalgama dental continua desempeñando un importante papel en el mantenimiento de la salud oral”*⁽⁶⁾.

2) GENERALIDADES

2.1) UNIDADES

Para mayor comprensión del tema acerca del mercurio se detallan los prefijos y unidades de masa y volumen que diferentes fuentes bibliográficas usan para expresar magnitudes, y de esta forma poder tener mejor percepción de la dimensión del problema.

Cuadro 1. Símbolos con su respectivo valor y prefijo⁽⁷⁾

FACTOR	PREFIJO	SIMBOLO
10^{-3}	mili-	m
10^{-6}	micro-	μ
10^{-9}	nano-	n

*FUENTE: Resnick, Halliday, Krane

Cuadro 2. Unidades de masa y volumen con su respectivos símbolos⁽⁷⁾.

CANTIDAD	NOMBRE	SIMBOLO
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	Kg

* FUENTE: Resnick, Halliday, Krane

2.2) NOMENCLATURA

El mercurio, símbolo Hg (del latín *Hidrargyrum*), su número atómico es 80 y su peso atómico es 200.61, está en el período VI y grupo IIB del sistema periódico, horizontalmente entre el Oro y el Talio, y verticalmente debajo del Cadmio ^{(8), (2), (3)}.

Algunos investigadores señalan que el mercurio proviene del manto superior localizado a muchos kilómetros de profundidad de la corteza terrestre. Es por eso que el mercurio sintético tiene un origen magmático (emanado como un producto de desgasificación) a lo largo de fallas profundas. Así, el mercurio inicia su ciclo geoquímica con el cual pasa a la corteza terrestre y luego al aire, agua, suelo, animales y por último al hombre, debido a que el metal posee propiedades únicas que le permiten tener una fácil movilidad en diferentes medios, tanto físicos como químicos ⁽³⁾.

El aportador más importante a quien se debe que el mercurio circule en el medio ambiente es la naturaleza y no así el hombre, ya que la humanidad siempre ha vivido en un entorno de contenido mercurial.

3) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El mercurio (al igual que otros metales) posee una gran variedad de características físicas y químicas, y que son éstas características las que dan propiedades únicas, y diferentes aplicaciones en la medicina, industria y agricultura, como las que se pueden mencionar:

*Es el único metal en estado líquido a temperatura ambiente, y que a 0° C posee una densidad elevada, calor específico poco elevado.

*Es un líquido poco comprensible, su tensión superficial es muy alta.

*Su capacidad calorífica muy débil.

*Posee capacidad de amalgamación con otros metales.

*Posee el don de la ubicuidad, es decir que cualquier producto que se analice natural o artificial contendrá al menos trazas de mercurio.

*A temperatura ambiente conduce mal la corriente eléctrica, pero se convierte en súper conductor en las proximidades del cero absoluto.

*A elevada temperatura en estado de vapor conduce la electricidad (lámpara de vapor de mercurio, rica en rayos ultravioleta) ^{(2),(8),(11)}.

*Su coeficiente de dilatación térmica es prácticamente uniforme entre 0° C y 300 ° C, por lo que se utiliza en la construcción de termómetros.

*Por su elevada densidad y baja presión de vapor se usa también en barómetros y bombas de vacío. Sin embargo aunque su presión de vapor es muy baja, el vapor es excesivamente venenoso y que cualquier cantidad de vapor que accidentalmente se derrame debe espolvorearse inmediatamente con azufre en polvo ^{(2),(8)}.

3.1) *CONSTANTES FÍSICAS* ^{(2),(3)(8)}:

- Se solidifica a: -38.87°C .
- Hierve a: 356.9°C .
- Tiene color blanco de plata con un ligero matiz azulado.
- Densidad a: 0°C es 13.596 y a -38.8°C es 14.193.
- Calor latente de fusión: 2.82 cal/gr (calor necesario para llegar a derretir).
- Calor latente de vaporización: 65 cal/gr (durante la ebullición, condensación).
- Calor específico: transferencia de calor

Estado sólido: 0.319 cal/gr a -75.6°C hasta 0.0337 cal/gr a -40°C .

Estado líquido: 0.0339 a -36.7°C hasta 0.319 a 210°C .

- Tensión superficial: (fuerza que tiene para romperse) valor relativamente elevado (480.3 dinas/cm) comparado con el del agua, por lo que el mercurio no moja el vidrio.

3.2) *PROPIEDADES QUÍMICAS*

3.2.1) MERCURIO Y SUS ALEACIONES

El mercurio es uno de los metales de un grupo reducido para los cuales casi toda la demanda se relaciona con el metal propiamente dicho. Aunque se usa una proporción considerable de la producción de mercurio en forma de compuestos del elemento, todo el mineral se convierte primero en el metal, con el cual se preparan luego los compuestos ⁽⁸⁾.

El mercurio se alea fácilmente con casi todos los demás metales, pero el hierro es una excepción importante que hace posible su uso en los recipientes que han de contener el mercurio ⁽²⁾.

De la misma manera que el término “latón” designa una serie de aleaciones de cobre y cinc, el término “bronce” se refiere a aleaciones de cobre y estaño, y las aleaciones de mercurio con cualquier metal se llaman *amalgamas*. Las aleaciones dentales se usan mucho como amalgamas, pero no se venden en esa forma; el dentista añade el mercurio cuando ha de usar la aleación ^{(8),(14)}.

3.2.2) DERIVADOS DEL MERCURIO

El mercurio presenta 3 diferentes formas químicas, cada uno con sus propiedades características que lo diferencian en su efecto toxicológico:

1) MERCURIO ELEMENTAL: La exposición del mercurio elemental es usualmente a nivel ocupacional en forma de vapor de mercurio. Es a este vapor que se libera en varios momentos (a la hora de la amalgamación, derrames accidentales y otros) que el personal de la clínica dental está expuesto.

2) MERCURIO INORGÁNICO: el mercurio forma compuestos en los cuales tiene un número de valencia de +1 (mercurioso) o +2(mercúricos) a los que llaman mercurio inorgánico. Los compuestos químicos mercuriosos son los más numerosos, entre ellos están las sales simples (cloruro, nitrato y sulfato) ^{(8),(12)}. Las partículas de amalgama de plata están compuestas de mercurio inorgánico; también está presente como se verá mas adelante en algunos alimentos, medicinas y como preservantes de vacunas.

3) MERCURIO ORGANICO: Además de su estado elemental e inorgánico, también forma una tercera clase importante que son los compuestos organometálicos, caracterizados por tener uno o dos átomos de carbono que podrían ser radicales alquilo, fenilo, metoxietilo, que se caracterizan por ser químicamente estables ⁽¹²⁾.

Los “compuestos alquilo-mercuriales” están enlazados a un átomo de carbono de un grupo orgánico que puede ser *metilo, etilo o propilo*. Y muchos autores concuerdan que son los compuestos alquilmercuriales los que desde el punto de vista toxicólogo poseen las principales características ^{(3),(9),(10),(12)}. Si el radical es un fenilo o un metoxialquilo se producirá una rápida disgregación en los tejidos animales, y en pocos días la desaparición de la mayor parte del compuesto, es por eso que se puede esperar que los efectos tóxicos de éstos sean similares a los producidos por el mercurio inorgánico.

Al evaluar la toxicidad de los tres compuestos (mercurio elemental, mercurio inorgánico y mercurio orgánico) se hace importante considerar que el valor del riesgo para la salud humana es diferente para cada uno. Así, aunque estos sean estables o no, es importante considerar la presencia del radical (alquilo, fenilo, metoxialquilo), lo cual le proporciona una posición especial respecto a la toxicidad y los riesgos para la salud humana ⁽¹²⁾.

3) FUENTES

El mercurio como metal único en su clase tiene propiedades que lo hacen diferente a cualquier otro metal, y es por eso que su presencia en la naturaleza posee gran importancia. Las tres características que lo hacen especial son:

- 1) Rápido acumulo en tierras, ríos y océanos debido a que la arcilla y otros sedimentos son capaces de absorberlos fácilmente.
- 2) Por su mínimo movimiento en agua y acumulación en sedimentos se convierte en alimentos de peces, y por lo tanto estos se vuelven reservorios de mercurio.
- 3) La concentración de mercurio en carbón, petróleo y otros minerales es muy alta, es por eso que la evaporación de estos procesos industriales produce altas emisiones a la naturaleza.

Las fuentes son los principales responsables de que el mercurio circule en la naturaleza, y por lo tanto responsable de la contaminación ambiental y por lo tanto de la intoxicación con éste metal.

Las 2 fuentes más importantes de mercurio son:

4.1) FUENTES NATURALES

Es la fuente principal, la cual se observa a través de la actividad volcánica, evaporación de aguas tanto de los ríos como de los océanos, evaporación de minerales y

la erosión de la corteza terrestre, proceso que se conoce como “desgasificación natural” de la corteza terrestre. (Weiss et al., Apud 12). Derek W. Jones, en su artículo menciona que cerca del 50% del mercurio ambiental viene de los recursos naturales debido a la volatilización desde los océanos y erosión de piedras⁽¹³⁾.

Se ha señalado que las cifras emanadas de ésta fuente al medio ambiente tienen valores que van desde 25,000 y 150,000 toneladas por año, de las cuales una parte va a la superficie terrestre, otra se evapora a la atmósfera y en último lugar a los océanos. Esta fuente natural puede dar lugar a una significativa contaminación local (Comité Mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios 1972, Apud 12). Las fuentes naturales pueden producir contaminación de las aguas de hasta 80 µg/L en comparación de con niveles de 0.1 µg/L en fuentes no contaminadas (Wershaw 1970, apud 12).

4.2) *FUENTES ANTROPOGÉNICAS:*

Esta fuente es probablemente inferior a la natural. Los derivados de ésta fuente se localizan en minería, metalurgia, industrias de compuestos alcalinos del cloro, equipo eléctrico y pinturas, las cuales aportan aproximadamente 20,000 toneladas por año. Se pueden observar 2 grupos de suministros de éste metal: el mercurio primario constituido por el metal procedente de las explotaciones mineras, los stocks (reservas de metal) de algunos países; y el mercurio secundario proviene del desmantelamiento de plantas clorocáusticas, metalurgia de otros metales y recuperación de otros residuos diversos^{(12),(6)}.

* Es importante mencionar que existen otras fuentes que si bien no están directamente relacionada con el mercurio, pueden ocasionar escapes del metal al medio ambiente; esta contaminación es derivada de los combustibles fósiles, combustión de carbón, producción de acero, combustión de petróleo y gas natural, cemento, fosfato y la eliminación de las aguas servidas las cuales forman parte del cieno cloacal y éste es utilizado posteriormente como fertilizante, lo que conlleva a la dispersión del mercurio (10) (12).

4.4) *METALURGIA DEL MERCURIO*

La metalurgia fundamental del mercurio es sencilla y consiste solamente en calentar el mineral para descomponerlo y volatilizar el mercurio, operación seguida por la condensación del vapor (2).

El mercurio comercial es impuro y contiene plomo, con menos frecuencia, zinc y estaño. Este puede purificarse vertiéndolo lentamente a través de ácido nítrico diluido que contenga un poco de nitrato de mercurio (8).

Los principales depósitos de mercurio se encuentran en Almaden (España), Dirija (Yugoslavia) y Monte Amiata (Italia); en menor cantidad se encuentra Perú, Estados Unidos, México, China y Japón (10).

5) USOS DEL MERCURIO

Existen tres tipos de compuestos, el mercurio elemental, mercurio inorgánico y mercurio orgánico ⁽⁹⁾. Los usos del mercurio se dividen de acuerdo al tipo de compuestos a que pertenecen ^{(10); (11)}:

5.1) MERCURIO METALICO Y COMPUESTOS INORGANICOS:

- Fabricación y reparación de instrumentos científicos como termómetros, barómetros y bombas de vacío.
- Equipo eléctrico: medidores, interruptores, baterías secas de larga duración, rectificadores, fabricación de juguetes eléctricos y químicos, tubos fluorescentes, tubos de rayos X, lámparas de mercurio, termostatos automáticos, válvulas de radio y otros relacionados.
- En la producción electrolítica de hidróxidos a partir de cloruros de sodio y potasio, también en la síntesis de soda cáustica y ácido acético glacial.
- En la extracción de Oro (Au) y Plata (Ag) por formación de amalgamas, como también Bronce y Estaño.
- Curtiduría y elaboración de fieltro muy importante en la industria del sombrero.
- Taxidermia.
- Manufactura textil.
- Fotografía y fotograbado.

-Elaboración de pintura y pigmentos.

-En la industria farmacéutica y en la elaboración de preservantes de vacunas.

5.2 COMPUESTOS ORGANICOS:

- Los compuestos alquílicos son usados en la agricultura como fungicidas con el propósito de evitar la proliferación de limo en la pulpa de papel, como plaguicidas en cultivos de árboles frutales, y también en el tratamiento de granos y simientes (semillas para sembrar).

- Los compuestos fenil mercúricos se emplean como antisépticos, en el tratamiento de maderas y granos.

- También se emplearon en el pasado como diuréticos, pero su utilización fue suspendida debido a que en el mecanismo para incrementar la diéresis, producían un daño al túbulo renal.

El mercurio tiene muchos y diferentes usos. Pero también para cada uno de ellos es necesario cantidades diferentes de este metal.(cuadro 3).

Cuadro 3: Usos del mercurio con sus respectivos porcentajes: ⁽¹²⁾

USOS DEL MERCURIO	PORCENTAJE
Plantas de compuestos alcalinos del cloro.....	25%
Equipo eléctrico.....	20%
Pintura.....	15%
Sistemas de medición y control.....	10%
Agricultura.....	5%
Odontología.....	3%
Laboratorio.....	2%
*Otros.....	20%

*(aquí se incluye los compuestos de mercurio de pasta de papel, las preparaciones farmacéuticas y cosméticas y los procesos de amalgamación).

5.3) COMPUESTOS A BASE DE MERCURIO

Algunos compuestos del mercurio tienen diferentes usos en nuestro medio ⁽¹⁵⁾.

- ⇒ Acetato mercurio: Se usa principalmente como materia prima para la fabricación de compuestos orgánicos de mercurio.
- ⇒ Cianuro mercúrico: Se usa en medicina como antiséptico.
- ⇒ Cloruro mercurioso (calomelanos): Es un polvo fino lo que hace que se le prefiera para usos agrícolas en forma de polvo y como componente de aspersiones (fungicidad e insecticidas).

