



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
Carrera Cirujano Dentista



**“MITOS Y REALIDADES DE LA AMALGAMA DENTAL COMO FACTOR DE RIESGO
PARA LA SALUD EN MÉXICO”**

Modalidad: Tesis

Que para obtener el título de Cirujano Dentista

Responsable:

Karla Andrea Cruz Romero

DIRECTOR:

Mtro. Jorge Andrés Fernández Hernández

ASESOR:

Mtro. Pinner Pinelo Bolaños

Ciudad de México. 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	5
DISEÑO METODOLOGICO	6
DESARROLLO DEL TEMA	7
Definición y antecedentes de la amalgama dental	7
Historia de la Amalgama Dental	7
Periodos de confrontaciones de la amalgama dental	9
El mercurio y su toxicidad	14
El efecto del mercurio como componente de la amalgama dental	17
La situación actual sobre el uso del mercurio y la amalgama dental	19
Plan de trabajo propuesto por el grupo de Minamata	21
Situación socioeconómica de México y su relación con la amalgama dental	24
Situación educativa de México y su relación con la amalgama dental	25
El sistema de salud de México y el uso de la amalgama dental	26
Posturas globales sobre el uso de la amalgama dental	27
Características y composición de la amalgama	32
Propiedades de la amalgama dental	57
Clasificación de la amalgama	60
Preparación de la amalgama para su correcta colocación	64
Contextos sociales sobre el uso de la amalgama	67
Medidas de seguridad para disminuir el riesgo de intoxicación por mercurio	69
Condiciones de manejo de los residuos de amalgama y mercurio:	71
Manejo adecuado de los restos de amalgama.	77
Afecciones que pueden causar las amalgama	80
Pruebas de laboratorio para el diagnóstico de toxicidad por amalgama	90
Tratamiento	94
DISCUSIÓN	98
CONCLUSIONES	100
PROPUESTAS	102
REFERENCIAS	103

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de brindar al odontólogo de práctica general la capacidad de decidir si la amalgama dental es capaz de causar daños en la salud en los individuos que han sido tratados con esta obturación, y si es seguro su uso para el odontólogo y para el usuario de salud. Para lograrlo, se abordarán datos químicos, físicos y biológicos, la interacción interna y externa de este material con el órgano dentario. Considerando que el auge de este material de obturación en México está dado por su bajo costo, característica importante en el país, tomando en cuenta el nivel de pobreza evidenciado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Por otro lado la Organización Mundial de la Salud informa que el uso del mercurio con fines odontológicos tiene un gran impacto, no solo en la salud sino también en el ambiente ya que el mal uso que los odontólogos le dan a este material ha ocasionado que no solo cause repercusiones en los pacientes, sino también en el mismo personal por derrames accidentales. Cabe hacer notar que la OMS tiene un registro específico de los valores promedios aceptables de liberación en los cuales se encuentra indicado cuando existe o no riesgos para la salud ya sea para el usuario o para el profesional de salud bucal.

En una revisión sobre programas académicos de diferentes escuelas de odontología en el país, tanto públicas como privadas (catorce), se puede observar que el 29% de ellas, no cuentan con una asignatura de materiales dentales, por lo que se puede presumir que ese porcentaje de cirujanos dentistas, egresados de esas universidades, solo conocen las ventajas más importantes de la amalgama dental (su baja costo, su durabilidad, fácil manipulación entre otros) y sus desventajas más sobresalientes (Color plateado completamente anti estético, como conducción eléctrica y térmica).

Es decir, este porcentaje de profesionales de la salud bucal cuentan con conocimiento incompleto para el uso la amalgama dental y de la formación de compuestos o enlaces químicos, lo que puede generar errores durante la manipulación y colocación de la amalgama, sin mencionar los daños y beneficios inherentes a cada uno de los metales que forman dicha aleación (mercurio, plata, estaño, cobre y zinc).

De hecho, a nivel general, se sabe que los profesionales de la salud bucal conocen las ventajas más importantes. Sin embargo, muchos clínicos cuentan con conocimientos incompletos sobre este material; debido a que el sistema de enseñanza para el uso de la amalgama dental es fundamentalmente práctico, con bases más técnicas y que no se colocan con en bases más científicas,

Desde su aparición, la amalgama ha sido protagonista de muchas opiniones; algunos autores argumentan que la amalgama dental no es un factor de riesgo para la salud, ya que el mercurio localizado en estas restauraciones no es capaz de causar algún tipo de toxicidad. En contraparte existen aquellos autores que afirman que cualquier cantidad de mercurio por mínima que esta sea, es capaz de causar daño. Por estas discrepancias, el acuerdo de Minamata establece e indica que se elimine el uso del mercurio en todo el mundo (tomando en cuenta los fines industriales y médicos) y señala el año 2020 para que se elimine su uso en la mayoría de los países, y otorga un periodo de 10 años más en países de bajo nivel económico. Este país sufrió una de las peores catástrofes en salud pública relacionada con la contaminación por mercurio.

Para evitar el mal manejo del mercurio por el profesional de la salud bucal, se ha recomendado el uso de nuevas técnicas de colocación de amalgama con el uso del amalgamador y amalgamas predosificadas que ya no tiene que estar en contacto directo con el odontólogo. Estas técnicas y productos son analizados en este documento, así como también, algunas medidas de seguridad como son el uso de guantes, cubre bocas, caretas o lentes de protección y bata. De igual manera existen medidas de protección para el paciente como el aislamiento absoluto, pieza de mano con excelente irrigación y contar con buena aspiración.

Por lo tanto, el propósito de la siguiente investigación es brindar toda la información necesaria para el buen manejo de la amalgama dental teniendo como base las uniones químicas que tienen las aleaciones, la formación de la cristalización y la interacción que tiene con el organismo humano dejando de lado los tabús presentes.

JUSTIFICACIÓN

La amalgama dental es uno de los materiales dentales más utilizados a través de la historia, pero también es un material que ha levantado muchas contradicciones respecto a su uso. Existen autores que defienden que la amalgama no es un factor de riesgo para la salud y en contra parte, autores que argumentan que la amalgama es un peligro para quienes la manejan o la portan. Por tal motivo se pretende dar a conocer que dicho material no es capaz de causar toxicidad en el organismo si esta es manejada de la manera correcta. Este material puede ser una alternativa de restauración aún vigente en el contexto prevalente en el país, debido a la inestabilidad económica y las desigualdades a nivel educativo. La ignorancia sobre las características del material como son durabilidad, longevidad, bajo costo, etcétera, trae como consecuencia que no se valore la importancia que este tiene para la rehabilitación de las estructuras dentales. Sin embargo, diversos países en el mundo, entre ellos México, han optado por retirar la amalgama para el uso odontológico basados en la presencia de mercurio en la composición del material, el cual se ha descrito en la literatura como capaz de ejercer una alteración bioquímica y fisiológica en el organismo humano que se evidencia por signos y síntomas resultado de la interacción con ese tóxico, lo que puede evitarse teniendo un adecuado manejo de los componentes al momento de la colocación y los procesos para su disposición final. Teniendo como resultado un mejor criterio en el profesional a cerca de este material de restauración.

DISEÑO METODOLOGICO

Tipo de estudio:

Es una investigación documental de la cual se obtendrá una monografía (tesis)

Técnica y Método

El presente estudio se realizó con la búsqueda de artículos de publicaciones científicas fidedigna, artículos oficiales de emisión gubernamental o universitaria.

De los buscadores utilizados se encuentran:

- Scielo
- Redalyc
- Google Académico
- Dialnet
- Mouth Healthy
- Dialnet

Se consideró que no fueran artículos de opinión, tomando como primer punto información general e historia sobre la amalgama dental, después temas más específicos como métodos de fabricación, composición de la amalgama, daños y grados de toxicidad que puede causar, se buscó las características de cada elemento, el entorno social sobre la amalgama, (educación, economía, servicios de salud, de México y de algunos países), tratados internacionales, normatividad.

Palabras clave: amalgama dental, mercurio, toxicidad, salud, sociedad, educación

DESARROLLO DEL TEMA

Definición y antecedentes de la amalgama dental

La amalgama dental es una aleación de color gris metálico que se ha utilizado desde hace más de 150 años como material de obturación en tratamientos de lesiones cavitadas de caries dental y se caracteriza principalmente por su alta resistencia, dureza y asequibilidad. En la actualidad, este material se conforma por una combinación de metales: mercurio, zinc, estaño, cobre y plata, por lo que también es conocido como *empaste plateado*.

Por las propiedades de este material, se ha sugerido como una de las mejores opciones para el tratamiento de lesiones grandes o de zonas sometidas a grandes fuerzas de oclusión y debido a que cristaliza rápidamente, es de gran utilidad en zonas donde es difícil mantener campo seco y en niños o personas con capacidades especiales que no puedan permanecer inmóviles durante el tratamiento. Otro tipo de implicación de la amalgama dental, es el uso que se le da (al igual que a las prótesis dentales) en las ciencias forenses, donde las técnicas analíticas de sustancias inorgánicas, como las estructuras metálicas, componen instrumentos de extrema utilidad en los procesos de identificación (Fonseca GM, Cantín M, Pícola V., 2016)

Sus principales desventajas es que no cuenta con un aspecto estético y por otro lado, que para preparar al diente, el dentista puede tener que cortar más estructura dentaria de la que sería necesaria con otros materiales. Por otro lado, en el último siglo, este material se ha visto envuelto en controversia en lo que se refiere a su toxicidad por la presencia de mercurio en su composición, lo que ha despertado un gran interés por parte de la comunidad científica, que ha desarrollado innumerables estudios para refutar o confirmar su inocuidad.