- ⇒ Cloruro mercúrico (biclورو de mercurio): Se usan en medicina por su acción antiséptica, en fotografía y también como germicida.
- ⇒ Oxido amarillo de mercurio: Se usa en medicina como germicida, en agricultura como fungicida e insecticida y como componente de pinturas.
- ⇒ Oxido rojo de mercurio: Se usa en medicina. Es un ingrediente de pinturas, materia prima para la preparación de otros compuestos de mercurio y sus usos principales en la pila seca de Rubén.
- ⇒ El sulfato mercúrico: Se emplea en unión del cloruro de sodio para extraer oro y plata de las piritas tostadas.
- ⇒ El sulfuro rojo alfa (Bermellón): Es la forma en que se encuentra el mercurio en más abundancia en la naturaleza como cinabrio, el cual se usa como pigmento.

5.4) PREPARADOS A BASE DE MERCURIO

Se usan como antisépticos diuréticos y fungicidas. Los que se usan en medicina pueden clasificarse basándose en su acción terapéutica como sigue: 1) antisépticos generales 2) preparados antisifilíticos 3) diuréticos ⁽¹⁶⁾.

Probablemente los preparados de mercurio medicinales más antiguos fueron los que tenían incorporados sales insolubles de mercurio y mercurio metálico en excipientes de ungüentos con el fin de utilizarlos como antisépticos tópicos y el tratamiento de afecciones de la piel de carácter parasitario ⁽¹⁶⁾.

Desde que se descubrieron los antisifilíticos bismúticos y arsenicales menos tóxicos y más eficaces, junto con el descubrimiento de los antibióticos, el uso del mercurio ha disminuido significativamente ⁽¹⁶⁾.

5.4.1) ANTISEPTICOS GENERALES

- ❑ *Cloruro de mercuriamonico*: se usa en forma de pomada y es el tipo de pomada mercurial más usado para las afecciones de la piel.
- ❑ *Cloruro mercurioso*: uso como laxante en forma de píldoras o tabletas, pero se ha disminuido su uso debido a sus efectos secundarios.
- ❑ *Cloruro mercúrico*: se usa la pomada oftálmica y las tabletas venenosas grandes o pequeñas.
- ❑ *Oleato de mercurio*: Sustancia de consistencia de unguento, translúcida, de color pardo amarillento y olor del ácido oleico.
- ❑ *Merbromin* (mercuriocromo): Antiséptico moderadamente activo y no irritante, en la que su actividad disminuye en presencia de suero y proteínas.
- ❑ *Nitromersol*: Se usa en el tratamiento de la gonorrea y otras infecciones de los ojos. No es tóxico ni irritante para las membranas mucosas y la piel.
- ❑ *Timerosal*: Es bacteriostático para muchos microorganismos no esporulentos, y es también fungistático. Se usa para desinfectar las superficie de los tejidos.
- ❑ *Cloruro fenil mercúrico*: Se usa como fungicida industrial.

5.4.2) ANTISIFILITICOS

- Salicilato mercúrico: Fue utilizado en el tratamiento de la Sífilis, pero su uso ha caído en desuso.

5.4.3) DIURETICOS

- ❖ Mercaptomerin sódico: No es tóxico para el corazón y es bien tolerado incluso en inyección subcutánea. Sin embargo, trabajos más recientes indican que es bastante tóxico para el riñón.

6) CONCENTRACIONES

6.1) *CONCENTRACIONES AMBIENTALES*

La salud del hombre depende en gran parte de las condiciones ambientales en las que habita. Así lo afirma la OMS/OPS ⁽¹⁷⁾ al mencionar que en los países de América Latina y el Caribe, el desarrollo económico, la industrialización y la falta de orientación adecuada han originado problemas de salud ambiental relacionados con descargas de desechos industriales al ambiente, lo cual ocasiona un aumento de la exposición de la población a sustancias químicas en donde los agentes que causan mas preocupación son los compuestos químicos órgano sintéticos y determinados iones metálicos.

Es por lo anterior que el mercurio por ser un elemento que se difunde muy bien en el ambiente es tema de preocupación para aquellos relacionados con los problemas ambientales que afecten la salud.

La exposición mercurial puede ser de muy diferente procedencia: el aire, la dieta (los peces), el agua y la exposición laboral.

Estudios realizados entre los años de 1971-1974 por diferentes grupos de científicos suecos ⁽¹²⁾ demostraron que la concentración de vapor de mercurio en la atmósfera al igual que la de mercurio en el agua es baja, por lo que no contribuye de manera significativa a intoxicación humana. Caso diferente ocurre con las descargas industriales que en muchos casos ha dado lugar a contaminaciones locales en peces y en cereales.

6.1.1) AIRE

Es necesario señalar que la contaminación del aire en la ciudad (urbana) consecuencia de las actividades industriales, los vehículos de motor y generación de electricidad, resulta en una mezcla de “monóxido de carbono, bióxido de azufre, polvos y humos, óxidos de nitrógeno y una serie de compuestos volátiles orgánicos”. En el ambiente urbano existen sustancias tóxicas como el plomo, el ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre cuyas concentraciones oscilan entre los $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $340\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽¹⁷⁾, lo cual supera a las concentraciones de mercurio encontradas en el ambiente, de las cuales se harán mención mas adelante. Al referirse a la contaminación en el campo (rural), es importante mencionar que esta población está expuesta a la contaminación ambiental de manera diferente; los problemas están relacionados con el empleo de ciertos herbicidas, insecticidas (fosforados y clorados) y fungicidas ⁽¹⁷⁾.

La concentración de mercurio en el ambiente se ve determinada por variables, entre las que podemos mencionar

- 1-) *la zona*, la cual puede ser rural o urbana, cercana a minas o fabricas que estén en las proximidades de puntos de emisión concentrada (cuadro 4), y
- 2-) *las fuentes*, que sean naturales (por actividad volcánica y yacimientos naturales) y antropogénicas (liberada por fábricas). Pero se sabe por un estudio realizado en 1934 que la concentración media de mercurio en la atmósfera general era de $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Stock y Cucuel 1934, Eriksson, 1967 apud 12).

Cuadro 4. Concentraciones de mercurio en países industriales

PAIS	AÑO	CONCENTRACIONES
URSS	1967	10 ng/m ³
JAPON	1964	* 0-14 ng/m ³
DENVER	1968	2-5ng/m ³
SAN FRANCISCO	1968	0.5-50ng/m ³

*regiones no industrializadas

El valor umbral límite (VUL) permitido por Occupational Safety and Health Administration (OSHA) es de 0.05 mg/m³ ^{(1),(4); (5),(10),(12)} en los lugares de trabajo.

Cabe mencionar que aunque el vapor de mercurio en atmósfera es un factor importante en la contaminación del consultorio, el contacto directo del mercurio por el personal dental durante la preparación y manejo de la amalgama aumenta estos niveles aún con el uso de cápsulas y amalgamadores cubiertos ⁽¹⁾.

Sin embargo a pesar de las altas concentraciones que se puedan encontrar en ciertos puntos geográficos, el grupo de expertos de la Organización Mundial de la Salud de la Salud afirma que *“La concentración de mercurio en la atmósfera es tan baja que no contribuye de manera significativa a la ingestión humana de mercurio”* ⁽³⁾.

6.1.2) DIETA

Los alimentos son y constituyen una fuente importante de mercurio para el hombre. La población general no corre riesgos significativos por causa del consumo de metil-mercurio en la dieta. Se estima que la ingesta media de la población a través de los alimentos encontrada por el comité mixto FAO/OMS es inferior a 20µg/día. Una cantidad apreciable de esta ingesta diaria correspondería a Metil-mercurio (compuesto orgánico de Mercurio) ⁽¹²⁾.

La concentración de mercurio común encontrada en los alimentos con exclusión del pescado oscila entre 3 y 20 µg/kg, y en muy raras ocasiones supera los 60 µg/kg, y se estima que los primeros efectos vinculados con la ingestión diaria, pero a largo plazo del metilmercurio se presentan cuando la ingestión es de 3-7 µg/Kg/día ⁽¹²⁾.

La OMS/OPS publicó una lista con los niveles de mercurio presentes en diferentes alimentos, en que los productos lácteos oscilan en los 6µg/kg, los niveles de mercurio en huevos son de 15 µg/kg, los de carne son de 15 µg/kg, los de cereales se aproximan a 20µg/kg, las muestras de legumbres y frutas tienen un valor medio de 7µg/kg. Estos análisis fueron realizados en países Europeos como Alemania, Reino Unido y Bélgica. En Canadá se revelaron residuos mercuriales inferiores a 60µg/kg en pan, harina, cereales y huevos y menos de 40µgr/kg en carnes y legumbre ⁽¹²⁾.

Sin embargo no se han podido identificar con precisión la forma química del mercurio en los productos alimenticios debido a que los niveles en general son muy bajos que impiden su identificación; sólo se ha observado que el metil-mercurio representa más de la mitad del mercurio total en muestras de costilla e hígado de cerdo, filete de

carne vacuna, clara de huevo, y que el mercurio inorgánico puede representar más de la mitad del mercurio total en riñones y cerebro de cerdo, yema de huevo⁽¹²⁾.

Se realizó un estudio donde se sospechaba que en Seychelles, un estado de Africa, existían riesgos al feto cuando la madre consumía pescado contaminado; fue por eso que en 1986 se realizó una investigación con niños de ese lugar hasta los 29 meses de edad donde no se encontró ningún retraso al caminar ni hablar. Los autores sugieren que se realicen estudios más detallados en niños mayores para un mejor análisis⁽¹³⁾.

A pesar de que estudios realizados por la OMS-OPS han observado la presencia de metil-mercurio en leche materna, no se ha reportado ninguna evidencia fuerte de toxicidad. La relación dosis –respuesta no está claramente establecida como desarrollo de neurotoxicidad bajo condiciones de exposición crónica al metilmercurio.

Las intoxicaciones transmitidas por los alimentos más que por contaminación por mercurio ocurren por la ingesta de alimentos crudos o procesados, por la elevada contaminación por hongos, micotoxinas, por las modificaciones climáticas y ecológicas en los mares (mareas rojas), aunque también una parte se ve afectada por residuos de insecticidas organoclorados en donde contribuye el empleo inadecuado de estas sustancias⁽¹⁷⁾.

6.1.2.1) PECES

El mercurio es vertido a los ríos y mares entre los residuos de numerosas industrias, sobre todo las fábricas de papel y en algunas explotaciones mineras, muy especialmente las que proporcionan éste mineral. También constituyen un importante foco de contaminación las pilas y baterías eléctricas ya usadas⁽¹⁸⁾.

Las investigaciones de la presencia de mercurio en peces de mar han sido objeto de intensas investigaciones, y eso es debido a que el mercurio está íntimamente unido a su alimento natural que no se eliminan sino que lo van concentrando hasta que alcanzan niveles mortales ⁽¹⁸⁾.

De acuerdo con un estudio se evaluó a 38000 individuos en Canadá, quienes habían consumido pescado con metilmercurio y en ninguno de ellos se encontró algún problema de salud con respecto al mercurio. Incluso ningún caso de envenenamiento por metilmercurio por consumo de peces ha sido encontrado en Canadá o Suecia ⁽¹³⁾.

Se han observado marcadas variaciones en la concentración de mercurio en peces de mar, y aunque no se conocen todos los factores que originan las variaciones, se sabe en general que la ubicación geográfica, el metabolismo, la edad, el peso del pez e incluso el contenido de mercurio puede variar. También el sexo del pez (ésta diferencia puede deberse a que los machos crecen más lento que las hembras). Los valores más elevados de mercurio se observan por lo común en los peces que se encuentran en el extremo de una larga cadena alimenticia como las grandes especies carnívoras: atún, pez espada, tiburón e hipogloso (este último afín al lenguado pero de mayor tamaño). Otro factor es que el pescado proveniente de la costa se encuentra más contaminado que el pescado procedente de alta mar ⁽¹²⁾.

Los informes recientes indican que los niveles de mercurio en la mayor parte de las especies de peces oceánicos se ubican en valores aproximados a 150 µg/kg de peso húmedo; pero existen excepciones como el pez espada, el atún y el hipogloso, cuyos valores por lo común son de 1,500 µg/kg (valores registrados en 1972). Los niveles de

mercurio en peces de agua dulce van de 30 a 180 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en aguas no contaminadas. En peces procedentes de aguas dulces contaminadas pueden encontrarse valores de 200 a 5,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$; y en zonas fuertemente contaminadas los valores llegan hasta 20,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (12).

Los casos hasta ahora reportados de intoxicaciones en la población en general siempre han estado asociados a usos y manipulaciones incorrectas de mercurio, y que han generado exposiciones a dosis altas de mercurio (metilmercurio) que en condiciones normales es imposible que se den en la naturaleza.

6.1.3) AGUA

- *Agua potable:* Este recurso natural sumamente esencial no está bien protegido por las leyes Salvadoreñas; y ni la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), ni el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MISPAS) pueden probar con certeza que el agua que llega a las familias Salvadoreñas esté contaminada y libre de componentes químicos de alta peligrosidad como son los plaguicidas, los que se consideran uno de los venenos más grandes que puede existir por considerarse cancerígenos, debido a que no se cuenta con laboratorios equipados para detectar restos de plaguicidas y otras sustancias, y hasta el momento sólo existe equipo para detectar bacterias como las Coliformes Fecales ⁽¹⁹⁾. La tasa de contaminación de agua subterráneas (pozo) y superficiales (ríos y lagos) son mucho más elevadas en América Latina que en otras regiones del mundo. Y en la mayoría de ocasiones, las aguas residuales se trasportan sin haber sido tratadas o se le realizaran tratamientos inadecuados hacia el mar. Por esto, aunque el mar por disolución y por su capacidad de

capacidad de absorción puede servir para tratar los desechos, las aguas saladas también representan un riesgo para los que en ella habitan y los que se benefician de ella ⁽¹⁷⁾. las masas de agua dulce de las cuales no se tiene evidencia de contaminación, presentan niveles inferiores a 200 ng/L con una media de 50 ng/L.

La ingestión de mercurio debido al agua potable en la población en general es más difícil de estimar, pero probablemente es muy baja en comparación con la ingestión resultante de la alimentación. Informes de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA, 1999) ⁽²⁰⁾, mencionan que los compuestos tóxicos y metales encontrados en el “Río Lempa” fueron:

*ALUMINIO: este compuesto no es toxico para el hombre.

*CINC: su concentración en el Río Lempa es muy baja y en algunos casos no es detectable por un equipo de medición.

*ARSÉNICO: La ausencia de Arsénico indica que el agua permite el uso humano, agrícola y pecuario.

*OTROS ELEMENTOS: Se incluyeron mercurio, plomo, compuestos organoclorados y organofosforados que pueden ocasionar anomalías biológicas y alteraciones en los organismos por acumulación. Se determinó que las concentraciones son tan bajas que el límite de detección del equipo es superior, concluyendo que no existe problema por presencia de elementos tóxicos.

Este mismo estudio menciona que con respecto al control del agua potable en El Salvador, hasta ahora se está llevando a cabo un proyecto de caracterización de metales pesados de todas las fuentes del país donde se incluyen: superficiales (ríos), subterráneas (pozos) y manantiales. De esta manera se establecerá las concentraciones presentes de metales pesados y los riesgos que estos conllevan para la salud de los salvadoreños.

El principal problema que se plantea es que no siempre se ha identificado la forma química del mercurio en el agua, y que la proporción absorbida por el sistema gastrointestinal depende grandemente de la forma del mercurio. Los compuestos de metilmercurio se absorben casi completamente, en cambio la absorción del mercurio inorgánico en el agua potable puede ser 15% ó menos ⁽¹²⁾.

El comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios (1972), supone que un adulto ingiere 2 litros de agua por día, lo que conlleva a que la ingestión de mercurio por conducto del agua no pase de 0.1 µg/día en aguas cuyos niveles de mercurio no pasarían de 50 ng/litro, en caso que el mercurio sea eliminado en la purificación del agua y los niveles pueden llegar a 700 ng/litro, la ingestión diaria más elevada sería cerca de 1.4 µg/día. Se debe tomar en cuenta que el límite máximo recomendado de mercurio en el agua potable es de 1µg/litro según la Organización Mundial de la Salud (1971) que permitiría ingestiones de hasta 2µg/día de esta fuente ⁽¹²⁾.

- *Agua salada:* los datos sobre las Concentraciones mercuriales sugieren que en el agua del mar, la mayor parte del mercurio estaría presente en forma de complejos de halógenos de carga negativa. El valor medio de la concentración de

mercurio es de 30 ng/L, y que por norma general los niveles son inferiores a 300 ng/L. Existen concentraciones más elevadas debido al resultado de la contaminación local, como el de la Bahía de Minamata (Japón), donde se registraron valores de hasta 600 ng/L (12) .

6.1.4) VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA

El grupo de expertos del mercurio designado por la OMS, en su última publicación con respecto al mercurio, afirma: *“El riesgo mayor para la salud humana derivado de la presencia de mercurio en la naturaleza se centra en la exposición ocupacional y la dieta a éste metal”*.

Se han descrito más de 50 ocupaciones u oficios específicos que entrañan una exposición frecuente al vapor de mercurio; entre ellas podemos mencionar las industrias que trabajan con derivados alcalinos de cloro, de manufactura de termómetros y cristalería científica graduada, de reparación de medidores de corriente eléctrica continua, de minería y molinería de mercurio, de producción de joyas artificiales, de fabricación de sombreros de felpa y otras actividades. (12).

La exposición ocupacional al dietilmercurio ha sido infrecuente y está relacionada con personal de laboratorio, trabajadores y agricultores ocupados en la producción de fungicidas alquilmercuriales o en su aplicación a semillas de cereales, personas que se desempeñan en institutos de ensayo de semilla y obreros de fábrica de pulpa de papel y aserraderos. Se presume que la exposición se realice por inhalación del

vapor o el polvo, aunque es posible que en algunos casos la exposición se haya producido por vía cutánea ⁽¹²⁾.

Con respecto a la exposición de mercurio orgánico, se puede mencionar que los que se han visto envueltos en las mayores calamidades del mundo por exposición al mercurio, en este caso la ingestión de metilmercurio es la responsable de:

*La contaminación en la bahía de Minamata y en el río Agano en Niigata ambas de Japón, fueron producidas por las descargas de mercurio de industrias relacionadas con este metal, las cuales posteriormente se acumulaban en los peces los cuales son la principal dieta de estos lugares. En este suceso, centenares de personas murieron o perdieron la razón, todo ocasionado por la ingesta de pescado altamente contaminado con mercurio procedente de la industria costera ^{(Katsuma 1968, Niigata Report, 1967 apud 12); (18)}.

El etilmercurio es el responsable de:

*La mayor intoxicación causada por el consumo de pan contaminado que había sido preparado con cereales tratados con fungicidas a base de etilmercurio, la cual fue ocurrida en 1971-1972 en Iraq ^(Bakir et al., 1973 Apud 12); pero también se cuenta con informes de otras endemias menores ocurridas Irak ^(Jalili y Abbasi, 1961. Paquistán Haq, 1973 y exposición de etilmercurio en el arroz, apud et al., 1966, apud 12).

En El Salvador, el mar es la fuente de alimentación de miles de familias y una fuente importante de exportaciones; la pesca se puede realizar en manglares, bahías como la de Jiquilisco y Jaltepeque, esteros, costas, lagos, lagunas, embalses y el Golfo de Fonseca. En el país existen aproximadamente 600 especies de peces marinos, de los cuales un 40% tiene un valor comercial y alimenticio que se puede encontrar en zonas de

poca profundidad, entre las cuales se pueden mencionar: el tiburón, rayas, curvinas, morenas, anguilas, pargo y atún ^(Mario González, Enrique Barraza apud 21).

De lo anterior mencionado es útil recordar como se dijo anteriormente, que los peces que se encuentran en zonas de poca profundidad son los que pueden presentar mayor concentración de mercurio y otros contaminantes tóxicos que se vierten en nuestras aguas superficiales (ríos, mar etc.).

En el país resulta difícil procesar a las industrias que vierten sus desechos tóxicos en los ríos y mar; debido a que es un excelente recurso para lavar los desechos, y resulta casi imposible procesarlas por que los análisis que se utilizan para determinar cuál es el contaminante y su procedencia (industria) tienen un elevado costo, y en el país solo FUSADES puede realizarlos ⁽²¹⁾.

La acumulación de mercurio en la cadena alimenticia terrestre y acuática crea riesgos para el hombre, principalmente por el consumo de aves de caza en las zonas donde se utiliza fungicidas de metilmercurio. La importancia del transporte terrestre del mercurio se encuentra en que del suelo pasa a las plantas, de ésta a los animales domésticos y por último al hombre y va a depender de la absorción y disponibilidad del suelo, la ingesta y distribución de las plantas y la ingesta por los animales domésticos y el hombre.

Numerosos estudios realizados en diferentes períodos han revelado la presencia de metales pesados en el agua que se supone apta para consumo humano.

Según Clarice Sandoval, (gerente de salud ambiental del MISPAS), *“este año 2004 se van a analizar los plaguicidas organoclorados por ser los más dañinos y más difíciles de destruir”*. Aunque este estudio servirá sólo para conocer cuáles son las

sustancias utilizadas y no significa que vaya ser una purificación de la misma, porque como lo menciona Mauricio Sermeño, director ejecutivo de UNES “*en el país no hay ningún método para eliminar éstas sustancias*”, y los métodos existentes tienen costos elevados y no existe un sistema general que los elimine a todos.

Con respecto al agua en las zonas rurales, el uso generalizado e indiscriminado de los agroquímicos, en particular de los nitratos y nitritos utilizados como fertilizantes y percolados de tanques sépticos y de redes de alcantarillado se ha identificado como la fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas, lo que ocasiona un problema grave por que tal como lo menciona la OMS/OPS ⁽¹⁷⁾: *es casi imposible tratar el agua subterránea contaminada de una manera eficaz y en función de costo.*

Ahora, el uso intenso de las aguas superficiales (entendidas estas como ríos y lagos) ha reducido considerablemente su calidad, debido a la acción de diversos productos químicos y desechos tóxicos.

Las sustancias químicas encontradas con mayor frecuencia en los sitios de descarga de las industrias son: plomo, tricloroetileno (tricloroetano), cloroformo, tolueno, benceno, bifenilos, policlorados, fenol, arsénico, cadmio y cromo. De estas 10 sustancias que la OMS/OPS ⁽¹⁷⁾ menciona, hace notar que todas causan daño a la salud como resultado de una exposición prolongada a niveles bajos. En el área rural no sólo las sustancias químicas que se vierten al agua causan contaminación, sino que la escasez de métodos de purificación (cloración) y la falta de de higiene en su manipulación, aumenta la contaminación microbiológica.

Una vez evaluados los diferentes tipos de exposición, es necesario retomar el objetivo de la investigación y mencionar a qué esta expuesta la población en cuanto al mercurio liberado por las amalgamas dentales.

Los desechos de mercurio que provienen de restauraciones de amalgama dental son mínimos. Una persona debería tener en su boca 490 superficies de amalgama para que los vapores de mercurio y el mercurio iónico liberados por las obturaciones de amalgama encuentren una máxima exposición. El contenido de mercurio en las comidas es 6 veces más que el de las amalgamas ^(J can Dent Assoc, 1999 Apud 13).

En un estudio realizado por la OMS se consideró que la ingestión de marisco una vez por semana incrementa el mercurio urinario de 5 a 20µg/L, ó de 2-8 veces más que el nivel medido por la exposición a la amalgama en el estudio citado; y que los cambios neurológicos se observan hasta que los niveles urinarios sobrepasan los 500µg/L, casi 170 veces los niveles máximos medidos tras la colocación de una amalgama ⁽⁵⁾.

6.2) CONCENTRACIONES EN FLUIDOS CORPORALES

La Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ha establecido un valor umbral límite (VUL) de 0,05 mg/m³ como la cantidad máxima de vapor mercurial permisible en los lugares de trabajo. BAUM menciona que el mercurio puede detectarse en líquidos biológicos, y que el valor umbral limite para éstos son los siguientes: para orina 3,4ng/ml; sangre 0-5ng/ml y saliva 1,5ng/ml ^{(4), (38)}.

La dosis mínima de mercurio que provoca una reacción tóxica es $3\mu\text{g}/\text{kg}$. de peso corporal. Con unos $500\mu\text{g}/\text{kg}$ aparecen parestesias, con $1.000\mu\text{g}/\text{kg}$ aparece ataxia, con $2.000\mu\text{g}/\text{kg}$ empiezan los dolores articulares y con $4.000\mu\text{g}/\text{kg}$ se produce sordera y la muerte⁽³³⁾.

CRAIG⁽⁵⁾ en sus publicaciones menciona que estudios epidemiológicos han podido establecer una estrecha relación entre los niveles sanguíneos y séricos de mercurio con la exposición laboral y la dieta, mientras que el mercurio urinario depende más de la presencia de restauraciones de Amalgama.

6.2.1) MERCURIO EN LA ORINA

El organismo no puede retener el mercurio metálico y lo elimina por la orina. Un estudio realizado por CRAIG, quien utilizó mercurio radiactivo en las amalgamas, en el que se puede medir en la orina los niveles procedentes exclusivamente de las amalgamas dentales se midió un nivel máximo de mercurio en la orina de $2,54\text{ ng/ml}$. De 4 a 7 días de la colocación de la amalgama, los niveles vuelven a cero. También éste estudio demostró que "Al extraer la amalgama, los niveles urinarios alcanzan un valor máximo de 4 ng/ml , y vuelven a cero al cabo de una semana. Aunque el mercurio se elimina fácilmente en ambos casos, los niveles urinarios máximos son casi dos veces mayores al retirar la amalgama que al colocarla. Lo mismo sucede con los vapores de mercurio, que alcanzan mayores niveles durante la retirada que durante la inserción de la amalgama"⁽⁵⁾.

6.2.2) MERCURIO EN LA SANGRE

En un estudio se evaluó las concentraciones de mercurio en sangre de dentistas y no dentistas. Fuentes de exposición mercurial fueron identificadas a través de un cuestionario al momento de mostrarla. Concentraciones de mercurio inorgánico total en sangre fue significativamente más alta en dentistas; de cualquier manera las concentraciones órgano-mercuriales de los dos grupos no fueron estadísticamente diferentes (≥ 0.5), recomendando que la biotransformación de mercurio inorgánico a orgánico no ocurre *in vivo*. Estos estudios no excluyen la posibilidad que algunos grados de biotransformación no significativa pudiesen ocurrir. De cualquier forma, el mercurio orgánico en sangre fue relacionado con la frecuencia de consumo de peces (Chang et. al (1992) apud 13).

Según las investigaciones de CRAIG, el nivel máximo permitido de mercurio en la sangre es de 3ng/ml. En diferentes estudios se ha comprobado que las restauraciones de amalgama recién colocadas elevan los niveles de mercurio en la sangre a 1-2ng/ml. Al retirar la amalgama, disminuyen los niveles sanguíneos de mercurio con un plazo medio aproximado de 1-2 meses para la total eliminación del mercurio Sin embargo como sucede con los niveles urinarios de mercurio, primero se observa un aumento aproximado de 1,5ng/ml que disminuye en unos 3 días. En un estudio se controlaron los niveles sanguíneos de mercurio durante un año, e incluso se observó que los pacientes con amalgamas tenían unos niveles medios de mercurio en la sangre más bajos (0,6ng/ml) que los pacientes sin restauraciones de amalgama (0,8ng/ml.). Presumiblemente, los niveles de mercurio en la sangre están muy influidos por otros factores, por lo que no se pueden correlacionar claramente con la amalgama⁽⁵⁾. Sin embargo también señala que

otro estudio comprobó que no existe diferencia en el promedio o el porcentaje de linfocitos entre los pacientes con y sin restauraciones de amalgamas. De igual manera, menciona otro estudio donde han demostrado que los odontólogos presentan unos niveles normales de mercurio en la sangre, mientras que otros estudios confirman un aumento de los mismos. El aumento de los niveles puede deberse al mercurio derramado en los consultorios, un factor que se puede controlar muy fácilmente ⁽⁵⁾.

Los niveles sanguíneos y séricos de mercurio guardan mayor relación con la exposición laboral y no con el número de amalgamas o con el tiempo que llevan colocadas las restauraciones ⁽⁵⁾.

7) METABOLISMO DEL MERCURIO

7.1) BIOTRANSFORMACION

La biotransformación es importante para comprender la retención del mercurio metálico en los tejidos del cuerpo humano.

Jensen y Jekelov (1972) han resumido las vías principales de transformación del mercurio, las cuales pueden resumirse en cuatro clases⁽¹²⁾:

- 1) Oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente.
- 2) Metilación del mercurio inorgánico.
- 3) Conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico.

1) Oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente:

El vapor de mercurio se oxida y se transforma en mercurio iónico divalente en presencia de oxígeno. Este proceso de oxidación se realiza por mediación enzimática.

Los estudios sobre la biotransformación del mercurio elemental mencionan que éste, una vez inhalado se absorbe por el torrente sanguíneo. Aunque es rápida la oxidación en los hematíes, una parte de mercurio metálico continúa disuelta en la sangre; este lapso de tiempo es el suficiente para su transporte hacia las barreras cerebral y placentaria. Su liposolubilidad y alta difusibilidad permiten un rápido tránsito a través de estas barreras, la oxidación del vapor de mercurio en los tejidos cerebrales y fetales convierte el metal en iones en las que posee muchas menos probabilidades de atravesar las barreras cerebral y placentaria, y es debido a lo anterior que estos tejidos se vuelven

cámaras de retención del mercurio y llevan por consiguiente a la acumulación en tejidos cerebrales y fetales (Clarkson 1972, Jensen & Jekelov 1972 apud 12).