Historia de la Amalgama Dental

Amalgama es el término con el que se le llama a las aleaciones en las que uno de los componentes es el mercurio (también llamado azogue), elemento que por su velocidad de desplazamiento fue comparado con el Dios de la mitología griega del mismo nombre y que según la leyenda era mensajero de los Dioses. (Macchi, 2007).

Según documentos antiguos, los primeros usos del mercurio para fines médicos o estéticos, se sitúan en China e India alrededor del año 2000 a.C. y se han encontrado tumbas egipcias que datan de 1500 a.C. en las que se ha encontrado este elemento en los restos que éstas contienen. La historia dice que en China, se utilizaban para crear un pigmento de color rojo llamado “cinnabar”, mientras que en Egipto lo utilizaban para aplicaciones y terapias médicas, aplicándolo en la piel en forma de ungüento para tratar infecciones tóxicas. De igual modo, otros hallazgos sugieren que en el mismo periodo de tiempo, los griegos lo utilizaban para fabricar pomadas y los romanos como cosmético. Más adelante en el tiempo, los autores expresan que el mercurio fue también descrito por Aristóteles en el siglo IV a.C. como *plata líquida* y cinco siglos más tarde, el médico griego Dioscórides lo utilizó como medicamento para los ojos, advirtiendo que era peligroso ingerirlo. (Bisoño Ortis Pablo Dental Tribune (DT), 2013). Fue necesario que transcurrieran veintidós siglos para que el químico francés Antoine Laurent Lavoiser, lo describiera por primera vez como elemento en las publicaciones sobre sus experimentos sobre el aire. Pero, volviendo a la era antigua y según lo establecido en la literatura científica, el inicio de la historia de la amalgama dental, se remonta al año 659 a. C., cuando se describieron las primeras mezclas y poco tiempo después, en el año 600 a. C. cuando se crean los primeros registros de restauraciones dentales de plata-mercurio.

Siglos más tarde, en *La Materia Médica* de Su Kun en la cultura china, perteneciente al periodo de la Dinastía Tang a finales del siglo XVII, también se describe el uso de este material de restauración, donde la pasta era una mezcla de un polvo de bismuto-estaño con mercurio. Así, a lo largo de la historia se han utilizado diferentes aleaciones que combinaban la plata y el mercurio con otros metales, algunas de ellas se colocaban en estado de fundición (aproximadamente a unos 100 °C) directamente sobre los dientes preparados, lo que generaba grandes problemas. Por esta razón y para poder reducir

esa temperatura, el método se vio modificado con el aumento progresivo en la cantidad de mercurio. (Llobel Lleo & Llena Puy) (Mutis M, Pinzón JC, Castro G., 2011)

La documentación científica señala que la amalgama dental comenzó a utilizarse de manera formal en el campo odontológico a mediados del siglo XIX, en el año 1826, lo que significa que es un material de restauración que cuenta con casi dos siglos de conocerse y utilizarse. (Programa Nacional de Riesgos Químicos. Mercurio: Cartilla de Información 2007, s.f.) También es importante destacar que al mismo tiempo que se oficializa su uso como material de restauración, toman lugar las primeras publicaciones que ponen en tela de juicio su inocuidad, postulando que las formulaciones no eran confiables y generando dudas al respecto de que las obturaciones dentales que tuviesen mercurio, pudiesen provocar intoxicación. Algunos, incluso recomendaban que en lugar de ellas, debían utilizarse obturaciones de oro, pues era la única única sustancia conocida confiable en cuanto a su permanencia. (Aguzzi, Virga, & Rico, 2010) Es así como surge un largo periodo de controversia alrededor de la amalgama dental. (Fonseca GM, Cantín M, Pícola V., 2016)

Periodos de confrontaciones de la amalgama dental

En 1833, Talbot y varios colegas describieron los posibles efectos adversos del mercurio usado en odontología y sus dudas sobre la eficacia de la amalgama como material de obturación dental. Es así como dieron inicio las diferentes confrontaciones sobre el uso de las amalgamas en donde se abrieron discusiones entre quienes defienden su uso y los que consideran que es un peligro para la salud de quienes las utilizan y sobre todo de quienes las manejan. Cabe resaltar que estas confrontaciones dieron pauta a la participación de diversas asociaciones que ayudaran a tomar las mejores decisiones con respecto al uso de este material. Todos los eventos resultantes de este movimiento que duró varios años, se divide en periodos.

Primer periodo

Pocos años después de las publicaciones de Talbot et al, en 1840 se funda la American Society of Dental Surgerons (ASDS), la cual, ante la supuesta evidencia de los efectos

adversos en la salud de los pacientes con obturaciones de amalgamas, prohíbe en 1845 el uso de este material a sus miembros, a tal grado que odontólogos que, después de la prohibición, continuaron utilizando la amalgama como material de restauración, perdieron su licencia. La prohibición duró poco tiempo, ya que bajo la presión de la industria el dictamen quedó anulado en el año 1860 y de pronto la amalgama dental fue considerada un material restaurador valioso, porque era barato y fácil de elaborar. No obstante aumentaron entonces los reportes sobre intoxicaciones de mercurio. Informes sobre este tema fueron desmentidos e ignorados. La nueva enfermedad se llamó “neurastenia” y se consideró causada de forma “psicosomática”. (Cirugía implantología y Estética Odontológica. (CIMESO))

Un avance sustancial tuvo lugar en 1860 cuando los científicos añaden estaño a la fórmula de la amalgama para mejorar las propiedades de reducción de expansión, que anteriormente generaba un porcentaje significativo de fractura en los órganos dentarios obturados. En el año de 1877, J. Foster Flagg líder en defensa de la amalgama, propuso luego de 5 años de observaciones clínicas, una nueva aleación con el 60% de plata y el 40% de estaño como sus mayores constituyentes y alterando la formulación inversa original. (Fonseca GM, Cantín M, Pícola V., 2016). Posteriormente, entre 1895 y 1916, periodo liderado por Black, se modifica la mezcla de los metales que contiene la amalgama con el propósito de mejorar los resultados en el control las propiedades de expansión y contracción y con una relativa resistencia a la corrosión. Esta formulación “científicamente balanceada, estable a temperatura ambiente y no decolorable” sería masivamente empleada por varias empresas dedicadas a la fabricación de productos dentales. S.S. White desarrollaría True Dentalloy, la primera aleación de manufacturación comercial donde el oro de la formulación original sería reemplazado por cobre. Es así como la amalgama dental desarrollada por Black se mantuvo prácticamente sin cambios durante 70 años. (Gómez TCA, 2010)

Segundo periodo.

En Europa, concretamente en Alemania, entre 1920 y 1926, se empiezan a consolidar grupos de científicos y odontólogos que sostienen tener evidencia de los efectos adversos para la salud de las personas que tienen obturaciones de amalgama. Este

movimiento fue liderado principalmente por Alfred Stock, reconocido profesor de química del Instituto Káiser-Wilhelm, quien sostenía después de varios experimentos que el mercurio utilizado en amalgamas no se integraba totalmente y que los vapores resultantes eran absorbidos dentro de la cavidad bucal y eran absorbidos por el cuerpo. Este hallazgo le permitió acuñar el término *micromercurialismo* (o intoxicación crónica por mercurio), resultante de la exposición en cantidades pequeñas pero continuas de mercurio, y lo asoció con signos y síntomas que incluían diarrea, fatiga, depresión, vértigo, amnesia, inflamación bucal, resfriados permanentes, cansancio, mareo, anorexia, entre otros, resaltando la necesidad de desincentivar la utilización de la amalgama en tratamientos odontológicos. (Cirugía implantología y Estética Odontologica. (CIMESO))

En este mismo periodo, destacan las aportaciones de uno de los más destacados defensores de la amalgama dental: Frykholm del Instituto Karolinska de Suecia, quien afirmó que la liberación de mercurio es limitada por la acción de la saliva sobre la superficie de la amalgama. (Mutis M, Pinzón JC, Castro G., 2011) Por su parte, en 1959 el doctor Wilmer Eames, promovió que la cantidad de mercurio en la aleación fuera menor, reduciendo de una proporción de 8:1 a 5:1. Posteriormente en 1963, la fórmula volvió a cambiar, introduciendo una amalgama con alto contenido de cobre, lo cual mejoró su resistencia haciéndola menos susceptible a la corrosión.

Tercer periodo

En 1973, el odontólogo estadounidense Hal Huggins y la brasileña Olympia Pinto publican estudios que exponen el envenenamiento crónico por amalgama, tanto en pacientes, como en el personal de salud bucal que se encuentra en continuo contacto con este material dental. Posteriormente, en 1979 y 1981, Gay, de la Universidad de Iowa, y Svare, de la Universidad de Ohio, sostienen en sus estudios que la liberación de mercurio en la boca se potencia con acciones como la masticación, el cepillado y el consumo de bebidas calientes. En el campo de los estudios forenses, en 1987, Nylander, Friberg y Lind, en Suecia, y Eggleston, en el estado de California, en Estados Unidos, publicaron una serie de estudios en autopsias de personas quienes fallecieron por manera súbita y que presentaban cantidades considerables de mercurio en algunas

zonas del cerebro, observación que los orilla a asociar el número de obturaciones en la boca de los individuos estudiados con este tipo de daños. En 1989, nuevamente Nylander y Friberg publican otro estudio con base en autopsias a odontólogos en el que muestran concentraciones más altas de mercurio en las glándulas cerebrales que un grupo control de no odontólogos. Más adelante, siguieron apareciendo nuevos reportes, estudios y simposios sobre los beneficios o el peligro de usar amalgamas.