3) *Metilación del mercurio inorgánico*

Se sabe que no existe evidencia bibliográfica que sustente la posibilidad de síntesis de los compuestos organomercuriales en tejidos humanos; aunque sí se sabe que ocurre en organismos inferiores y aunque hay pocos estudios de biometilación de mercurio inorgánico en mamíferos, actualmente es conocida la existencia de dicho proceso en ratas. Un 0,05 – 0,26 % de mercurio inorgánico administrado se convierte en metil mercurio y se cree que este proceso se lleva a cabo en el hígado (12); (Chang, Siew, Gruninger 1992 apud 13).

4) *Conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico*

Son muchos los estudios realizados sobre biodesmetilación in vivo de los compuestos orgánicos. Los resultados indican que el hígado es el órgano donde se realiza aunque no el único; también el bazo desempeña una función importante mediada por los macrófagos, y en condiciones de exposición crónica está comprobado que existe un proceso de desmetilación en el cerebro y en otros tejidos en el ser humano (3).

7.2) ABSORCION

- 7.2.1) *Absorción por inhalación:* la absorción de los metales no es frecuente en estado gas, excepto para el caso del mercurio. Es por eso que la inhalación es la vía más importante de absorción de vapor de mercurio elemental (3).

Los gases y vapores se depositan en el tracto nasofaríngeo de acuerdo a la solubilidad que presentan con el agua. Así, aquellos gases altamente solubles en el agua se disuelven, ya sea en la mucosa de la membrana o en el fluido del tracto respiratorio superior. Mientras los gases y vapores menos solubles en el agua, penetran con más facilidad en el árbol bronquial, alcanzando el alvéolo. El vapor de mercurio elemental es ligeramente soluble en agua, puede esperarse que penetren profundamente hasta alcanzar el alvéolo. El vapor del mercurio es no Polar (no se disuelve en la membrana mucosa del tracto nasofaríngeo y traqueobronquial), lo que asegura una elevada tasa de absorción en las regiones alveolares del pulmón. Si el vapor del mercurio se absorbe completamente a través de las membranas alveolares, es de esperar que del 75% al 100% del vapor de mercurio a concentraciones entre $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (equivalente a $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$) – $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del aire inspirado, se encuentre retenido en el cuerpo humano (3), (Berlin, Nordberg y serenius, 1969 apud 4); (12). Esta retención baja al 50 ó 60% en personas que han consumido cantidades moderadas de alcohol, debido a que éste inhibe la oxidación del vapor en hematíes y otros tejidos. Por tanto, se tiene que del 75 al 85% del mercurio elemental entra por vía inhalación a través del pulmón, y se

obtiene aproximadamente un 80% de retención y un 100% de absorción. Un 7% del mercurio retenido se pierde de nuevo con el aire aspirado con una vida media de 18 horas. El mercurio elemental absorbido abandona los pulmones a través del sistema circulatorio ^{(3), (4),(9),(12)}.

7.2.2) *Absorción por ingestión:* no se comprenden claramente los principios generales en que se basa la absorción gastrointestinal del mercurio y sus compuestos. Pero sí se sabe que el mercurio se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal (probablemente se absorben cantidades inferiores a 0.01%). La deficiencia de absorción depende grandemente del tipo de compuesto mercurial. El campo de la salud pública, es la vía que tiene mayor importancia debido a que el aporte de mercurio a la población que no se encuentre expuesta ocupacionalmente proviene fundamentalmente de los alimentos, y más concretamente del pescado. La absorción de compuestos de mercurio inorgánico proveniente de los alimentos es del 7% aproximadamente de la dosis ingerida, en cambio la absorción gastrointestinal del metilmercurio es prácticamente completa ^{(3), (4), (9),(12)}.

7.2.3) *Absorción cutánea:* durante gran parte del siglo pasado, persistió el debate con respecto a la importancia de la piel como vía de absorción del mercurio metálico en el organismo. Los primeros estudios en hombres realizados por Julious-Berg en 1901, en los que se evitó la inhalación de vapor de mercurio, indicaron que había una apreciable absorción cutánea y que al parecer el mercurio metálico puede

atravesar la barrera cutánea, aunque no se sabe en qué medida. Sin embargo se puede mencionar que ésta vía de absorción juega un papel importante en comparación con las otras vías. ^{(3), (4),(9), (12)}.

7.3) *DISTRIBUCIÓN*

Una vez absorbido por las vías antes mencionadas, es transportada por los constituyentes de la sangre. El vapor de mercurio tiene una relación con los glóbulos rojos/plasma de aproximadamente 1,5 a 2 estimándose 2 en los primeros días. Para las sales inorgánicas es mucho menos de 0.4; para el metilmercurio, el cociente de glóbulos rojos/plasma es de 10 aproximadamente ⁽¹²⁾.

La distribución en órganos no sólo se ve afectada por el tipo de compuesto mercurial (ya sea ingerido o inhalado), sino que éste tiende a alcanzar un equilibrio por factores como los siguientes: dosis, duración de la exposición, grado de oxidación del mercurio, concentración de los compuestos del mercurio en los distintos compartimientos sanguíneos, concentración en relación con los grupos sulfhidrilos libres y afinidad de los componentes celulares con el mercurio ⁽¹²⁾.

El metilmercurio y sus alquilmercurio homólogos de cadena corta son los que están más uniformemente distribuidos en todo el cuerpo en comparación con otros compuestos organomercuriales.

La información que existe sobre la distribución del mercurio en órganos humanos menciona que el vapor del mercurio se distingue de los demás tipos de compuestos de

mercurio por su capacidad para atravesar la barrera hemocerebral y placentaria, y los niveles que se pueden encontrar en el cerebro superan a los encontrados en el hígado y a otros órganos, a excepción de los riñones en personas con exposiciones prolongadas⁽⁶⁾.

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

La transferencia placentaria de compuestos de metilmercurio ha sido suficiente para causar varios casos de intoxicación prenatal. Las concentraciones de mercurio en el plasma de la madre y recién nacido son similares, pero la concentración en los hematíes fetales es superior en aproximadamente 30% a la concentración de hematíes de la madre. El paso transplacentario de metilmercurio en mujeres ha sido suficiente para causar intoxicación prenatal en varios países; sin embargo se carece de información sobre el paso transplacentario de otros compuestos de mercurio en mujeres embarazadas^{(3), (10), (12), (13)}. Estos estudios fueron realizados en mujeres con embarazos normales, y una ingesta de pescado de baja a moderada. Un estudio mostró mayor concentración de mercurio en placenta y membranas fetales en el personal dental⁽¹³⁾.

De forma general puede afirmarse que el 90% de los compuestos orgánicos se transportan en las células rojas y un 50% de mercurio inorgánico es transportado por plasma unido a la albúmina. Se estima que el contenido normal de mercurio en el organismo oscila entre 1-13 miligramos, del cual el 10% del contenido total pertenece al metilmercurio⁽¹²⁾.

7.4) ELIMINACIÓN

La mayoría de las formas de mercurio se elimina fundamentalmente por la orina y las heces. La contribución de cada vía a la eliminación total depende del tipo de compuesto mercurial y del tiempo que transcurre con posterioridad a la exposición. La mayor parte del metilmercurio (hasta un 90%) se excreta en las heces, desde el hígado vía bilis, presentando el llamado “*ciclo enterohepático*”, el cual consiste que durante su eliminación, el metilmercurio sufre la recirculación enterohepática, pasando al tracto gastrointestinal de donde éste es eliminado por las heces, y parte es reabsorbido hacia el plasma.. Este proceso es el que determina su lenta eliminación ⁽³⁾.

En los trabajadores expuestos por largo tiempo al vapor del mercurio, la excreción urinaria excede ligeramente a la eliminación fecal ⁽¹²⁾.

La excreción del mercurio en la orina es proporcional a la concentración atmosférica media ponderada por el tiempo. En las personas sujetas a las mismas condiciones de exposición, se observan comúnmente grandes fluctuaciones individuales en la excreción diaria de mercurio por la orina. Las concentraciones urinarias de mercurio no se correlacionan con los niveles en la sangre luego de la exposición al metilmercurio ^{(4),(6),(12)}.

La concentración de mercurio en la leche materna es 5% aproximadamente del nivel simultáneo de mercurio en sangre de la madre; y los lactantes pueden acumular por amamantamiento, concentraciones sanguíneas peligrosamente elevadas si sus madres

están muy expuestas ⁽¹²⁾. A pesar de que estudios han observado la presencia de metilmercurio en leche materna, no se ha reportado ninguna evidencia fuerte de toxicidad. La relación dosis–respuesta no está claramente establecida como desarrollo de neurotoxicidad bajo condiciones de exposición crónica al metilmercurio ⁽¹²⁾. La OMS/OPS demostró que del mercurio total detectado en leche se pudo identificar como mercurio inorgánico un 40%, y de metil mercurio un 60% ⁽¹²⁾.

Se ha notificado la presencia de mercurio en la leche materna de mujeres expuestas a metilmercurio por consumo de pescado y de pan contaminado con fungicidas (Japón e Irak).

8) RIESGO SANITARIO DE LA EXPOSICION

La clasificación de mercurio y sus componentes de acuerdo al orden decreciente de toxicidad es:

- 1) componentes de metil-mercurio
- 2) vapores de mercurio
- 3) sales inorgánicas, como también el número de formas orgánicas adicionales como sales de fenil-mercurio.

Desde el punto de vista del riesgo para la salud humana, las formas más importantes del mercurio son el vapor de mercurio elemental y los componentes de metil-mercurio ^{(4), (6), (9)}.

8.1) EFECTOS TOXICOS DE LOS ELEMENTOS MERCURIALES

La presencia del mercurio en el medio ambiente, según la OMS (1978) representa un riesgo para la salud humana, y es por eso que se hace necesario conocer y entender la relación dosis-efecto y dosis-respuesta, así también conocer las variaciones en la exposición. Esto es debido a que el organismo acumula dicho metal cuando la eliminación no es proporcional a su absorción ⁽¹²⁾.

Cuando existe una exposición prolongada a diversos materiales, se produce una reacción adversa, y cuando éste material es el mercurio, da como resultado una intoxicación.

VAPORES:

Muchos estudios que datan desde 1930, han vinculado la presencia de los signos y síntomas de la exposición mercurial con la contaminación. Estos estudios indican los signos y síntomas de la intoxicación por vapor de mercurio elemental, los cuales se pueden producir después de una exposición crónica de trabajadores en cuyo lugar de trabajo existen concentraciones de mercurio superiores a 0.1 mg/m^3 (Neal et al., 1937; Smith y Moskowitz, 1948; Smith et al., 1949; Friberg, 1951; Bidstrup et al., 1951; Vouk et al., 1950; Kesic' y Heusler, 1951; Baldi et al., 1953; Seifert y Neudert, 1954; Mc Gill et al., 1964; Ladd et al., 1966; Copplestone y McArthur, 1967; Smith et al., 1970 apud 12).

De acuerdo con los estudios realizados, la contaminación no sólo se produce en el lugar de trabajo sino que también continúa en el hogar debido a que el mercurio metálico líquido puede quedar impregnado en la ropa (West y Lim, 1968; Danzinger y Possick, 1973 apud 12).

En 1969, Trahtenberg, dio a conocer una enfermedad llamada “*SÍNDROME ASTENICO VEGETATIVO*” o *MICROMERCURIALISMO*, el cual se presenta al inhalar vapores de mercurio (Trahtenberg apud 12).

Según la evaluación acerca de los riesgos para la salud derivados de la exposición al vapor del mercurio elemental en el hombre, menciona que la concentración mercurial en la atmósfera de trabajo tiene relación con la concentración en sangre y orina del trabajador que ha estado expuesto a éste vapor durante 1 año; así mismo éstos índices se pueden comparar con la presencia de signos y síntomas clínicos⁽¹²⁾. Estudios de salud ocupacional (Mack 1969 apud 12) revelaron que una concentración media de mercurio en el aire de 0.05 mg/m^3 , está asociada con niveles sanguíneos de aproximadamente $3.5 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, y con concentraciones urinarias de $150 \text{ } \mu\text{g}/\text{L}$ podemos no encontrar síntomas específicos; en cambio, datos recientes demuestran que concentraciones de 0.06 a 0.1 mg/m^3

presentan síntomas como anorexia e insomnio en grupos de trabajadores expuestos, y que aún existen estudios en los cuales pueden advertirse perturbaciones mentales en concentraciones de mercurio en el aire sumamente bajas.

COMPUESTOS METILMERCURIALES

Este grupo tiene tendencia a la bioacumulación, por cuanto posee propiedades que le dan un carácter singular entre los compuestos del mercurio ^{(3), (4), (12)}:

1. El metilmercurio se absorbe muy eficientemente a través de las membranas biológicas.
2. Se degrada con mucha más lentitud en mercurio inorgánico que otra clase de compuestos organomercuriales.
3. Es excretado de organismos vivos con mucha más lentitud que otros compuestos del mercurio.
4. Posee una elevadísima afinidad por los grupos sulfidrilos que como ya se explicó, tiene funciones importantes dentro de las proteínas.

El período de semieliminación es de 70 días para el hombre, y más de 1000 días en algunas especies de peces.

Los riesgos de salud derivados de los compuestos metilmercuriales son importantes porque ⁽³⁾:

- Las intoxicaciones masivas se han producido luego de un consumo accidental de alimentos contaminados con funguicidas metilmercuriales.

- El metilmercurio probablemente representa una parte significativa en la dieta de los peces, y por consecuencia se presentan cantidades variables en el ser humano (dependiendo del consumo de dicho alimento).

El grado de intoxicación depende de los períodos de semieliminación biológica de metilmercurio en el hombre. Una persona con un período de semieliminación prolongado, acumula niveles de metilmercurio más elevados que una persona con un breve período de eliminación biológica ⁽¹²⁾.

8.2) DIAGNOSTICO DE LA INTOXICACIÓN POR MERCURIO

En el diagnostico se debe de realizar una correcta anamnesis laboral. El diagnostico analítico se basa en la determinación del metal excretado por la sangre, la orina y el cabello, como también cabe mencionar que las muestras tomadas por éstas vías son excelentes indicadores para verificar la exposición de seres humanos al mercurio ⁽³⁾, ^{(4),(5),(6),(9), (10),(12),(13)}.