Con la evidencia que se contaba hasta el momento, países como la ex-Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) prohibió el uso de la amalgama desde 1975, Japón cambió la práctica a uso de rellenos dentales de polímeros plásticos desde 1982 y Suecia abandonó el uso de la misma en 1996. Aun así, la mayoría de las asociaciones científicas odontológicas siguieron apoyando al material por su uso y fiabilidad. (Mutis M, Pinzón JC, Castro G., 2011)

Cuarto periodo.

En este periodo que comienza a partir de enero del 2008, toman lugar decisiones trascendentales en lo referente al uso de la amalgama dental. El ministerio del ambiente en Noruega, encabezado en ese momento por Erik Solheim, prohíbe totalmente el uso de amalgamas dentales, después de haber existido un uso restringido en infantes y mujeres embarazadas. En Dinamarca, en abril del 2008, se confirma la prohibición del uso de la amalgama, por medio del ministro de salud, Jakob Axel Nielsen, quien aduce razones de salud y la viabilidad de materiales de obturación dental alternos. En Suecia en el año 2000 se generaron acciones para prohibir el uso de la amalgama en infantes, mujeres embarazadas o personas con enfermedades renales. A estas restricciones, se unen Canadá, Japón y Alemania que prohíben el uso de amalgamas en mujeres embarazadas, población infantil y personas con problemas neurológicos. (Mutis M, Pinzón JC, Castro G., 2011)

En este periodo, la evidencia científica señala como principales afectados por la toxicidad a los profesionales que están expuestos al vapor de mercurio y se relacionan la intensidad y la duración de la exposición y los efectos observados. Por otro lado, concluyen que existe un efecto neuro-comportamental acumulativo, consistente con

estudios de absorción y excreción de mercurio que indican que el proceso de excreción y eliminación del mercurio absorbido y almacenado es muy lento. (Morales PIM, 2012) Por todo lo mencionado anteriormente, se acepta que la amalgama dental no es el material restaurador perfecto en odontología, sin embargo, aún no existe un material restaurador que le reemplace completamente cuando nos referimos a todos sus beneficios. (Gómez TCA, 2010)

Cabe destacar que, en casi dos siglos de uso de la amalgama dental, se han publicado mínimos casos de reacciones alérgicas a este material, incluso en el año 2002, la sección de Productos Dentales de la *Food and Drug Administration* (FDA), afirmó que no había razón alguna para desestimar las restauraciones de amalgama. Por su parte, el Servicio Público de Estados Unidos, concluyó, que no existía ningún motivo razonable para pensar que el evitar o eliminar las amalgamas iba a suponer un efecto beneficioso para la salud, lo que es más, señaló que es desaconsejable sustituir las amalgamas innecesariamente, pues ello puede causar daños estructurales en órganos dentarios sanos.

Finalmente, el 28 Julio de 2009, la FDA presentó su decisión final sobre la amalgama dental, clasificando a esta y a sus componentes como producto médico Clase II, la misma clase que los composites y las aleaciones de oro, además, reafirmó su postura en considerar este material como seguro y efectivo para las restauraciones en los pacientes. (Llobel Lleo & Llena Puy)

A pesar de lo mencionado en el párrafo anterior, en el medio odontológico existe la percepción de que la amalgama dental se está dejando de utilizar cada vez más, probablemente por la falta de demanda, el masivo ingreso de materiales estéticos o debido a controles más rigurosos de los materiales que utilizan mercurio. Sin embargo, también es aceptado que hasta el momento, no existe un material que conjugue todas las ventajas que reúne la amalgama dental para ser utilizado en restauraciones, por lo que su extinción podría considerarse difícil. (Fischer I, 2015)

El mercurio y su toxicidad

El mercurio (Hg) es uno de los elementos que componen a la amalgama dental, pero también, es el elemento con riesgo de toxicidad en ella. Como mencionamos anteriormente, su incursión en el contexto sanitario data de muchos años atrás y a principios del siglo XX, ya se utilizaba formalmente como agente antimicrobiano y fungicida. (Elena, 2014) Los principales usos de los compuestos orgánicos de mercurio dependen de su actividad biológica y, en la práctica médica, sus compuestos se utilizan como antisépticos, germicidas, diuréticos y anticonceptivos.

En la actualidad, se sabe bien que el Hg es un potente neurotóxico (como elemento las dosis tóxicas oscilan entre 50 y 160 $\mu\text{g}/\text{día}$) y que además posee las características de bioacumulación (captación de un químico por un organismo desde el medio concentrándolo en el organismo) y biomagnificación (acumulación de los contaminantes en el organismo a partir del agua y por la ingestión de alimento llevándose a cabo un aumento de las concentraciones) y que causa problemas globales y a distancia. (Mager Stellman & McCann, s.f.) Cabe mencionar que la presencia de este elemento en el agua, aire y alimentos, hace imposible que los seres humanos nos encontremos completamente libres de él, por lo que la OMS ha establecido que niveles de 0-5 mg Hg/ml en sangre y de 0- 0.02 mg Hg/L en orina pueden ser considerados válidos, mientras que establece como valores máximos compatibles con la salud 10 mg Hg/ml y 0.15 mg Hg/L, respectivamente.

Los altos niveles de Hg en el cuerpo pueden tornarse neurotóxicos o nefrotóxicos, dependiendo de la forma química y de la dosis. Cabe señalar que entre las rutas de absorción más importantes, están la piel, los pulmones y la boca y una vez absorbido el elemento, éste llega al flujo sanguíneo, donde debido a su alta propiedad lipofílica, atraviesa la membrana celular de los eritrocitos donde es oxidado y posteriormente, atraviesa la barrera hematoencefálica llegando al cerebro, donde puede causar un daño serio en el sistema nervioso central (SNC), que se traduce en dificultades de coordinación y en el deterioro progresivo de los sentidos visual y táctil.

Debido al potencial daño que el Hg puede provocar en encéfalo, la OMS ha determinado que los riesgos de la intoxicación por mercurio son mayores en niños, dada la sensibilidad del sistema nervioso en desarrollo. Por lo que los fetos, los recién nacidos y los niños son especialmente vulnerables a la exposición de mercurio. (Organización Mundial de la Salud , 2014) En estos casos, los daños pueden producir retrasos en el desarrollo de quienes alcancen niveles materiales de mercurio capilar de 10 a 20 $\mu\text{g/g}$.

En el caso de los fetos, la exposición a los contaminantes ambientales se lleva a cabo a través de transporte transplacentario, ya que la placenta humana no representa un obstáculo real para el transporte de mercurio elemental (Hg^0) y metilmercurio (MeHg). En el caso de los niños, cuando estos se exponen a altos niveles de vapor de mercurio contraen una afección reversible conocida como acrodinia. (PRELUM. (COFEPRIS)) Por esta razón, para el área de odontopediatría es de sumo interés los efectos que este elemento pudiera causar debido a que los pacientes infantiles estarían más tiempo expuestos a él si es utilizado en edades tempranas. (Soto, 2014)

Otro grupo vulnerable a la intoxicación lo conforma el personal de salud quienes están expuestos a vapores de Hg de manera crónica, por no tomar las precauciones durante la manipulación del metal en el proceso previo a la preparación de la amalgama. En la literatura se ha reportado que existen niveles elevados de vapor de mercurio ($>50 \mu\text{g/m}^3$) en el ambiente de clínicas universitarias, cuyo valor supera los máximos permitidos de $25 \mu\text{g/m}^3$ y de mercurio en orina (promedio $32 \mu\text{g/L}$) en el personal que labora en dichas clínicas. (Mendez Visag, Christian, 2014). Los estudios sobre las concentraciones de mercurio en hospitales y los daños que estos podrían causar, no solo en el ambiente sino también en las personas que estén en contacto con este metal, han generado la creación de normas que tienen como objetivo final establecer acciones para la eliminación del Hg en el campo médico, tomando en cuenta el nivel sociocultural y económico con el que nuestro país cuenta. Sobre todo si consideramos que en 2005, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estimó que se consumen 362 toneladas anuales de mercurio para uso dental en todo el mundo. (Sanin NH, 2006)

Debido a que el Hg es considerado un metal tóxico y perjudicial para la salud de quienes están en contacto directo con él, las intoxicaciones por el mercurio y sus derivados, han

despertado gran interés en el campo de la toxicología laboral (Ferrer Dufol, Intoxicación por metales., 2003). En este contexto, se ha dividido su efecto en tres sentidos: como irritante, alérgeno y como elemento tóxico. En caso de que se comportase como irritante, su toxicidad es moderada y puede involucrar cambios irreversibles y reversibles que no son lo suficientemente severos de producir muerte o daño permanente. Pero como alérgeno, éste puede causar la muerte o un daño permanente después de una muy breve exposición a pequeñas cantidades de este metal. La absorción depende del tamaño de la partícula, la solubilidad y de la tasa de descomposición del mercurio en los fluidos corporales. Después de absorbido, el metal puede encontrarse en el plasma como mercurio elemental o como una sal, el mercurio mercúrico. (Milián E, 2005) Teniéndolo como material tóxico se explica que la intoxicación por mercurio (Hg) es la alteración bioquímica y fisiológica del organismo humano, que se evidencia por signos y síntomas como resultado de la interacción de este tóxico, bajo cualquiera de sus compuestos, según dosis y rutas de exposición. Es un importante problema de salud ambiental y si bien los efectos deletéreos en la salud estaban descritos hace siglos por Hipócrates y Galeno, las masivas intoxicaciones con metilmercurio en Japón y en Irak, han sido la alerta de los tiempos modernos. (Valderas JJ, 2013) La intoxicación que producen estos efectos del mercurio es diferente en calidad y cantidad, teniendo que la primera es en función de su localización en el organismo, la segunda depende del individuo y de su metabolismo, es decir, su velocidad de eliminación.