La cantidad de mercurio en sangre es buena indicadora para valorar el contenido corporal del metilmercurio en una exposición crónica en niveles bajos. El mercurio en orina no es un buen indicador del metilmercurio en el cuerpo, pero sí es el más indicado para evaluar una exposición laboral ⁽¹²⁾, (Newman, 1984 Apud 4). El mercurio medido en el pelo se ve muy influenciado por la ingesta de pescado y los factores ambientales; y es un buen medidor de mercurio. Las muestras de cabello se están convirtiendo en las muestras preferidas para determinar la exposición al metilmercurio por causa de la dieta; así según

la longitud del cabello es posible determinar la exposición al metilmercurio durante varios años. ⁽³⁾, (Newman, 1984 Apud 4), ⁽¹²⁾.

Hay que tomar en cuenta que la concentración de mercurio en cabello es proporcional a la concentración en la sangre en el momento de la formación del cabello, y que la concentración de mercurio en cabello es aproximadamente 250 veces superior a la concentración en sangre ⁽¹²⁾. Así, de acuerdo a un estudio efectuado en Finlandia, se menciona que *“Cuanto más mercurio tenga una persona en su cabello, mayor es el riesgo de que sufra una enfermedad coronaria, incluso si se encuentra en bajos niveles el mercurio dispara la oxidación de los lípidos en la sangre, lo que puede dañar el corazón, los vasos sanguíneos y otros órganos”* ⁽²²⁾.

8.3) CLASIFICACION DE LA INTOXICACION MERCURIAL

Debido al tiempo de exposición producida por la acumulación en el organismo de sustancias toxicas, la intoxicación puede clasificarse en:

*Intoxicación aguda

*Intoxicación crónica

La intoxicación puede ser producida por diferentes compuestos de mercurio, así podemos mencionar que existe:

*Intoxicación por mercurio metálico y compuestos inorgánicos.

*Intoxicación por compuestos orgánicos de mercurio.

8.3.1) INTOXICACIÓN AGUDA

La intoxicación aguda se presenta inmediatamente después de la exposición en altas dosis a un compuesto de mercurio, que puede ser una sal. Según Dodes, las exposiciones tóxicas de tipo agudo son raras y hay muchos casos de mercurio elemental que han sido accidentalmente liberados dentro del organismo (como el rompimiento de un termómetro rectal) sin efectos adversos ⁽⁴⁾.

❖ *Intoxicación aguda por mercurio inorgánico:*

Si la intoxicación es severa, se espera que los signos y síntomas neurológicos aparezcan entre las primeras 24 – 48 horas y la muerte se presenta en un periodo entre los 8 y 12 días. Esta intoxicación provocará una serie de signos y síntomas como manifestaciones pulmonares, en las que se incluye dificultad de respirar, neumonía aguda intersticial, bronquitis, bronquiolítis; manifestaciones gastrointestinales que cursan con dolor abdominal, náuseas, diarreas; manifestaciones renales en las que se incluye insuficiencia renal y uremia. Como se puede ver, los órganos críticos son el tracto gastrointestinal, los pulmones y el riñón ^{(3),(4),(12),(23)}.

❖ *Intoxicación aguda por mercurio orgánico:*

Comprende ataxia (incoordinación en la actividad muscular voluntaria particularmente de los músculos que se emplean para actividades como caminar o alcanzar un objeto, el cual es ocasionado por cualquier síntoma de interferencia del sistema nervioso que tiene bajo su control el balance de los movimientos musculares),

disminución de la agudeza visual que puede llevar a la ceguera, retardo mental, espasmos mioclónicos y patrones encefalográficos anormales (Vroom, F. O. 1972 apud 10).

8.3.2) INTOXICACIÓN CRÓNICA

Es conocida con el nombre de “hidrargirismo” o “mercurialismo”.

❖ *Intoxicación crónica por compuestos orgánicos:*

La exposición al fenil mercurio y al etil mercurio provoca un síndrome similar al de la Esclerosis Lateral Emiatrófica (enfermedad nerviosa degenerativa de la contractura de los miembros, atrofia muscular e hiperactividad) (Irukayama, K. 1977 Apud 10).

La exposición al metil mercurio en las primeras etapas presenta finos temblores de las manos (en algunos casos de la cara y brazos); si se mantiene la exposición los temblores pueden hacerse más amplios y convulsivos, el lenguaje titubeante con moderada confusión y dificultad en la pronunciación, son comunes las alteraciones sensoriales como la visión de túnel (característica de la intoxicación por compuestos orgánicos), ceguera, sordera. Un signo tardío se asocia con una pérdida de la capacidad de comprensión y razonamiento, lo que hace que la persona pierda por completo el contacto con su ambiente ⁽²³⁾. Atraviesa la placenta y se concentra en el feto, produciéndose una enfermedad congénita llamada “parálisis cerebral con retraso mental, dificultades en la alimentación y déficit motor importante ⁽³⁾.”

❖ *Intoxicación crónica por compuestos inorgánicos y vapor de mercurio:*

Aparece en aquellas personas que están ocupacionalmente expuestas a concentraciones bajas de mercurio inorgánico y vapor de mercurio (0,24 – 0,27 mg/m₃). En los aspectos clínicos se van a encontrar similares a los producidos por los compuestos orgánicos como temblor de dedos y manos, seguido de párpados y cara, eventualmente aparecen en la cabeza y el tronco (eretismo), en los campos visuales es característico de la intoxicación por vapor de mercurio la aparición de una niebla gris- marrón o amarilla sobre la superficie anterior del cristalino del ojo⁽²³⁾.

La intoxicación se presenta en dos fases:

a) Fase de absorción o impregnación: se caracteriza por presentar anorexia, astenia, pérdida de peso, cefaleas, vértigo, insomnio, dolores y parestesias en miembros inferiores y con menor frecuencia en superiores, masticación dolorosa.

b) Fase de intoxicación: en esta fase se van a encontrar en diferentes órganos entre los cuales se puede mencionar:

⇒ Manifestaciones Digestivas y orales: náuseas, vómitos, diarrea, indigestión, estomatitis mercurial en donde se encuentra sialorrea, sabor metálico y halitosis, dolor de boca y garganta acompañada de gingivitis y ulceraciones de la mucosa bucal. También se encuentra pérdida prematura de los dientes, en las encías aparece una línea de color gris-azulado más ancho que el que aparece en la intoxicación por plomo, los dientes pueden

adquirir un color pardusco conocido como “diente mercurial de Letuelle”
(3), (12), (23).

⇒ Manifestaciones renales: insuficiencia renal (3), (9), (12), (23).

⇒ Manifestaciones del sistema nervioso: es necesario mencionar que la manifestación más importante es conocida como “eretismo mercurial”, el cual según ha sido documentado desde 1893 (4) y concuerda con Cano (3) al describirlo como una serie de trastornos psíquicos en los que se mencionan irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, temor, pérdida de memoria, timidez, debilidad muscular, sueño agitado, susceptibilidad emocional, depresión. Otro gran síntoma del mercurialismo es el “temblor” el cual en las primeras etapas se presenta de forma fina en manos, cara (lengua, labios y párpados) y brazos. Si se mantiene la exposición, éstos temblores se vuelven más amplios y convulsivos apareciendo movimientos coreiformes (contorsiones y sacudidas irregulares, involuntarias y espontáneas de las extremidades y músculos de la cara), y presentando dificultad en la pronunciación” (3), (12), (23).

⇒ Otras manifestaciones: Rinitis y conjuntivitis por acción directa de partículas mercuriales. En las intoxicaciones por sales de mercurio inorgánico (mercurio-mercurioso) y de fenilmercurio se presenta el síndrome llamado ACRODINIA, el cual se caracteriza por descamación, color rosa de mejillas y plantas de los pies y manos, prurito, fotofobia, sudoración, irritabilidad e insomnio. Es una reacción de hipersensibilidad

que en el pasado fue originada por la inhalación, absorción de medicamentos utilizados en la sífilis a principio del siglo pasado. ^{(3), (24)}.

8.3.3) *MICROMERCURIALISMO O SÍNDROME ASTÉNICO VEGETATIVO*

La OMS/OPS ⁽¹²⁾ tiene datos de la presencia de este síndrome desde 1969, en una monografía hecha por Trahtenberg en la que se menciona que para su diagnóstico tiene que cumplir con ciertas características:

1. La concentración de vapor de mercurio en la que puede aparecer el síndrome, ésta corresponde a cifras que van desde los 0.004 mg/m³.
2. La presencia de dos o más características como temblores, hipertrofia del tiroides, pulso débil, taquicardia, dermografismo, gingivitis, cambios hematológicos y excreción de mercurio en la orina en niveles superiores a los normales o aumentados ocho veces luego de la medicación con Unithiol.

9) FACTORES QUE MODIFICAN LA INTOXICACIÓN

Poco se sabe de los factores físicos y químicos que afectan la toxicidad del mercurio, sin embargo se pueden mencionar que las investigaciones han determinado que:

* El Selenio protege contra la acción de compuestos inorgánicos y metilmercurio ^{(3), (12)}.

*Existe una pequeña parte de la población con una predisposición genética (genotipo MHC) que lo hace más susceptible al efecto de las amalgamas dentales, y en ésta pequeña parte de la población, sí podrían darse efectos colaterales de hipersensibilidad al mercurio. Este grupo de personas suele presentar un trasfondo de alteraciones inmunológicas, asma o hipersensibilidad a otros tipos de sustancias como el jabón, crema y a otros metales. ^{(6), (9)}.

* El alcohol influye en el metabolismo del mercurio disminuyéndolo y puede afectar a la toxicidad del vapor inhalado en el hombre ⁽¹²⁾.

*La liberación de mercurio de restauraciones dentales depende también del tiempo y durante las comidas de algunos alimentos y durante el cepillado ^{(3), (9), (6)}.

* Las personas actalasémicas pueden metabolizar el vapor de mercurio inhalado de manera distinta que las personas normales debido a que los tejidos orales y gingivales son particularmente susceptibles ⁽¹²⁾.

*Otro factor físico que modifica la intoxicación es el embarazo (madre y feto). Estudios realizados por la Agencia de Alimentación Británica (FSA) han

determinado que “aquellas mujeres embarazadas, las que están intentando quedar embarazadas y las que estén amamantando, no deberían de consumir más de dos latas de atún por semana, y evitar otras especies como el tiburón y el pez aguja”. Esto debido a que la cantidad de mercurio en el atún está cerca de los niveles permitidos y el consumo excesivo pondría en peligro al feto y al recién nacido ⁽³²⁾. En el feto debido a que el paso transplacentario de metil mercurio en mujeres que han consumido pescado contaminado, ha sido suficiente para causar varios casos de intoxicación prenatal en varios países. En el caso de las mujeres que amamantan, a pesar de la concentración relativamente baja en la leche materna (en comparación con la sangre materna), los lactantes acumularon elevadas concentraciones de mercurio en su sangre cuando sus madres habían estado muy expuestas. Estudios realizados en lactantes han demostrado concentraciones sanguíneas peligrosamente elevadas ^{(4), (12)}.

*Los niveles de mercurio también pueden aumentar en personas portadoras de obturaciones de amalgamas dentales que además utilizan frecuentemente goma de mascar ^{(4), (6) (26)}.

*La distribución en órganos no sólo se ve afectada por el tipo de compuesto mercurial ingerido o inhalado, sino que se modifica con el tiempo transcurrido después de la exposición ^{(3), (12)}.

Por último, se ha documentado que las concentraciones de mercurio en el plasma de la madre y el recién nacido son similares, pero la concentración en los

hematíes fetales es superior en aproximadamente 30% a la concentración sanguínea peligrosamente elevada si sus madres están muy expuestas⁽¹²⁾.

8.4) *OTRAS ENFERMEDADES ATRIBUIDAS A LA ABSORCIÓN DE MERCURIO*

Muchas enfermedades, y la mayoría de éstas de tipo neurológico, han sido relacionadas con la presencia de mercurio en el organismo. Y es que enfermedades como Parkinson, Alzheimer, Esclerosis Múltiple, Autismo y Artritis son una muestra de enfermedades crónicas que se relacionan con elevadas concentraciones de mercurio. En un artículo publicado se plasmó la siguiente pregunta: ¿Sólo porque los síntomas son los mismos indican el mismo origen?, y da la siguiente respuesta a la interrogante, la influenza y el virus del Nilo tienen síntomas similares como la neumonía y el SARS, pero el agente causal es distinto. Es por eso que brevemente se definirá cada patología a fin de comprender la posible relación con el mercurio:

- *PARKINSON*: trastorno degenerativo idiopático lentamente progresivo del SNC, que presenta cuatro características particulares: lentitud y escasez de movimientos, rigidez muscular, temblor de reposo e inestabilidad postural^{(27), (28)}.

La enfermedad suele iniciarse después de los cuarenta años, puede ser originada por intoxicación de manganesio, hidrocefalia, lesiones estructurales (tumores o infartos), hematomas. En su comienzo, manifestaciones como temblor de manos, brazos y piernas suelen presentarse, como también en mandíbula, lengua, frente y párpados.^{(27), (28)}

- *ESCLEROSIS MÚLTIPLE*: enfermedad lentamente progresiva del SNC caracterizada por zonas diseminadas de desmielinización en el cerebro y médula espinal

que ocasiona múltiples y variados signos y síntomas neurológicos, generalmente con remisiones y exacerbaciones. La causa se desconoce, pero se sospecha una anomalía inmunológica, también se destaca la infección por un virus lento o latente, y factores genéticos. Parece existir factores ambientales, y es más frecuente en los climas templados que en los trópicos. La edad de inicio es entre los 20 y 40 años ^{(9), (27), (29)}.

Signos como parestesia en una o más extremidades en el tronco o en un lado de la cara, trastornos visuales como ceguera parcial y dolor en un ojo, y los signos y síntomas mentales, pares craneales y motores pueden ser acentuados por el exceso de calor.

Dicha enfermedad ha sido relacionada directamente con la presencia de mercurio en personas afectadas con la enfermedad antes mencionada, pero un reporte escrito por la Sociedad Nacional para la Esclerosis Múltiple de los Estados Unidos y publicado en 1986 por la Sociedad Dental Salvadoreña por medio de La Prensa Gráfica Salvadoreña, señala que no hay evidencia de que las restauraciones de amalgama estén relacionadas con la enfermedad ^{(9), (31)}.