La exposición a los vapores de mercurio (Hg) procedentes de las amalgamas dentales, ha sido reconocida como un riesgo potencial para la salud del personal de odontología desde hace años, sobre todo entre aquellas personas que empleaban métodos manuales para la preparación de las amalgamas, al ser esto usual en países en vías de desarrollo. El riesgo de intoxicación por mercurio es mayor para el personal estomatológico expuesto ocupacionalmente que para los pacientes que porten amalgamas. (Morales PIM, 2012)

Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport, así como Mercury, Time to Act 2013, fueron creados por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP-United Nations Environment Programme), para destacar la situación global del mercurio y los riesgos para la salud en el futuro, para de esta manera actuar para cumplir

con el objetivo de la comunidad internacional de reducir su consumo a medida que estén disponibles alternativas viables, reduciendo así su demanda. Este informe de evaluación (Global Mercury Assessment) establece que el mercurio es una amenaza mundial para la salud humana y la salud ambiental. (Bisoño Ortis Pablo Dental Tribune (DT), 2013) Sin embargo, lo señalado en el informe del Comité Científico sobre Ambiente, llega a la conclusión de que la amalgama dental tiene poca importancia en la contaminación medio ambiental por mercurio, siendo otros los orígenes más importantes. (Villa Vigil, Manuel Alfonso;, 2005).

El efecto del mercurio como componente de la amalgama dental

El Hg en la amalgama dental es el elemento que hace posible la reacción química de la cristalización del material restaurador cuando ha sido colocado en el órgano dentario preparado. Una vez cristalizado, este elemento formará parte de la aleación durante todo el tiempo que dure la amalgama, así, una obturación oclusal típica en un molar humano contendrá entre 750-1000 mg de Hg. Con lo descrito en los párrafos anteriores, esto podría parecer muy peligroso, sin embargo, no es así, debido a que el Hg presente en este tipo de restauraciones dentales se encuentra en su forma metálica y es en esta forma cuando su toxicidad es prácticamente nula. No obstante, hay estudios que sugieren que existen fracciones del mercurio en la amalgama que se desprenden y que pueden ser absorbidas por el organismo. Gardner, por ejemplo, estimó que una sola obturación de amalgama con un área de aproximadamente 0.4cm puede liberar 15µg de Hg por día. Este hecho es uno de los argumentos expuestos por los detractores de la amalgama dental para eliminar su uso, ya que, **“aunque el Hg que forma parte de la amalgama no representa un riesgo para los portadores, los vapores de Hg que pueden desprenderse de ellas sí podrían serlo.”** (Artículos Dr Jorge Rengifo Bernardi, 2017) De ahí la importancia de la dosificación exacta.

En caso de que alguna porción de mercurio se desprendiera de la amalgama dental, esta se evaporaría al alcanzar los 25°C, temperatura que no es difícil de alcanzar tomando en cuenta que bebidas de uso común como el café, té o chocolate pueden alcanzar los 40-60°C. Por otro lado, poco después de la colocación de una amalgama, una minúscula

cantidad de Hg se evapora cuando este interviene en la masticación. Los estudios revelan que bajo estas circunstancias, el organismo podría absorber de 3 a 17 μg proveniente de la amalgama por día, situación que podría exponenciarse dependiendo del número total de las restauraciones dentales con ese material. Cabe mencionar que la eliminación de amalgamas ya colocadas, también puede ocasionar una elevación temporal en la concentración de mercurio en sangre, ya que dicho procedimiento aumenta la cantidad de mercurio inhalado. (Mendez Visag, Christian, 2014)

Bajo esta perspectiva, según los estudios y tomando en cuenta los efectos alérgicos del Hg, la amalgama dental es uno de los materiales de uso odontológico frente al que se pueden producir, en primer lugar, reacciones de hipersensibilidad, la más frecuente es la aparición de una reacción liquenoide que afecta a la mucosa bucal en contacto directo con la restauración de amalgama y que está producida por una reacción de hipersensibilidad retardada tipo IV, como respuesta inmunológica mediada por células frente al mercurio o posiblemente, a algún otro componente de la amalgama dental. (Segura EJJ, 2004) En segundo lugar, se ha asociado a la amalgama dental en padecimientos como ansiedad, desordenes psicosomáticos, depresión, pánico y como agente etiológico de enfermedades como el Alzheimer, esclerosis múltiple, esclerosis lateral amiotrófica, cáncer y enfermedades del corazón, puesto que en algunos de estos padecimientos se han encontrado elevadas concentraciones de mercurio.

A pesar de todos los estudios sobre la liberación del mercurio de las amalgamas dentales y su posible efecto deletéreo, no hay reportes de investigaciones que confirmen que esto realmente tenga ese efecto, por lo menos en esas magnitudes, debido a que las investigaciones epidemiológicas realizadas, no han aportado ninguna evidencia que ratifique el papel de la amalgama en estos trastornos. Además, si el vapor de mercurio fuera un peligro para la salud de los pacientes en la magnitud sugerida, los daños en salud para los dentistas serían mucho más extensos.

En relación a las líneas anteriores es posible establecer que hasta el momento no existen pruebas epidemiológicas, toxicológicas o inmunológicas que asocien directamente a la amalgama dental con efectos negativos que pongan en riesgo la integridad o supervivencia del individuo. Por tal motivo, en el año 2003 La Asociación Dental

Americana (ADA por sus siglas en inglés) declaró: “La ADA continua creyendo que la amalgama es una elección válida y viable para los pacientes dentales y continúa teniendo valor en el mantenimiento de la salud oral”, dicha declaración permanece sin cambios hasta el día de hoy. De igual modo, en el año 2007, la World Dental Federation (FDI por sus siglas en español) ratifica la conclusión de la Declaración de consenso de la OMS sobre la amalgama dental, aprobada por la Asamblea General de la FDI en 1997: *“El peso de la evidencia actual sugiere que los materiales de restauración dental, incluidas las amalgamas dentales, son seguros y efectivos”*.

A pesar de las declaraciones de estos órganos internacionales, actualmente sigue la tendencia a nivel mundial de descartar el uso del mercurio en las actividades humanas, por lo que la utilización de materiales alternativos para reemplazar el mercurio en las amalgamas dentales está creciendo y, en algunas zonas, ha sido sustituido casi por completo en todos los usos restaurativos dentales. (Erdar Ph DS, 2012)

La situación actual sobre el uso del mercurio y la amalgama dental

Como ya mencionamos anteriormente, a lo largo de la historia se han conocido varios casos en donde el uso del mercurio, ya sea con fines industriales o médicos, han generado grandes controversias por saber si es o no un factor predisponente para generar daños en la salud de quienes lo trabajan. Los últimos movimientos al respecto han dado lugar a mesas de análisis internacional que han derivado en el acuerdo sobre el manejo del mercurio: El Convenio de Minamata 2013, que regula la extracción, el uso y el comercio del mercurio. (Mendelli J, 2015) El origen de este acuerdo, está basado, naturalmente, en los efectos contaminantes del mercurio, ya que su uso industrial ha ocasionado tragedias como la ocurrida en la Bahía de Minamata, Japón en 1953, en la cual los pescadores y las familias que vivían a orillas de la bahía sufrieron los estragos de una enfermedad neurológica, conocida luego como mercurialismo que se describe como la intoxicación aguda o crónica por mercurio. (Morales PIM, 2012)

El Convenio de Minamata sobre el Mercurio es un tratado mundial y un instrumento jurídicamente vinculante, que se abrió a la firma en la Conferencia de Plenipotenciarios

(entre ellos el mexicano) celebrada el 10 de octubre de 2013 en Kumamoto, Japón y que entrará en vigor tras la 50ª ratificación. Es importante destacar que el eje principal del Convenio de Minamata se cifra en “proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio”. En el Convenio se prevén una serie de medidas para cumplir dicho objetivo, que incluyen la prohibición para abrir nuevas minas de mercurio, el progresivo cierre de las existentes, medidas de control sobre las emisiones atmosféricas y la ordenación internacional del sector informal de la extracción de oro artesanal y a pequeña escala, el control de las emisiones y liberaciones de mercurio de origen industrial al ambiente, así como la eliminación o reducción progresiva de ciertos productos o componentes de productos que contienen mercurio o un compuesto mercurial añadido deliberadamente.

El Convenio cuenta con un apartado dedicado a las cuestiones sanitarias donde está contemplada la amalgama dental. Referente a esta las mesas de análisis resultantes han concluido que el mercurio es un potencial generador de enfermedad en los trabajadores de la salud que integran el equipo odontológico y que es necesario mejorar el proceso de cuantificación, caracterización y disminución de la población expuesta. Asimismo, insta a los diferentes participantes del convenio a erradicar su uso teniendo en cuenta las circunstancias nacionales y las orientaciones internacionales pertinentes, hasta llegar a su completa eliminación en 2020, salvo casos de exención (como México) admitidos en determinadas circunstancias y cuya fecha se extiende hasta 2030. (Organización Mundial de la Salud) Por otra parte, determinaron que es preciso disminuir la carga de contaminantes cedida al ambiente desde las prácticas odontológicas y que para cumplir estos objetivos es conveniente encarar acciones que promuevan la prevención y la adopción de mejores prácticas de gestión y la investigación de nuevos materiales dentales que contribuyan al progresivo reemplazo del mercurio en las amalgamas dentales por alternativas más seguras y saludables, proceso ya iniciado en algunas instituciones de salud en el mundo. (jefatura de gabinete de ministros, ciudad de Buenos Aires Argentina, 2010)

Plan de trabajo propuesto por el grupo de Minamata

Los grupos de trabajo que participaron para la elaboración del Convenio de Minamata también establecieron objetivos y propusieron estrategias de acción para lograr alcanzarlos. Estas estrategias se centran en establecer las medidas necesarias para proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio, destacando el control, suministro, comercio, almacenamiento provisional ambientalmente racional, manejo de desechos y sitios contaminados; de manera flexible y teniendo en cuenta los planes de desarrollo del país y la viabilidad técnica y económica. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2017) Con el fin de no ahondar demasiado en temas que no son pertinentes para esta investigación, hemos seleccionado los puntos del convenio que sí competen directamente a la comunidad odontológica al respecto de la amalgama dental.

Disminución progresiva del uso de las amalgamas dentales

En su artículo tercero, el Convenio de Minamata hace un llamado a la disminución gradual del uso de las amalgamas dentales y contiene una serie de disposiciones relativas al seguimiento de los avances que se realicen en este campo. Para llegar a la desaparición de las amalgamas dentales habrá que reducir el uso de las mismas y, además, adoptar medidas orientadas a mejorar la concienciación pública sobre la importancia de la salud bucodental y su relación con la salud general a través de la educación para la salud. Además, es necesario fomentar la cooperación entre los integrantes de las profesiones sanitarias, los gobiernos, los medios de comunicación y las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, para promover la comprensión generalizada de que buena parte de las patologías bucodentales y sus consecuencias pueden prevenirse mediante intervenciones sencillas. (Federación Internacional Dental (FDI), 2014)

Por otro lado, exhortan a enfatizar aún más la importancia de los tres principios básicos de la salud pública: la evaluación de las necesidades, la prevención de las enfermedades y la promoción de la salud con la finalidad de reducir la severidad de las lesiones en las diferentes comunidades del mundo para que no sean tan necesarias las amalgamas dentales.

En lo que se refiere a las acciones políticas, insta a respaldar todas aquellas políticas y planes sanitarios nacionales que incluyan la promoción de la salud bucodental y medidas preventivas a distintos niveles: para la población en general y para cada comunidad así como a nivel individual y profesional. (Federacion Internacional Dental (FDI), 2014)

A los efectos del artículo 4 del convenio, se distinguen dos categorías principales de productos con mercurio añadido:

- Productos para los cuales se establece una fecha a partir de la cual no se permitirá la fabricación, importación y exportación (descritos en el la parte I del anexo A del Convenio), sujetos a exclusiones específicas.
- Productos sobre los que se requiere la adopción de ciertas medidas para su utilización. ((PNUMA), 2014). Con esto, se busca garantizar la protección de la salud y el ambiente a través de prácticas de manipulación seguras, una gestión de residuos eficaz y la adecuada eliminación de los materiales de restauración dental (gestión ecológica del ciclo de vida de los materiales)

Riesgos laborales para los profesionales de la salud bucodental

Por supuesto, el convenio aborda a los profesionales sanitarios que utilizan la amalgama dental y señalan que si las condiciones de trabajo no han sido organizadas debidamente, puede existir la posibilidad de riesgo para la salud del personal dental por exposición al mercurio. Ello porque el mercurio que se utiliza en odontología puede contaminar el ambiente por vía de la eliminación de residuos de las clínicas dentales.

Por su parte, la Declaración de Principios de la FDI ha pronunciado recomendaciones para la higiene de mercurio, aprobadas por la Asamblea General de la FDI en 2007, donde se han publicado orientaciones sobre la manipulación y eliminación de las amalgamas dentales. Se espera que la aplicación de estas normas y los procedimientos de higiene adecuados con respecto al Hg y el control de los vapores de éste en el ambiente laboral de las clínicas dentales, reduzcan considerablemente la exposición al elemento. (Federacion Internacional Dental (FDI), 2014) Además, se ha reportado que

en la actualidad, se dispone ahora de equipos que puede recoger los residuos metálicos generados durante la colocación y la remoción de la amalgama dental.

Preocupación ambiental

La Declaración de Principios de la FDI Gestión de los residuos de amalgama, reconfirmada por la Asamblea General de la FDI en 2009, contiene recomendaciones sobre la eliminación de las amalgamas dentales, que incluyen el establecimiento de tecnologías de recogida y reciclaje apropiadas para reducir la contaminación del ambiente por mercurio, así como asegurarse de que los profesionales de la odontología tengan acceso a todas las técnicas, procedimientos y materiales de restauración dental disponibles en la actualidad.

En México, El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) ya ha trabajado la Manifestación del Impacto Ambiental (MIA), cuyo principal objetivo es facilitar e implementar los acuerdos del Convenio de Minamata, proporcionando conocimiento científico y técnico a los actores claves en México. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2017)

Apoyos institucionales

Dentro del convenio de Minamata diversas organizaciones han manifestado su apoyo para alcanzar los objetivos propuestos, entre ellas destaca la FDI en lo referente al área odontológica, que entre otras cosas:

- Respalda la creación de grupos de investigación colaborativos tanto en un mismo país como entre países distintos en todas las disciplinas científicas relacionadas con la odontología
- Fomenta la financiación de la investigación odontológica tanto académica y de la industria, para promover el desarrollo y la estandarización de instrumentos, equipos, materiales y agentes terapéuticos de alta calidad
- Alienta el uso de materiales de relleno exentos de mercurio en los casos en que ello sea posible;

- Exhorta a las autoridades sanitarias y a las asociaciones odontológicas en Estados Unidos y otros países, a que apoyen o pongan en marcha procedimientos, programas de investigación y desarrollo de una agenda de investigación sobre materiales dentales a nivel mundial, junto con enfoques preventivos de mayor alcance
- Anima a los profesionales en ejercicio a estar siempre al día de los últimos avances científicos. (Federación Internacional Dental (FDI), 2014)

Situación socioeconómica de México y su relación con la amalgama dental

Como ya hemos mencionado anteriormente, hablar de amalgama dental no es solo hablar de una obturación definitiva utilizada durante décadas, sino también de una opción favorable, tomando en cuenta su bajo costo, efectividad a largo plazo y fácil manipulación, ya que no es necesario un equipo sumamente sofisticado para su colocación. Materiales con estas características son una opción favorable en países como México donde el nivel socioeconómico de pobreza es sumamente alto y el nivel educativo es bajo, lo que restringe a una buena parte de la población al uso de materiales de mayor costo. Esto no significa que no se puedan colocar otro tipo de materiales restaurativos, sino al contrario, la amalgama debe verse como una opción más para la adecuada atención a la población.

El acuerdo de Minamata, sugiere que los cambios en lo que se refiere al uso de las amalgamas dentales con mercurio, debe ser acorde a la situación de los diferentes países firmantes. Es importante hacer hincapié en que la situación económica y educativa se vuelve trascendentales en estos temas por el hecho de que durante décadas estas se han relacionado de manera directa y proporcional con el estado de salud bucal. Así, las poblaciones más pobres y con niveles educativos más bajos, son aquellas con los índices de enfermedad más altos. En el caso de México, la caries dental es la alteración bucal más predominante en la población, incluso se reportan poblaciones que presentan valores de prevalencia del 40% de caries dental en grupos infantiles de menos de 4 años de edad y los valores son mayores conforme transcurren los años. (Guerrero Reynosa, Godinez Morales, & Melchor Soto, 2009). Por otro lado, la

distribución de la riqueza en el país marca importantes desigualdades económicas a lo largo del territorio nacional. Por ejemplo, se tiene una economía moderna altamente productiva al norte y centro de México, mientras que en el sur existe una economía tradicional de menor productividad. Cabe mencionar que a pesar del desarrollo macroeconómico que se ha reportado, este no representa un incremento estadísticamente significativo en los niveles de salud. (Estudios economicos de la organizacion para la cooperacion y el desarrollo economico (OCDE), 2017)

Situación educativa de México y su relación con la amalgama dental

Se sabe que aproximadamente el 30% de toda la población mexicana se encuentra en edad escolar (entre 3 y 17 años), edad fundamental para adquirir los conocimientos básicos para la vida, como son la educación preescolar, primaria, secundaria y preparatoria, cabe señalar que teóricamente todos los mexicanos pueden ser beneficiados por esta educación debido a que son niveles obligatorios y subvencionados por el estado. Sin embargo, se tienen algunos desafíos que el estado no ha podido eliminar, por ejemplo, en todo el país se tiene una falta de acceso a la educación por diversas discrepancias, una de ellas es la dispersión poblacional, ya que se reportan cifras donde el 23% de los habitantes, vive en alguna de las 188 594 localidades rurales existentes en el país, sitios con falta de carreteras, luz, agua, drenaje y, en general, con condiciones desfavorables para brindar una educación de calidad. Por otro lado se tiene una diversidad lingüística del 6.2% con el número de personas que hablan más de 60 lenguas indígenas, lo que podría traducirse en una barrera más que obstaculiza el aprendizaje, cuando el mismo organismo de educación pública, no les considera adecuadamente.