- *AUTISMO*: o Síndrome de Kanner, el cual aparece en los primeros años de la infancia, caracterizado por 1) relaciones sociales anormales, 2) trastornos del lenguaje, 3) fenómenos rituales compulsivos y 4) desarrollo intelectual y regular en la mayoría de los casos. El Síndrome es más frecuente en los varones en los que experimentan fantasías, sueños desiertos y desilusiones, pensamientos egocéntricos y subjetivos. El diagnóstico se determina entre los 3 y 5 años aunque los signos y síntomas pueden aparecer antes. Según “Consumers For Dental Choice”, el mercurio (etilmercurio) está presente en todas las vacunas en dosis variables que pueden afectar al cerebro, y consideran que ésta es la segunda y más corriente forma de exposición al

mercurio; por el contrario un estudio danés en el que se evaluó si existe relación entre el mercurio de las vacunas y el autismo realizado en 956 niños entre 1971 y 2000, demostró que la incidencia del autismo en la infancia no tendría relación con las vacunas que contienen mercurio. Este estudio no encontró vínculo entre el preservante “timerosal”, el cual tiene como componente al etilmercurio. Sin embargo, funcionarios de los Estados Unidos decidieron remover el timerasal de las vacunas como una medida preventiva en 1999 ^{(25) (26), (27), (30)}.

- *ALZHEIMER*: desorden degenerativo congénito, crónico y progresivo que involucra a más del 60% de personas con algún tipo de demencia. La forma más común de ésta alteración ocurre en personas mayores de 65 años, aunque existe un tipo que puede producirse entre los 40-60 años. La etiología involucra múltiples causas que incluyen factores de riesgo genético, como también agentes ambientales, especialmente virus y toxicidad por mercurio, trauma craneal, y factores inmunológicos son posibles causantes de ésta patología. ⁽²⁷⁾

La enfermedad comienza con una pérdida leve de la memoria, en la que progresa a un deterioro de las funciones intelectuales, cambios de personalidad y problemas de lenguaje y respiración, para terminar en una dependencia de una segunda persona para la realización de sus funciones básicas, además de presentarse alucinaciones, desilusiones y paranoia ⁽²⁷⁾.

Al realizar autopsias en pacientes que habían padecido de Alzheimer en una investigación realizada por Wenstrup y colaboradores, señalan que se encontraron concentraciones elevadas de Bromo en todo el tejido cerebral y mercurio en fracciones

microsomales celulares, encontrando pequeñas concentraciones de Rubidio, Selenio y Zinc. Estudios realizados en ratas demostraron que el mercurio causa discrasias en la síntesis de proteínas y en los niveles de DNA y RNA. También sugieren que una elevada concentración de mercurio podría inhibir la síntesis de proteínas, resultando en una degeneración neuronal y muerte celular. (Wenstrup, D. Ehmann, W.D., Markesbery, W.R. 1990 apud 9).

Como anteriormente se menciona, investigadores han reportado diferencias en concentraciones y en elementos en tejido cerebral de pacientes con Alzheimer. Sin embargo, afirman que hasta éste momento ningún estudio ha demostrado que la deposición de mercurio sea el agente causal de ésta patología o sea directamente el resultado de la degeneración cerebral o de su propia decadencia. (Ehmann, Markesbery Alauddin, Hossain, Brubaker. 1986 apud 9), (Crapper- McLachlan Apud 9), (Mikaido, Austin, Trueb, Rinehart. 1972 apud 9).

Siblerud estudió niveles de mercurio urinario y el estado psicológico de 50 estudiantes voluntarios con amalgamas y 51 que no poseían este tipo de restauraciones, encontrando niveles de mercurio de 3.7 µg/L y 1.23 µg/L para los que tenían restauraciones de amalgama y los que no tenían respectivamente. El estudio realizado en pacientes con amalgamas mostraban individuos menos felices y más intranquilos que el otro grupo que no tenía obturaciones de éste tipo; además, el primer grupo reportó más síntomas emocionales y un estilo de vida que involucra un consumo de dulces, cigarros, alcohol, café; pero ningún dato era estadísticamente significativo. Ninguna información

proveyó la integridad y validez del aparente cuestionario no estandarizado usado, es por eso que conclusiones confiables no podrían ser mostradas ^(Siblerud apud 6).

III) EL MERCURIO Y SU EMPLEO EN EL CAMPO ODONTOLÓGICO

1) AMALGAMA DENTAL

La amalgama dental es una combinación de aproximadamente partes iguales de mercurio elemental líquido (43 a 54%) y una mezcla de otros metales, principalmente plata pero también posee cobre, zinc, paladio y en algunas ocasiones indio en proporciones diferentes^{(9),(33)}.

La amalgama dental es fuerte y duradera lo suficiente para soportar las fuerzas de masticación.

En El Salvador se utiliza amalgama de las siguientes firmas comerciales: “CAULK”, “SSWHITE”, “DEGUSA”, ”DYSPENSALOY” entre otras, las cuales poseen ciertas características que a continuación se detallan:

VENTAJAS⁽⁹⁾:

- *Durable
- *Económica
- *Aplicable a un rango muy alto de casos clínicos
- *Conservación aceptable de su estado clínico
- *Fácil manipulación
- *Menos tiempo de trabajo comparado con otros materiales restaurativos
- *Inicialmente los productos de corrosión sellan la interfase del diente y la restauración previniendo así la filtración posterior
- *Fácil reparación

DESVENTAJAS⁽⁹⁾:

- *Desajuste marginal
- *Destrucción de estructura dental sana
- *Antiestético
- *Potencial reacción galvánica
- *Pública percepción de toxicidad mercurial

INDICACIONES⁽⁹⁾:

- *La amalgama dental es usada en individuos de todas las edades, y en casos de excesiva fuerza al ocluir
- *Las cavidades posteriores pueden ser de pequeño a moderado tamaño
- *Puede usarse como restauración directa en situaciones de destrucción severa.

CONTRAINDICACIONES⁽⁹⁾:

- *En áreas visibles donde la estética es importante
- *Cuando el paciente tiene una historia de alergia al mercurio u otro componente de la amalgama.

2) MANIPULACIÓN Y MEZCLA DE LA ALEACIÓN

2.1) *PROPIEDADES DEL MERCURIO USADO EN ODONTOLOGIA*

El único requisito que debe cumplir el mercurio dental es su pureza. La contaminación por agentes comunes como el arsénico puede provocar un daño pulpar, más aún la deficiencia de purezas afecta en forma adversa a las propiedades físicas de la amalgama. También es importante hacer notar que los términos “puro, redestilado o triple destilado” no indican calidad química del mercurio, pero sí las siglas “USP” (United States Pharmacopeia) garantizan contundentemente una pureza satisfactoria. El mercurio carece de contaminación de superficie si contiene menos de 0.02% de residuos no volátiles. Este requerimiento es mencionado en la especificación número 6 de la American Dental Association para el mercurio de uso dental ⁽³³⁾.

2.2) *PROPORCION ALEACION-MERCURIO*

Phillips, R.W. afirma que hasta los años 60 se consideraba necesaria la utilización de mercurio en cantidades mayores a las recomendadas por el fabricante; todo esto con el objetivo de obtener una amalgama plástica y suave. Con la concientización acerca de efectos nocivos, el fracaso de las restauraciones y la fabricación de materiales dentales mejorados que no necesitaban concentraciones elevadas de mercurio, comenzó a disminuir las cantidades de mercurio utilizados para obtener la amalgama y disminuir sus concentraciones ⁽³⁴⁾.

Sistemas convencionales para disminuir las concentraciones de mercurio en las amalgamas comenzaron a difundirse en todo el mercado, aunque no cumplían con las expectativas de los operarios. El método más evidente para disminuir la concentración de mercurio era su reducción en la mezcla original utilizando un mínimo de mercurio, pero lo suficiente como para obtener una amalgama de consistencia adecuada para su fácil manipulación y éxito en el tratamiento^{(33), (34)}.

La proporción aleación-mercurio, se estima que sea 1:1, aunque para mejorar dicha proporción se recomienda la utilización de dosificadores o aparatos de proporcionalidad. Aunque el lanzamiento de tabletas (o cápsulas) desechables al mercado que contienen partes iguales preparadas de mercurio y aleación se piensa que es la mejor opción, ya que evita derrames de mercurio y exposición a este por parte del personal del consultorio, y la proporción aleación-mercurio es muy exacta⁽³⁴⁾.

3) CORROSION

Uno de los procesos que sufre una amalgama dental es la corrosión, la cual puede definirse como el proceso químico o electroquímico a través del cual un metal es atacado por agentes naturales como aire y agua, resultando en una parcial o completa disolución, deterioro o debilitamiento de cualquier sustancia sólida ⁽³⁵⁾.

El proceso de corrosión puede clasificarse de dos formas, 1) la de tipo *química o seca* la cual se realiza en un ambiente libre de humedad y frío e incluye la combinación directa de elementos metálicos y no metálicos; y 2) la de tipo *electroquímica* en la cual se requiere la presencia de agua u otros elementos fluidos. De ahí su nombre “corrosión húmeda”, que es la que ocurre en las amalgamas dentales ⁽³⁵⁾.

Debido a que la aleación de amalgama se encuentra en contacto con un ambiente húmedo en la cavidad oral (en la que encontramos un conglomerado de bacterias, cambios constantes de temperatura y pH, la dieta del paciente) y aunado a esto la calidad de aleación y mezcla de este hacen que el proceso de corrosión se acelere o atrase ^{(35), (36), (37)}.

Cuando se realiza el proceso de unión del mercurio con la aleación se produce la fase metalúrgica de la amalgama dental, en la que la cristalización de la amalgama es debido al sistema de elementos y uniones. La fase de la amalgama más propensa a sufrir corrosión y ser significativamente más débil es la fase γ_2 , por lo que se recomienda utilizar aleaciones que necesiten la menor cantidad de mercurio posible. ^{(1), (36), (37)}.

4) INTOXICACIÓN DE MERCURIO POR AMALGAMAS DENTALES

El uso de mercurio en la cavidad bucal como ya se mencionó anteriormente cuenta con 160 años de utilización; así también de antigua es la preocupación sobre la seguridad, tanto en la contaminación ambiental como en los efectos secundarios “supuestos” que pueden afectar a los pacientes que reciben este material, y a los odontólogos y personal de salud que están en contacto diariamente con este metal.

Para comprender los efectos secundarios de la amalgama dental, se deben definir las diferencias entre reacciones locales (alergia) y reacciones sistémicas (toxicidad) ⁽⁵⁾.
(34)

4.1) REACCIONES LOCALES (alergias):

La alergia se ha definido como un estado de hipersensibilidad adquirido por la exposición a un determinado alergeno (antígeno capaz de provocar síntomas de alergia). Aunque todos los fenómenos alérgicos son importantes, existen dos formas de alergia con importantes consecuencias para la práctica odontológica. Una de ellas se clasifica como reacción alérgica tipo IV o retardada que clínicamente se traduce en una dermatitis de contacto particularmente importante, ya que es frecuente que el personal relacionado con la odontología desarrolle éste tipo de alergia cuando se encuentran en contacto, ya sea directa o indirectamente con la manipulación, mezcla y colocación de amalgama de plata en restauraciones realizadas a pacientes en la consulta odontológica. ^{(9),(39),(40)}

Los signos como dermatitis alérgica por contacto, rash, estornudo, disnea, gingivitis, estomatitis y reacciones cutáneas remotas son observados después de retirar

una amalgama, debido a que la liberación de vapor de mercurio que se experimenta es mayor, poniéndose en contacto con la cavidad oral y estructuras vecinas. Se han publicado casos de reacciones inflamatorias de la pulpa y dentina, y en algunos pacientes con lesiones se han encontrado mercurio en los lisosomas de macrófagos y fibroblastos, aunque se debe saber que dichas manifestaciones son poco frecuentes⁽⁴⁰⁾. Enwonwu ha establecido el posible daño a nivel neurológico, cardiovascular e inmunológico, lo cual está en discusión con una gama de opiniones científicas publicadas ⁽¹⁾. Enwonwu al igual que Craig han puntualizado que reacciones de hipersensibilidad se experimentan al menos en un 1% de la población. ^{(1), (34)}.

Para confirmar las sospechas de hipersensibilidad verdadera, en especial cuando una reacción se ha manifestado por 2 semanas o más, el paciente necesita ser evaluado como lo sugieren la ADA y la CDA por especialistas calificados como alergólogos o dermatólogos ⁽¹⁾. De ser positiva la hipersensibilidad deben usarse materiales alternativos que se mencionaran posteriormente.

4.2) REACCIONES SISTEMICAS (toxicidad):

Se conjetura si la toxicidad por el mercurio de las restauraciones origina ciertos padecimientos no diagnosticados y que puedan presentar un peligro verdadero para el odontólogo y el asistente dental cuando se inhala vapor de mercurio durante el mezclado, colocación y remoción.

De hecho solo hay 100 informes registrados acerca de la toxicidad por mercurio atribuible a la amalgama dental publicados en los últimos 60 años en la literatura científica. De estos casos, muchas de las personas afectadas fueron odontólogos o

asistentes de clínicas dentales, debido al íntimo contacto que dichos profesionales de la salud tienen con respecto a éste metal en el momento de colocar y remover obturaciones de amalgama ^{(1),(5) (6)}.

Las amalgamas con alto contenido de cobre tienen la misma toxicidad que las que poseen bajo contenido de éste.

Los resultados de este estudio sugieren que el elemento que más contribuye a la citotoxicidad de los polvos de aleación para amalgama es probablemente el cobre, mientras que en el caso de las amalgamas es el zinc.

Se han informado de pocos casos durante las últimas décadas, al parecer por el mejoramiento de la tecnología en la encapsulación, el diseño de las cápsulas y otros sitios de retención de mercurio. En algunos países se ha requerido que los consultorios odontológicos tengan recolectores de partículas de amalgamas, con eficiencia mayor del 99%.⁽¹⁾.

Países como Suecia, Alemania, Estados Unidos y Canadá han puesto en tela de juicio el uso de la amalgama dental, realizándose estudios comercializados con la liberación de mercurio de las obturaciones con amalgama y la subsecuente acumulación en el cuerpo por inhalación y absorción. Es a partir de estos estudios que algunos científicos han promulgado que existe una relación entre el número de individuos que han sufrido una variedad de enfermedades con la exposición que han tenido con el mercurio. Pero los estudios que se han realizado para determinar la relación de la amalgama dental con dichas enfermedades han sido considerados como “evidencia no científica” ⁽¹⁾.

Ningún estudio científico serio ha podido demostrar de forma concluyente que las amalgamas dentales produzcan efectos perjudiciales ⁽⁵⁾.

A pesar que enfermedades como Esclerosis Múltiple han desaparecido instantáneamente al retirar una amalgama, no poseen una base científica sólida ya que se debe transcurrir una semana para que el organismo elimine completamente el mercurio.