Los reportes oficiales muestran que 21.2 millones de mexicanos viven en situación de pobreza alimentaria (27 puntos porcentuales menos que los no pobres) por lo que es fácil entender porque en el 2010 sólo asistía a la escuela un 71% de la población entre 3 y 5 años para después disminuir a un 67% en quienes tenían 15 y 17 años de edad. A lo anterior, se suma la dificultad de quienes trabajan en jornadas de medio tiempo o

mayores (61 puntos menos que los que no trabajan o laboran jornadas más breves). (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), 2012)

Al analizar la información anterior, podemos inferir que, no solo una buena parte de la población se encuentra en pobreza, sino que además, difícilmente cambiará la situación en el corto plazo debido a la falta de oportunidades que se presenta en los niveles educativos. Por otro lado, los niveles educativos no cuentan con contenidos adecuados para dar la justa importancia a la prevención en lo referente a la salud sistémica y mucho menos en lo que concierne a la prevención de enfermedades bucales. Y por si no fuese suficiente, los contenidos que si forman parte de los programas educativos, dejan de tener relevancia cuando los individuos tienen que atender necesidades básicas como alimentación, vestido y seguridad. Bajo esta perspectiva, se torna evidente la necesidad de materiales como la amalgama dental, que pueden estar más al alcance de la población de nuestro país.

El sistema de salud de México y el uso de la amalgama dental

En 1974, el entonces ministro de salud de Canadá, Marc Lalonde publicó su famoso informe sobre los determinantes de salud, donde hace énfasis en la relevancia que tienen los sistemas de salud en el desarrollo de las comunidades. Gran parte de los países que están comprometidos con su población tienen como propósito, el establecimiento de servicios de salud cuyo objetivo medular es mejorar la salud de la población, ofreciendo un trato adecuado a todos los usuarios y garantizando la seguridad financiera en esta materia. Gracias a las políticas internacionales acordadas por los países miembros de la OMS (entre ellos México), se han obtenido logros alentadores en muy diversos objetivos y metas relacionados con la salud, estos han demostrado, sin lugar a dudas, que las acciones mundiales focalizadas pueden ser muy eficaces. Estas iniciativas están estrechamente ligadas y dirigidas a alcanzar la cobertura universal de la atención de salud, aspiración respaldada por una resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas que se adoptó en diciembre de 2012 y que insta a los gobiernos a actuar para

lograr que toda la población tenga acceso a unos servicios de atención de salud asequibles y de buena calidad. (Organización Mundial de la Salud , 2014) Países como Francia y Australia cuentan con sistemas de salud con cobertura universal y de financiación tripartita (gobierno, industria y usuarios) que permite al asegurado acceder a servicios de calidad enfocados a la prevención de enfermedades y procedimientos curativos a bajo costo, lo que les hace ocupar un lugar dentro de los mejores sistemas de salud del mundo.

En contraste, el sistema de salud de México está compuesto por diferentes sectores que prestan sus servicios según la industria, oficina o empresa donde el trabajador se encuentra contratado. Además, no cuenta con cobertura para toda la población del país, por lo que desempleados, no trabajadores, trabajadores independientes y algunos estudiantes no pueden acceder a estos servicios, teniendo como única opción el sector privado. Aunque esta situación parezca exclusiva (dado el proceso de selección para acceder a estos sectores) la mayoría de los servicios públicos es sobrepasada por la población que tiene acceso a ellos y no existen recursos suficientes ni materiales, ni humanos, ni tecnológicos para garantizar un servicio que tenga un impacto en calidad de vida similar al de las poblaciones con acceso a los sistemas de salud mencionados anteriormente. Adicionalmente, los materiales y medicamentos necesarios para la atención de quienes sí tienen acceso, se ven limitados por diversos factores: como las deficiencias de los sistemas de suministro, almacenaje especial y distribución, la escasez de personal sanitario, la baja inversión en salud y el alto costo de tecnología para aplicarlo. Ante tal problemática y al no contar con un servicio de salud eficiente, la población mexicana depende en gran medida, de tratamientos asequibles, que sean efectivos y duraderos y a los que sea más fácil acceder, por lo que las características ya mencionadas de la amalgama dental, una vez más la hacen sobresalir como un material de obturación idóneo para la población mexicana.

Posturas globales sobre el uso de la amalgama dental

Como ya mencionamos a lo largo de todo el mundo se ha abordado el tema del mercurio, sus posibles efectos tóxicos y su uso en amalgamas dentales y para otros

finés médicos e industriales, lo que ha traído consigo la evaluación de su uso en diferentes puntos del planeta. México forma parte del grupo de países que han implementado acciones relativas al uso del mercurio para el uso clínico y concuerda junto con otros países en que para suprimir su utilización, es necesario tomar en cuenta la situación en cada población. Asimismo, es de vital importancia dar a conocer a estas, los posibles peligros del mercurio.

Unión Europea

Comités Científicos de la comunidad europea en 2008 señalaron, a grandes rasgos, que las amalgamas dentales sólo pueden causar algún efecto adverso de salud, de manera local y que no suponen riesgo alguno para enfermedades sistémicas. Por lo anterior, en la Unión Europea el Comité Científico sobre los Riesgos de Salud Emergentes y Recientemente Identificados (Emerging and Newly Identified Health Risks -SCENIHR) aprobó un informe sobre la seguridad de las amalgamas dentales y los materiales alternativos para la restauración dental para pacientes y usuarios. Dicho Comité concluyó que las amalgamas dentales son un material de restauración eficaz y seguro, tanto para los pacientes como para el personal sanitario, por lo que puede contemplarse como material de elección para algunas reconstrucciones. Aunque se observan algunos efectos locales adversos, la incidencia es baja y en general son fácilmente controlados, por lo que a parte del riesgo de las reacciones alérgicas propias de sustancias externas al organismo, el uso actual de las amalgamas dentales no representa un peligro para la salud.

De igual modo, resalta que la principal exposición al mercurio en las personas con restauraciones de amalgama, ocurre durante la colocación o extracción de los empastes, por lo que señala que no existe justificación clínica para extraer restauraciones de amalgama clínicamente satisfactorias, excepto en pacientes alérgicos a los componentes de las mismas. El personal sanitario también está expuesto al mercurio que se desprende durante la colocación y extracción de las amalgamas. Sin embargo, esto podría minimizarse con el uso de técnicas clínicas apropiadas. (Villa Vigil, Manuel Alfonso;, 2005)

Paris

En noviembre de 2006 la comisión parisina pidió que se eliminen muchos tóxicos (entre ellos las amalgamas dentales), debido a su alto contenido de mercurio, para tener un medio ambiente y salud sostenibles. Dicha petición fue firmada en la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), por 1.000 científicos, unas 1.500 Organización no Gubernamental (ONG), más de 250.000 ciudadanos, así como por el Standing Committee of European Doctors (SCED) (Perez Dominguez, Servando)

Luxemburgo

La Declaración de Luxemburgo solicitó la prohibición internacional del mercurio en las amalgamas dentales y distintos estamentos, tanto públicos como privados y expresaron su postura a favor de esta prohibición, que fue dirigida a la Comisión Europea, al Parlamento Europeo y a todas las autoridades nacionales de salud dentro y fuera de la Unión Europea con el fin de prohibir el mercurio en obturaciones dentales.

Madrid

La Dirección General de Salud Pública y Alimentación de la Consejería de Sanidad y Consumo de la Comunidad de Madrid considera consecuente actuar con prudencia y limitar su uso, siempre que sea clínicamente posible, en periodos de embarazo o lactancia. (Perez Dominguez, Servando)

Colombia

En el caso de Colombia se concluyó que el panorama actual sobre la problemática del mercurio en Colombia, generaba múltiples interrogantes que debían responderse adecuadamente, por lo que se elaboró un plan de intervención con diferentes líneas de acción: gestión tecnológica para la prevención de la exposición al mercurio; fortalecimiento institucional frente a la prevención y control de la exposición a mercurio para disminuir los efectos en salud; fortalecimiento del diagnóstico y la atención en salud de la exposición a mercurio, y educación en salud y generación de conocimiento sobre los riesgos del mercurio. En el plan de intervenciones se incluyeron los tres componentes

fundamentales abordados en este proyecto: salud pública, salud ambiental y salud ocupacional. Para elevar la cobertura de la vigilancia de la exposición a este metal en Colombia, es fundamental fortalecer la capacidad de los trabajadores de la salud para el diagnóstico precoz, el tratamiento apropiado y la rehabilitación de personas expuestas a los efectos tóxicos del mercurio como es el caso de los dentistas que utilizan la amalgama dental. (Casas IC, 2015)

México

En nuestro país, se han implementado acciones relativas al uso de mercurio en hospitales. En junio del año 2000, se realizó el primer inventario, llevado a cabo por el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) del Instituto Nacional de Ecología (INE) de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (PRELUM. (COFEPRIS)) Dicho conteo abarcó 10,781 dentistas y reveló que el 70% de los dentistas lleva a cabo el proceso de amalgamación mediante la técnica de mortero, lo cual genera 200 gr/año de desechos de mercurio por profesionalista, que se traduce en aproximadamente 1.5 toneladas de mercurio. (PRELUM. (COFEPRIS))

Otras regiones

Es importante destacar que otros países están tomando cartas en el asunto, como Noruega, que prohibió todo uso de mercurio (incluyendo el de las amalgamas dentales) desde el 01 enero de 2008, o Suecia, que también prohibió todo uso de mercurio, incluyendo las amalgamas dentales, desde el 01 de junio de 2009.