5) RIESGOS Y PRECAUCIONES PARA EL ODONTÓLOGO Y PERSONAL AUXILIAR EN EL MANEJO DEL MERCURIO

Se han considerado dos grupos de personas que pueden estar expuestas a la exposición mercurial dentro de una clínica dental, los pacientes y el personal de las clínicas de odontología; y es precisamente éste último grupo donde se incluyen a los odontólogos, estomatólogos y auxiliares de clínica dental como “profesionalmente expuestos” a los vapores de mercurio, siendo la fuente de la exposición la amalgama dental en todo su proceso de batido, colocado en la cavidad, compactado, bruñido, y en menor número de ocasiones, la remoción de amalgamas antiguas por necesidad o por demanda del paciente, que como ya mencionamos es cuando más se libera mercurio. ⁽⁵⁾, ⁽⁶⁾.

La American Dental Association estima que “uno de cada 10 consultorios dentales rebasa el valor umbral límite (VUL)”, sin embargo se han informado pocos casos de intoxicación por mercurio ⁽³⁴⁾.

Existe mucha controversia en cuanto a que si la exposición mercurial en las zonas de trabajo dental puede ser sumamente perjudicial en la edad fértil, embarazo y aun en consecuencias de aborto y malformaciones ^(wannang,sikors erikson apus 1), y aunque se muestren estudios científicos y no científicos que avalan o contradigan tales teorías, se puede prevenir cualquier tipo de reacción adversa poniendo en práctica las siguientes recomendaciones sobre higiene mercurial ^{(5), (34),(38), (39)}:

1. Conservar el mercurio en recipientes irrompibles y herméticamente cerrados.

2. Limitar y facilitar la recuperación del mercurio o la amalgama derramados, y efectuar todas las manipulaciones con el mercurio en lugares que tengan superficies impermeables.
3. Manipular la amalgama sin tocarla. Si entra en contacto con la piel, está debe lavarse con agua y jabón.
4. Limpiar inmediatamente el mercurio que se haya derramado.
5. Emplear agua pulverizada y succión al tallar una amalgama.
6. Utilice procedimientos convencionales para la condensación de la amalgama. Evitar utilizar condensadores ultrasónicos, ya que se ha observado una nube de pequeñas gotas de mercurio que circundan la punta del condensador.
7. Utilizar cápsulas herméticamente cerradas para la amalgamación.
8. Advertir al personal que manipula mercurio sobre el riesgo potencial de los vapores de mercurio y la necesidad de extremar medidas de higiene con el mercurio y la amalgama.
9. Cerrar las cápsulas inmediatamente después de utilizarlas. Las cápsulas del amalgamador, desechables o no desechables, deben reensamblarse de inmediato después de sacar la masa de amalgama. Las cápsulas están muy contaminadas y son fuente importante de vapor si se deja abierta.
10. Recoger todas las limaduras de amalgama y conservarlas en agua con Tiosulfato Sódico. En las cápsulas no desechables, el escape de mercurio puede evitarse envolviéndolas con cinta negra de uso eléctrico alrededor de una sección de la cápsula. (después de la amalgamación, aparecen gotitas de mercurio en la cinta).

11. No calentar el mercurio o la amalgama.
12. Existen proporcionadores y amalgamadores que supuestamente no liberan vapor al mezclarla.
13. Trabajar en lugares bien ventilados.
14. Evitar alfombras, ya que son muy difíciles de descontaminar.
15. No utilizar soluciones que contengan mercurio, como antisépticos, germicidas y bacteriostáticos.
16. Efectuar mediciones anuales de los niveles de mercurio en todo el personal que trabaja en los consultorios.
17. Efectuar mediciones periódicas de los niveles de vapor de mercurio en el consultorio.
18. La colocación, remoción y pulido debe realizarse bajo aislamiento absoluto.

Un artículo publicado en 1993 menciona que el Consejo Médico Sueco recomienda que la manipulación de la amalgama dental pueda ser controlada por un manejo adecuado de los desechos de separadores eficientes de amalgama en clínicas dentales, para que no exista una contribución por parte del Gremio Odontológico a una mayor contaminación ambiental ⁽¹³⁾.

La clínica dental corre un importante riesgo de contaminación; es por eso que se hace necesaria vigilarla y mantenerla en un umbral seguro como se ha mencionado. La vigilancia puede llevarse a cabo con un sistema de recambio de aire positivo (cuadro 5) ⁽³⁹⁾ pero éste además de ser difícil de encontrar tomando en cuenta que en el país ningún

odontólogo posee un equipo de estos, su uso se reserva a laboratorios de investigación; también otra forma de vigilancia se relaciona con el personal del consultorio al cual se recomienda realizar exámenes de orina (muestra de 24 horas y la primera orina de la mañana)^{(4), (39)}. Esta última es la que se encuentra más accesible en nuestro medio.

Otro método útil para controlar la contaminación de los desechos de las amalgamas dentales en la clínica dental y fuera de ella (aguas de desecho), es el “SISTMA HATA” creado por un grupo de odontólogos salvadoreños (1998-2000) concientes del problema de contaminación mercurial. Este sistema permite la recolección de los desechos de amalgamas de las obturaciones removidas mediante el uso de un kitasato adaptado a la manguera de succión como paso intermedio entre este y el sistema de desagüe. Los residuos de amalgama pulverizada y succionada entran al kitasato donde son retenidos por la gravedad, luego se procede a desinfectar con hipoclorito de sodio, lavar y recolectar el sedimento para luego ser filtrado, secado y almacenado en refrigeración. De esta manera se contribuye a disminuir la cantidad de mercurio vertido a las cuencas hidrográficas del país. Con el uso de este sistema, los desechos de amalgama recolectados podrían ser tratados mediante un proceso químico donde puede recuperarse el mercurio y aleación para reutilizarlo en un futuro.

Cuadro 5. Dispositivos para vigilancia del mercurio

COMPAÑÍA	TIPO
Bacharasch instrument	Inhalador de vapor de mercurio
Jerome Instruments corp	Placa de oro para mercurio. Analizador de mercurio
Sunshine Scientific Instrument	Papel de sulfuro de selenio. Detector de vapor de mercurio
Thermotron	Mercolector - Mercometro
Automatic control System Div.	Sistema de medicion de Hg
3 M Co.	Monitor de vapor de mercurio marca 3M

Se debe ser consciente que no es imposible que ocurra un derrame accidental de mercurio dentro de la clínica dental, por lo que es necesario saber qué hacer en estos casos. Se recomienda en caso de derrames pequeños utilizar cinta adhesiva o una muestra fresca de amalgama para luego almacenarla en frasco de vidrio hermético. En caso de derrames considerables se debe utilizar polvo de azufre en aquellas gotitas que no se puedan alcanzar manteniéndolo así durante 24-48 horas. Pasando este tiempo debe recogerse el polvo y colocarlo en un recipiente hermético. Por ultimo se debe disponer de equipos comerciales para aseos de escape de mercurio (ver cuadro 6) ⁽⁵⁹⁾.

Cuadro 6. Equipos para aseo de derrames de mercurio:

COMPAÑÍA	TIPO
Acton Associates	HgX
Bel-Art Products	Colector de mercurio
Equipo Mercurisorb	Roth Spill
Dental control Pro- ducts, Inc.	Colector de control de mercurio
Futurecraft Corp	Demerculador
VWR Scientific	Vacupick de Hg

6) ALTERNATIVAS PARA EL USO DE LA AMALGAMA

Científicos y asociaciones dentales han hecho un recordatorio público que la amalgama dental ha sido usada extensivamente como restaurador dental por un período de más de 150 años. Estadísticas demuestran que aproximadamente entre 100 y 200 millones de estadounidenses poseen restauraciones de amalgama de plata en sus bocas, y que por lo menos 1 restauración pertenece a ese tipo. Caso similar sucede en Europa, donde hace unos 20-30 años, la mitad de los ingleses y galenos poseían por lo menos 1 amalgama. Todo esto es debido a que los profesionales dentales han recordado al público acerca de la durabilidad y costo de la amalgama, volviéndola el material restaurador de primer escoge⁽¹⁾.

Pero con el correr de los años, exigencias más determinantes han sido impuestas por parte de la población, la cual aunada con el enfoque preventivo y no tanto curativo, han permitido que otras opciones restauradoras sean lanzadas al mercado.

Y es que según muchos autores, cada vez se utilizan más los materiales de restauración de color dental para restituir la estructura dental perdida y para modificar el color y contorno de los dientes, todo esto con el objetivo de mejorar la estética facial.

Con el advenimiento de la parte preventiva, se han implementado técnicas de higiene oral adecuadas para cada individuo, logrando una disminución marcada de irritante local y microorganismos en estructura dental, que ambos causan las enfermedades bucales más comunes. También la utilización de flúor para remineralizar estructura dental y disminuir la adhesión de la placa dentobacteriana, son otros factores

más importantes que se pueden mencionar para evitar la utilización de amalgamas dentales. Pero además de lo anterior, se mencionarán otras alternativas más concretas para la restauración o prevención de cada pieza dental:

- *SELLANTE DE FOSAS Y FISURAS*: material preventivo colocado en la zona oclusal de las piezas posteriores, con el objetivo de prevenir el desarrollo de caries. Las fosas y fisuras se contaminan en un 91% de caries en niños mayores de 11 años, es entonces que los Sellantes de Fosas y Fisuras son la elección principal⁽⁹⁾.
- *RESINA*: cuando fosas y fisuras han sido contaminadas con caries, materiales como resinas fluidas son la elección (ya que el SFF no es funcional en éstos casos), pero si la lesión es un poco más profunda y no se encuentra en presencia de zonas de estrés, y el tamaño de la lesión es de incipiente a moderada profundidad, la colocación de resina convencional es el idóneo⁽⁹⁾.
- *CEMENTO DE IONOMERO DE VIDRIO*: El CIV fue introducido por Odontólogos en los 70's, pero debido a factores estéticos, problemas de manipulación de materiales y colocación ha sido limitado su uso a pesar de los beneficios que se conocen⁽⁹⁾.
- *RESTAURACIONES DE METAL Y METAL-PORCELANA*: son usadas para restauraciones tipo Inlay, Onlay, Coronas o PPF donde se requieren 2 ó más citas. En las publicaciones se sugiere que la decisión de éstos materiales depende del grado de distribución dental, número de dientes perdidos, necesidades

estéticas, higiene oral, capacidad económica (debido a que cuestan 8 ó más veces que la amalgama) ⁽⁹⁾.

AMALGAMA SIN MERCURIO: material restaurador similar a la Amalgama tradicional, la cual no posee mercurio, pero sí Galio, que según la Revista de Asociación Dental Mexicana del 2001, no posee efectos tóxicos, no produce efectos de sensibilidad y es posible utilizarlo en CI I y CI II. Pero debido a los pocos años de estudio, no se recomienda como material restaurador⁽⁴¹⁾.

7) DISCUSIÓN

Aunque el mercurio como parte constitutiva de la amalgama dental en muchos países en vías de desarrollo está siendo sustituido por métodos y materiales superiores, en países como el nuestro continúa siendo una opción. Es por eso que se hace necesario aclarar, desmentir y sustentar con bases científicas las ventajas y desventajas que se le atribuyen. A lo largo del desarrollo del tema se han presentado trabajos que hablan de la toxicidad del mercurio, la cual a pesar de ser un hecho real se debe diferenciar entre una exposición a nivel tóxico (laboral) y exposición a la que se encuentra sujeta los pacientes que asisten a una clínica dental.

A pesar de que el mercurio es una sustancia tóxica, la severidad de la respuesta se relaciona con la intensidad, tipo del metal y duración de la exposición. La OMS/OPS mencionó que es muy improbable que la concentración en el ambiente general se aproxime a los niveles de importancia toxicológica ⁽¹²⁾. De acuerdo al Subcommittee on Risk Assessment Committee to Coordinate Environmental Health and Related Programs, la relación entre la severidad de respuesta y la duración de la exposición no ha sido cuantificada en niveles de exposición asociados con restauraciones dentales de amalgama, también se debe mencionar que no se han encontrado signos y síntomas de exposición crónica en exámenes físicos de rutina. ⁽⁹⁾.

En cuanto a los compuestos de mercurio, el mercurio inorgánico fue clasificado como *Grupo 0*, según la Agencia de Protección Ambiental en un estudio realizado en 1981 por Clayton y Clayton ^{(1), (9)}. Dicha clasificación representa no ser cancerígeno para

los humanos, sin embargo existen publicaciones no científicas ⁽⁶⁾ en la que menciona que el metal se difunde a través de las encías, las raíces dentales y la mandíbula hasta el sistema nervioso central y el cerebro, con lo cual se propone una vía de absorción y distribución no basada en estudios científicos. De igual forma, este mismo estudio asevera que al masticar hay una conversión de mercurio metálico en mercurio metílico, o sea en mercurio orgánico, pero existen otras fuentes científicas como las realizadas por la OMS ⁽¹²⁾, investigaciones como la de Chang, Siew, Gruninger ⁽¹⁵⁾ en las que confirman que no se tiene evidencia en la bibliografía que sustente la posibilidad de síntesis de los compuestos organomercuriales en los tejidos humanos.

Un panel Sueco afirma lo siguiente: *“Con las medidas propias de higiene de mercurio, el mercurio emergido de la amalgama dental no representa un problema de higiene ambiental”*⁽¹⁾.

El gobierno Sueco instituyó, en la misma publicación antes mencionada, que *las posibles consecuencias ambientales de la contaminación por mercurio como resultado del manejo de la amalgama dental, puede ser controlada mediante métodos como cápsulas dosificadas de amalgama, amalgamadores modernos, eliminación efectiva del mercurio y de restos de amalgama en el consultorio dental.* Los Odontólogos modernos juegan una pequeña parte en la contaminación ambiental, aunque dicho aporte está sus manos el aumentarlo, reducirlo o eliminarlo⁽¹⁾.

Cabe mencionar que grandes empresas y compañías ambientalistas se han tomado la tarea de realizar investigaciones acerca de posibles contaminaciones e intoxicaciones producidas por mercurio. También se debe de tomar en cuenta que dichos casos han sido producidos por motivos ambientales, y no por las consecuencias observadas en pacientes

dentales, agregando también que algunas de éstas empresas señaladoras lo hacen sin ninguna base científica.

Otro factor importante que se debe señalar es el hecho de relacionar enfermedades con la exposición de mercurio, ya sea contenido en medicamentos, inhalando vapores en lugares de trabajo, ingerido en alimentos. En un este estudio se menciona la diversidad de enfermedades relacionadas con el metal, entre ellas el Síndrome de Young (sinusitis crónica, bronquitis, bronquiectasias; en hombres azoosperma obstructiva), dermatitis atrófica, asma, demencia, infarto cerebral, osteoporosis, hipertensión, diabetes, aumento de riesgo de muerte por infarto de miocardio, enfermedad coronaria y enfermedad cardiovascular (Nakagawa 1995; Salone et al., 1995; meltzer et al., 1994 apud 6).