Otro ejemplo es Alemania, donde está prohibido su uso de amalgamas dentales en mujeres embarazadas y en niños menores de 10 años. No obstante, debido a su alta toxicidad, el mercurio tiende a ser sustituido por galinstano (aleación eutéctica de galio, indio y estaño), es decir, una asociación metálica con una menor temperatura de fusión que la de cualquiera de sus componentes. En la misma línea, otros países como Francia y Canadá prohíben igualmente, el uso de amalgamas dentales en mujeres embarazadas.

Japón, es otro ejemplo de país, donde el uso de amalgamas dentales ya está prohibido. (Mayans RE Q. B., 2017)

En Dinamarca es casi inminente la prohibición total de las amalgamas, de hecho, en este país sólo se permite usar amalgamas dentales, exclusivamente en molares que tienen obturaciones desgastadas hasta nuevo aviso.

Suiza también tiene restricciones para el uso de amalgamas dentales, lo mismo que Nueva Zelanda.

Argentina aprobó el “Plan de minimización de exposición y reemplazo del mercurio en el sector salud” e instruyó a los hospitales y centros de salud del país sobre los nuevos procedimientos de compra de insumos. Esta medida responde a los avisos sobre la potencial toxicidad del mercurio de los informes del Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) y de la OMS y pretende definir un plan de minimización de exposición y reemplazo del mercurio en el Sector de la Salud. En esta resolución se destacan las amalgamas dentales como una de las principales fuentes de intoxicación de mercurio para las personas y el ambiente. (Perez Dominguez, Servando).

Entenderemos que, un metal, va a estar definido como “una sustancia química lustrosa opaca que es un buen conductor de calor y electricidad y, cuando se encuentra pulido, es un buen reflector de la luz”.

Se reconoce que los metales puros van a estar identificados por el fenómeno de solidificación que ocurre cuando estos son llevados a su punto de fusión y después por el proceso de cristalización y enfriamiento, es así, que tal proceso se puede observar mediante la preparación del metal y un microscopio adecuado, de tal modo que pueden observarse cristales, denominados granos cristalinos, los mismos que se forman cuando un metal se solidifica. Al llegar a la temperatura deseada el metal se empieza a cristalizar formándose las primeras celdas unitarias llamados embriones de cristalización, sobre las que se empiezan a unir los siguientes uniones atómicas que de manera paulatina empieza a crecer algo llamado grano metálico formándose los núcleos de cristalización de forma dendrítica. (Hoyos Serrano Maddelainne, 2013)

Los núcleos perfectamente ordenados tienen una estructura atómica que de manera constante sufre pérdida de electrones formándose iones cargados positivamente, y que posee enlaces metálicos (a través de una extensión espacial de electrones de valencia) opacidad, buena reflectancia de la luz de una superficie pulida y gran conductividad eléctrica y térmica.

Por lo anterior se entiende que los metales pueden sufrir un proceso que se llama, corrosión de los metales y se define como un proceso químico o electroquímico en el que el metal se transforma en un óxido o cualquier otro compuesto. En general, es un ataque gradual, provocado por una amplia variedad de gases, ácidos, sales, agentes atmosféricos, sustancias de naturaleza orgánica. Dada la gran variedad de materiales que lo sufren, y la influencia de sus características y los entornos ambientales en el proceso. (Enrique, 2017)

Se puede entender que las propiedades físicas de la amalgama endurecida dependen de los porcentajes relativos de cada una de las fases microestructurales. Es por tal motivo que a medida que se mantienen más partículas Ag-Sn sin consumir, más dura será la estructura final, y por lo tanto más resistencia. (Anusavis KJ, 2004)

Características y composición de la amalgama

Por otra parte para tener un mejor entendimiento del comportamiento de sus elementos y funcionalidad de la amalgama se describen sus características:

La amalgama dental tiene propiedades positivas que mantienen su popularidad de las cuales se incluye:

- su facilidad de manipulación,
- durabilidad,
- bajo costo,
- la reducción de la microfiltración,
- longevidad clínica.

Teniendo como propiedades negativas, la bioelectricidad o el electrogalvanismo, la cual puede disminuir la longevidad de la restauración de amalgama dental, reconociendo que al existir dos tipos de metales diferentes en contacto con electrolitos se produce un potencial eléctrico; el metal con mayor cantidad de electrones libres libera al siguiente metal algunos de estos electrones produciéndose pérdida de materia o corrosión galvánica existiendo cambios en la estructura superficial por perder elementos de enlace al contacto con Saliva. (Dominguez JA, 2010).

Sus ventajas, son que puede generar una buena adaptación marginal, bajo porcentaje de fractura ya que tiene 300 MPa de dureza (Anusavis KJ, 2004), forma anatómica muy superior después de uno a dos años (100 y 98%), conservando contactos proximales muy adecuados. A lo anterior, se suma, alta resistencia, agilidad y poca sensibilidad en la técnica de colocación; haciendo de ella, un buen material de elección, llevando a considerarla como “estándar de oro”. También posee propiedades bacteriostáticas.

Su capacidad de auto-sellado marginal, debido a los productos de corrosión liberados y el escurrimiento que presenta, reduciendo la posibilidad de caries secundaria a través del tiempo, gracias a la formación de óxidos en el margen de las cavidades causado por la corrosión natural del metal, principalmente en aleaciones con alto contenido de cobre. (Anusavis KJ, 2004)

Por el contrario dentro de sus desventajas se encuentran que la amalgama no tiene una buena adherencia a la estructura dental, y esto nos puede generar una necesidad de retención macro mecánica por falta de adherencia, dando como resultado que no puede proporcionar un sellado completo, ocasionando una pérdida de tejido dental de mayor tamaño, con el fin de tener más retención. La corrosión también trae desventajas, causando tatuajes en tejidos duros y blandos. (Pelález Alejandro, 2017)

Otro de los inconvenientes, es su falta de estética por la marcada diferencia del color con respecto al órgano dental natural, y actualmente existe una gran demanda por la estética dental y la construcción de sonrisas.

La dependencia de un diseño cavitario retentivo, la falta de propiedades preventivas para evitar lesiones cariosas recurrentes, las propiedades físicas del material diferentes a las de los tejidos dentarios, su contenido de mercurio y por ende su potencial de toxicidad son otras de las desventajas en las que se encuentra.

Por tanto hasta no encontrar un sustituto de la amalgama dental, que igual conlleve a la eficacia y eficiencia en las labores odontológicas, y que a su vez no represente un riesgo potencial para la vida humana, animal y vegetal, el mercurio seguirá acompañando la existencia de innumerables seres vivos, particularmente la del personal relacionado con el quehacer odontológico. (Ruiz AJ, 2009)

Actualmente existe y está compuesta por los siguientes metales: mercurio líquido (50%), plata (35%), cobre (2%), estaño (13%) y en ocasiones se le añade zinc cuando se habla de amalgama con alto contenido de cobre que va desde el 20% hasta el 30%. Las aleaciones de amalgama han contenido al menos el 65% en peso de plata, el 29% de peso en estaño y menos del 6% de peso en cobre.

Por esta razón, algunos organismos han reconocido que existe la posibilidad de que se libere vapor mercurial a partir de estas restauraciones, aunque a muy bajos niveles, por lo que actualmente en el mundo se están desarrollando e implementando otras alternativas restauradoras en odontología para lograr reducir el uso de amalgamas dentales. (Tirado ALR, 2015)

Para lograr estos porcentajes en la amalgama, es necesario formar un lingote, que se colocan los porcentajes específicos por peso en un crisol a altas temperaturas, se funde el metal y forja un lingote, éste es llevado a un tratamiento térmico para que surja la unificación e integración intermetálica; una vez que se obtiene el lingote, es llevado a un torno con el cual se obtiene la viruta, esta viruta es triturada a su mínima expresión mediante la molienda con un molino de bolas, la siguiente forma de maquila se presenta mediante atomización, la cual en un crisol especial, se lleva la aleación a altas temperaturas hasta que se encuentra en punto de fusión y mediante aire caliente y un atomizador especial, se presentan esferas regulares de metal fundido, las cuales caen en agua y al enfriamiento forman las partículas

esféricas. En este caso las partículas finas son sometidas a una presión suficiente para que se forme una “piel” alrededor del comprimido superficial, y a la vez se consiga una ligera cohesión en el interior.

Cuando el lingote de aleación se reduce a pequeños fragmentos cortados, muchos fabricantes actúan algún tipo de tratamiento superficial a las partículas. Uno de los tratamientos de las partículas es con ácido y esta es una práctica tradicional desde hace muchos años.