Otro artículo publicado menciona que, según investigaciones del Dr. Max Dauderer ⁽⁴¹⁾: “ *la intoxicación crónica de amalgamas es seguramente también una causa frecuente de infertilidad*”, y éste mismo relaciona la muerte de unos 1,500 bebés alemanes por muerte súbita infantil con los almacenamientos altos de mercurio en el cerebro por las amalgamas de la madre, concluyendo que se debe de sospechar que la amalgama dental sea un factor de la muerte súbita, lo cual además de no estar bien sustentado científicamente, su etiología va más allá de una obturación de amalgama dental y está relacionada más bien con la posición al dormir, tal como lo menciona un artículo publicado por La Prensa Gráfica que aclara que cuando un bebé duerme boca abajo puede respirar partículas de mota que pueden asfixiarlo; también esta posición conduce a narcosis y por último se puede provocar una obstrucción de las vías aéreas superiores y esto ocurre entre los dos a cuatro meses de edad y entre la medianoche y nueve de la mañana ⁽⁴²⁾. A pesar de los estudios realizados en fetos humanos en los que se

demuestra aumento de mercurio en tejidos ⁽⁹⁾, no hay evidencia que la colocación o remoción de amalgama durante la gestación afecte al feto ⁽⁴⁾. Por otro lado el Consejo Médico Sueco asegura que la liberación de mercurio de las amalgamas dentales no contribuye a enfermedades sistémicas o efectos sistémicos tóxicos; y en el Reino Unido, a través de su Parlamento de Servicio Nacional de Salud manifiestan que el uso de amalgama dental está libre de riesgo de toxicidad sistémica y que sólo pocos casos han ocurrido de hipersensibilidad dental, y cuando esto ocurre con su eliminación puede cesar dicha reacción. De la misma forma, la National Multiple Sclerosis Society afirma que parece desproporcionado creer que una o varias restauraciones de amalgama liberen el mercurio suficiente como para causar enfermedades como Esclerosis Múltiple, la enfermedad de Alzheimer o Artritis; de la misma forma es desproporcionado el hecho que después de la eliminación de la amalgama dental y posterior desintoxicación, las enfermedades mejoran y en la mayoría de casos proponiendo incluso su alivio total, con lo cual se pone en tela de juicio los artículos no científicos que con fines comerciales tratan de atribuir nuevas terapias anti-amalgama; y lo que parece una respuesta positiva a la remoción de la amalgama puede ser un efecto placebo o una mejoría espontánea en el curso de una enfermedad⁽⁴³⁾. El departamento de salud pública de Alemania ha afirmado que no hay evidencia que sugiera que el mercurio de la amalgama dental causa dolores de cabeza, reumatismo, cáncer y esclerosis múltiple en los pacientes ⁽¹³⁾; sin embargo no ocurre lo mismo con los odontólogos y los asistentes los cuales tienen mayor nivel de mercurio y estos tienen mayor prevalencia de signos y desórdenes asociados a la exposición⁽¹³⁾.

Para finalizar, la “Sociedad Dental De El Salvador” con el fin de generar confianza y acabar con los temores infundados aclara en su publicación de 1996, afirma que: *“si usted tiene restauraciones que le están prestando hasta ahora un buen servicio, no tiene que recurrir a removerlas, para ser sustituidas por otro material”*⁽³¹⁾.

IV) CONCLUSIONES

- 1) A pesar que el mercurio es liberado como resultado de muchas de nuestras actividades es importante valorar que también son liberadas otras sustancias que poseen igual o mayor grado de potencial toxico, por lo que se debe aprender a diferenciar entre una sustancia altamente toxica y otra cuya toxicidad depende del uso del cual se deriva.

- 2) El mercurio se encuentra presente en una gran variedad de estados físicos y químicos que es inevitable tener contacto con él; aunque al referirse a su toxicología, son los derivados orgánicos los que ponen en riesgo la salud de la población en general y es el vapor de mercurio en exposiciones prolongadas las que ponen en riesgo al que trabaja con sus derivados.

- 3) Los profesionales de la salud como odontólogos y el personal auxiliar no deben ignorar las propiedades y los efectos, sean positivos o negativos, del uso de la amalgama dental y el mercurio utilizado en esta, e informarse científicamente sobre los avances que se presentan en publicaciones reconocidas y avaladas por organizaciones e instituciones serias.

- 4) La amalgama dental puede ser utilizada como material restaurador con mucha seguridad, siguiendo todas las instrucciones de empleo; esto debido a que bien utilizada no pone en riesgo la vida de quien la usa. Por que el mercurio metálico no se almacena en el organismo.

- 5) Al crear este documento se crea una fuente de información que servirá de guía para originar interrogantes sobre el uso del mercurio en odontología.

- 6) No se ha encontrado hasta el momento un lazo científico que relaciones la liberación de mercurio de una amalgama dental con el aparecimiento de ciertas enfermedades sistemicas.

RECOMENDACIONES

- 1) El profesional de la salud no solo es responsable de devolver y mantener la salud oral de su paciente, también debe velar por la tranquilidad psíquica de él y su familia; en otras palabras no olvidar que cualquier alteración o trastorno orgánico puede tener repercusiones mentales y viceversa.

- 2) Al sospechar de intoxicación mercurial se debe de remitir al profesional encargado para que sea el quien apoyado con exámenes de laboratorio y realizando una buena anamnesis logre identificar el origen de ésta (alergia o intoxicación) y diferenciarlos de otras patologías.

- 3) Si se adaptara una “trama para desechos sólidos” (amalgama dental) en todas las clínicas odontológicas del país ya sean gubernamentales, privadas u ONGS se disminuiría considerablemente la cantidad de mercurio vertido a las cuencas hidrográficas, reduciendo así ampliamente el aporte odontológico de mercurio a los recursos naturales

BIBLIOGRAFIA

1. JONES, W. DEREK. The enigma of Amalgam in Dentistry. Journal, United State of America, vol 59, Num. 2 P.155-165. February, 1993. Specialty Feature.
2. RAYMAND, E. KIRK; OTHMER DONALD F. Enciclopedia de tecnología química. 1 edición 1962. Calzada obrero mundial, 640, México. D.F. unión tipográfica. Editorial hispanoamericana vol. 10, P.657-671. Mercurio.
3. SANTIAGO ESPAÑOL CANO. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivos en sanidad laboral y ambiental/ WWW. Gama-peru.org/jornada – Hg /español. Pdf.
4. DODES, E JOHN. Amalgama toxicity: A review of the literature. Operative Dentistry. United State of America, , Num. 13 , P. 32-36. April 1988.
5. CRAIG R.G; W.J. O´ BRIEN; J, M POWERS. Materiales Dentales 3 edición; cedro 512. México 4., D.F., México, Nueva editorial interamericana 1985, cap. 5, p.93- 112. Amalgama Dental.

6. ROSEHO MAYANS, E.; BOJ, QUESADA, J. R.; CAMALDA SHALI, C.
Amalgama Tóxica, Usuarios./ lycos. Es/ acuarianguru 8m/ amalgama toxica.html.
7. RESNICK, HALLIDAY, KRANE. Física. 4. ed. San Juan Tlihuaca, México, Editorial Continental 1997. cap 1 p.2-3. Mediciones .
8. LIPROT. G.F Química inorgánica moderna. 5 edición. Calle de tlapan. NUM 4620, México 22, Compañía editorial continental, Cap. 25 P 509-526. Grupo 2B Zinc, Cadmio y Mercurio.
9. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Dental Amalgam.
Ed. 1. P.179 1993. A Scientific and Recommended Public Health Service Satrateg for Research, Education and Regulation.
10. VEGA, G. SILVIA. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. Ed. 1 Centro panamericano de ecología y salud OMS. 1985. Cap. 6. P. 76-83. Toxicología de los metales pesados.
11. PATOLOGIA LABORAL RELACIONADA CON MERCURIO(Serial online)
Jul 2000 (citado agto. 2003) <http://www.Gerencia.desalud.htm>.

12. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. Criterios de salud ambiental 1. Mercurio. Washington, D.C., institute, 1978.
13. JONES, W. DEREK. Exposure or absorption and the crucial question of limits. Journal United State of America, vol 65, Num. 1 P.42-46. January, 1999.
14. RAYMAND, E. KIRK; OTHMER DONALD F. Enciclopedia de tecnología química. 1 edición 1962. Calzada obrero mundial, 640, México. D.F. unión tipográfica. Editorial hispanoamericana vol. 10, P. 584-617. Materiales para dentista.
15. RAYMAND, E. KIRK; OTHMER DONALD F. Enciclopedia de tecnología química. 1 edición 1962. Calzada obrero mundial, 640, México. D.F. unión tipográfica. Editorial hispanoamericana vol. 10, P.671-682. Mercurio, Compuestos.

16. RAYMAND, E. KIRK; OTHMER DONALD F. Enciclopedia de tecnología química. 1 edición 1962. Calzada obrero mundial, 640, México. D.F. unión tipográfica. Editorial hispanoamericana vol. 10, P.682- 685. Mercurio, Preparados.
17. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Las condiciones de salud en las Americas. Ed. 1 (D.C). Institute 1990.
18. “El mal del mercurio”. La prensa grafica. 1986. 21 de sept. P.18
19. ORDENEZO, I. ORDENEZO. Caracterización del agua del rio lempa. Reporte final. San Salvador. Administracion de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), (E.S). Departamento de control y calidad de agua; 1999 Abril.
20. “Sin recurso para detectar toxicos en agua potable”. El diario de Hoy. 2004 de enero p. 14 – 15.
21. “Mas agua que tierra”. La Prensa Grafica. 2003, 21 de septiembre . P. 1-5.
22. “A los secretos de la vida por los pelos” . La prensa Grafica. 2003. 27 de jul. Sec. Ciencia. P. 8-9.

23. TABERSHAW, R. IRVING; UTIDJIAN ; KAWAHARA, L. BARBARA. Riesgos químicos. In ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD . Enfermedades ocupacionales. Guía para su diagnóstico. Ed. 1. 525 twenty-Third street, N. W. OPS. Cap 9. P. 219-341.
24. MILLER, S. CRASIG; LANGLAIS, P. ROBERT. Color atlas of common oral diseases. Ed. 2. Rose tree corporate center, building II 1,400 North providence Road. Williams & Wilkins, 1992. Cap IV, P.74-75. Intraoral findings by color changes.
25. “¿Hay relación entre el mercurio de las vacunas y el autismo?”. La prensa Grafica. 2003, 7 de septiembre. P. 44.
26. SOCIEDAD DOMINICANA DE ENDODONCIA, Alerta sobre el uso de mercurio en dientes y vacunas. Salud dominicana. Com. julio de 2003.
- 27) VENES, DONALD. Taber’s Cyclopedyc Medical Dictionary. Ed. 19 F.A. Davis Company 1915 Arch St. Philadelphia , PA 19103 , 1997. p. 2654
- 28) BARKOW ROBERT, FLETNER J. ANDREW . El manual Merk de diagnóstico y terapéutica. Ed. 8. Traversa de gracia 17-21 08021 Barcelona. España. Editorial Ingrat. 1989. cap.128, p.1579. Parkinson.

- 29) BARKOW ROBERT, FLETONER J. ANDREW . El manual Merk de diagnostico y terapeutica. Ed. 8. Traversa de gracia 17-21 08021 Barcelona. España. Editorial Ingrat. 1989. Cap 127, P.1571. Esclerosis Múltiple.
- 30) BARKOW ROBERT, FLETONER J. ANDREW . El manual Merk de diagnostico y terapeutica. Ed. 8. Traversa de gracia 17-21 08021 Barcelona. España. Editorial Ingrat. 1989. Cap. 201, P.2335. Autismo.
- 31) SOCIEDAD DENTAL DE EL SALVADOR. Aclaración necesaria de Sociedad Dental De El Salvador al pueblo salvadoreño. Diario de hoy. 1988.
- 32) “En el embarazo el atún es muy perjudicial”. La prensa grafica. 2003. 23 de febrero. P 51.
- 33) PHILLIPS, R.W. La ciencia de los materiales dentales de skinner 8 edición, cedro 512. México. México 4, D.F., México, 1986. Cap. 22, P 350-374. Amalgama dental: Consideraciones tecnicas.
- 34) CRAIG G. ROBERT, Materiales de Odontología Restauradora, 10 edición, Juan Álvarez mendizabal. 3,2. 28008, Madrid. España 1998, cap. 9, P 209-243. Amalgama.

- 35) ANUSAVICE KENNETH J. Ciencia de los materiales dentales. Ed. 10. Cedro # 512 col Atlampa Mexico D.F. McGraw-hill interamericana S.A de C.V. 1998. Cap 16. P. 361-374. Corrosion.
- 36)----- . Ciencia de los materiales dentales. Ed. 10. Cedro # 512 col Atlampa México D.F. McGraw-hill interamericana S.A de C.V. 1998. Cap 17 P.375-401. Amalgamas dentales (estructura y propiedades).
- 37)----- . Ciencia de los materiales dentales. Ed. 10. Cedro # 512 col Atlampa México D.F. McGraw-hill interamericana S.A de C.V. 1998. Cap 18 P 403-427. Amalgamas dentales (consideraciones técnicas).
- 38) BAUM, PHILLIPS- LUND. Tratado de operatoria dental. Ed. 3. Cedro num. 512, col. Atlampa, 06450 Mexico, D.F, Editorial McGraw-Hill-Interamericana S.A de C.V. 1996. cap 11 P. 295-346.
- 39) BOURGAULT, C PRISCILLA, CIANCO, G. SEBASTIÁN. Farmacología clinica para odontólogos. Ed. 3. Sonora 206, col hipódromo México , Editorial el manual moderno, 1990. Cap. VI, P. 411-454. Cuadros de farmacos seleccionas que no requieren prescripción.

- 40) STANLEY F. MALAMED. Urgencias medicas en la consulta odontologicas. Ed. 4. Ciudad de Parla. (-Atenas, Nave 9 28-80. Parla (Madrid). Editorial Mosby-Doyma Libros. 1994. Cap. 24. P 347-375. Alergia
- 41) SOBRE LA AMALGAMA (Serial on Line) 1995 (citado jul. 2003):[http://www.negligencia.com/informacion de odontología. Htm](http://www.negligencia.com/informacion%20de%20odontolog%C3%ADa.%20Htm).
- 42) “Síndrome de muerte súbita. Prevenga”. La Prensa Grafica. 2003. 21 de septiembre. P. 28-29.
- 43) “Restos de Plaguicidas y otros químicos”. El mundo. 2004, 24 de enero de 2004. P. 14-15.
- 44) Defensa del uso de la Amalgama de plata (Serial on Line), 1997 citado jul. 2003: [dominicana.com/ Odontología/guiadetema.htm](http://dominicana.com/Odontolog%C3%ADa/guiadetema.htm).