Los fabricantes, mediante la maquila correcta, logran tener las propiedades específicas del polvo integrado de la amalgama y con ello se puede tener en cuenta el porcentaje necesario de mercurio para una completa integración atómica molecular, por lo que, la única manera en la que puede fallar es mediante la mala manipulación de la misma. (Macchi R. L., 2007)

Componentes de la amalgama

COBRE. (Cu)

El cobre es un elemento que está relacionado tanto con magmas basálticos así como con magmas graníticos, los magmas basálticos al igual están relacionados con depósitos magmáticos de licuación, con depósitos tipo skarns, y depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos marinos. (L.F VASSALLO, 2008)

Es un metal maleable y dúctil, es un excelente conductor del calor y la electricidad, y su capacidad funcional se altera muy poco con la exposición al aire seco. Si se encuentra en una atmósfera húmeda con anhídrido carbónico, se cubre con una capa verde de carbonato. El cobre es un elemento esencial del metabolismo humano. (Gunnar, 2017)

El cobre es uno de los metales no ferrosos de mayor utilización; posee apariencia metálica y es de color pardo-rojizo. Es un metal bastante pesado, con una densidad de 8,96 g/cm³. Resiste la acción de los agentes atmosféricos y no comienza a oxidarse hasta una temperatura de 120 °C. Es muy dúctil, pudiendo estirarse en

hilos muy finos; al igual que también es maleable. (tecnología industrial I. Bloque III: materiales. Tema 13. Materiales metálicos: metales no ferrosos.)

Métodos de extracción:

Cabe mencionar que los métodos industriales para la concentración de cobre son dos flotación y lixiviación, el primero se utiliza cuando el metal de interés está asociado a sulfuros, del cual se obtienen concentrados de mineral que son tratados con otro proceso para obtener el metal puro. Mientras que en proceso de lixiviación predominan los óxidos y a partir de estos procesos se obtiene una solución rica en iones de cobre, el cual es sometido a un proceso de solventes para posteriormente realizar una electroposición. (Untitled , 2006)

Una vez extraído el metal lo que sigue es el proceso de fundición y consiste en llevar el concentrado de cobre a un estado de alta pureza. Esto se realiza mediante distintas reacciones pirometalúrgicas, que parten por la fusión del cobre que, por medio de altas temperaturas permite que el concentrado se licúe y que el mayor contenido de cobre se concentre, convirtiéndose en metal blanco. Posteriormente, a través de conversión, se eleva la pureza del cobre líquido, el que finalmente termina su proceso en la etapa de refinación. (Villanero H, Ureanda A, Schnettler R., Araneda D., & Richard M., 2017)

Por otra parte el cobre, también causa daños a la salud de quienes están en contacto con este metal los cuales son:

Con fines suicidas o como tratamiento tópico de áreas con quemaduras graves. Cuando se ingiere sulfato de cobre, también conocido como piedra azul o azul vitriolo, en cantidades del orden de gramos, se producen náuseas, vómitos, diarrea, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal; en raras ocasiones, se observan también convulsiones, coma y la muerte. Efectos tóxicos crónicos atribuibles al cobre sólo parecen existir en personas que han heredado una pareja específica de genes recesivos autosómicos y que, como consecuencia, desarrollan una degeneración hepatolenticular (enfermedad de Wilson). Es una enfermedad rara. (Gunnar, 2017)

Por último el cobre se encuentra principalmente en forma de compuestos minerales. Está ampliamente distribuido en todos los continentes y forma parte de la mayoría de los organismos vivos. En México las entidades destacadas por la extracción y beneficio de minerales de cobre fueron Sonora, Coahuila, San Luis Potosí, Zacatecas y con menor aportación Estado de México y Michoacán. A nivel mundial China tiene una producción de 9.1%, Australia 12.6 % y Chile 31.6%

PLATA (Ag)

Su nombre proviene de una evolución del adjetivo "plattus", procedente del latín medieval, significando "ancho, aplanado" y posteriormente "lámina metálica", se utilizó para nombrar los lingotes del metal que los romanos habían llamado "argentum" (el origen del símbolo Ag). (Medina Hernandez Patricia, 2015)

La plata pura es un metal brillante, resistente, dúctil y maleable, de todos los metales tiene el color blanco óptico reflectivamente más alto y la conductividad térmica y eléctrica más alta, presenta un brillo blanco metálico susceptible al pulimiento.

La mayor parte de la plata se obtiene de menas combinadas que contienen plata. Durante la explotación y beneficio de polimetales se obtiene cerca de 70%, de menas auro-argentíferas 10-15% y de menas de plata de 15 a 20% de la producción mundial de este metal. (Medina Hernandez Patricia, 2015)

La plata se encuentra principalmente en vetas relacionadas a intrusivos, más comúnmente dentro de rocas metamórficas cristalinas, en rocas eruptivas y a veces sedimentarias regularmente calizas, se presenta también en la zona de oxidación de yacimientos de plata y algunos polimetálicos ocurriendo en masas o en figurillas arborescentes y filiformes, en forma diseminada, y por lo general invisible en varios sulfuros metálicos. (Medina Hernandez Patricia, 2015)

Propiedades que caracterizan a la plata son: Forma aleaciones con la mayoría de los metales, Gran conductividad térmica y eléctrica, Buena para instalaciones

químicas, Resiste a la acción de las soluciones alcalinas, de los álcalis fundidos y de la mayoría de los ácidos orgánicos, Reacciona con el oxígeno. El oxígeno se difunde a través de la plata mucho más fácil que a través de otros metales; y la plata es el único metal que expulsa el oxígeno de su solución, al solidificar. En estado sólido el oxígeno es muy poco soluble en la plata, No se oxida (Medina Hernandez Patricia, 2015)

Métodos de extracción

El procesamiento de plata guarda grandes similitudes con los procesos de hidrometalurgia y procesamiento de concentrado de cobre. Sin embargo, su objetivo es la plata desde la roca, por medio de agentes lixiviantes como el cianuro de sodio y algunos nuevos procesos como la desairación de la solución e incorporación del zinc. Una vez extraída la plata de la roca, el concentrado resultante es llevado al proceso de fusión/refinación, donde mediante el uso de hornos de retorteo y hornos reverberos, se obtiene el doré (lingotes). (Villanero H, Ureanda A, Schnettler R., Araneda D., & Richard M., 2017)

A pesar de que la plata es considerado un metal con muchos beneficios también puede causar daños a la salud cuando esta no es manejada con las debidas precauciones es por tal motivo que se citaran todos los daños que este metal puede causar: Las sales solubles de plata, especialmente el nitrato de plata (AgNO_3), son letales en concentraciones de hasta 2g. Por lo explicado anteriormente los compuestos de plata pueden ser absorbidos lentamente por los tejidos corporales, con la consecuente pigmentación azulada o negruzca de la piel (argiria). Al contacto con los ojos puede causar graves daños en la córnea. En la piel puede causar irritación. El contacto repetido y prolongado con la piel puede causar dermatitis alérgica.

La piel, los ojos, la garganta o los pulmones son fácilmente dañados. El mal uso intencionado consistente en la concentración deliberada de este producto e inhalación de su contenido puede ser dañino o mortal.

La plata se puede localizar en los siguientes lugares.

En México se localizan importantes yacimientos que abarcan los estados de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y Chihuahua, también encontramos yacimientos a lo largo de la Sierra Madre Occidental. La Faja de Plata en México, es una de las zonas más productivas en plata mundialmente hablando y dentro de ésta, el estado de Zacatecas el más destacado. La producción mundial de plata de mina para 2014 aumentó como resultado de una mayor producción de las minas en China, Kazajstán, Australia y México, así como el aumento de las recuperaciones de las minas en Indonesia y Perú. (Medina Hernandez Patricia, 2015)

ESTAÑO (Sn)

El estaño es un metal que se ha utilizado desde la antigüedad hasta la época de la industria moderna, ya que es un metal que es dúctil, se le puede dar forma fácilmente a temperaturas normales y se mezcla fácilmente con otros metales para formar aleaciones. Una de sus características más notables es su resistencia a los ácidos y las influencias. (Gunnar, 2017)

Podemos citar algunas de las características de este metal como son que es de color blanco plateado, presenta menor dureza que el cinc y mayor que el plomo, a la temperatura de 100 °C es muy dúctil y maleable, pudiendo obtenerse hojas de papel de estaño de algunas décimas de milímetro de espesor. En caliente se vuelve muy quebradizo y puede pulverizarse. El estaño es un elemento bastante escaso en la corteza terrestre, es solo del 0,001 %, aunque se presenta concentrado en forma de minerales. (tecnología industrial I. Bloque III: materiales. Tema 13. Materiales metálicos: metales no ferrosos.)

El estaño se puede obtener por medio de dos procedimientos distintos:

Por reducción pirometalúrgica de la casiterita. La casiterita, previamente tratada para separarla de las impurezas que normalmente la acompañan, se conduce a un horno de reverbero donde, a una temperatura de alrededor de 1.200-1.300 °C, se reduce mediante carbón de coque a estaño bruto: Posteriormente se refina para separarlo de sus impurezas (principalmente, hierro y cobre), obteniéndose finalmente el metal con una pureza del 99,8%. Por recuperación electrolítica de la hojalata. La hojalata es acero recubierto de una capa de estaño; debido a su gran consumo por parte de la industria conservera, se han ideado distintos métodos para recuperar a partir de ella el estaño que contiene. El más económico consiste en introducir la hojalata en una disolución de hidróxido de sodio, que disuelve el estaño, obteniéndose posteriormente el metal por electrólisis de dicha disolución. (tecnología industrial I. Bloque III: materiales. Tema 13. Materiales metálicos: metales no ferrosos.)

Al igual que los otros metales que componen a la amalgama el estaño puede causar algún tipo de daño a la salud a los pacientes e incluso de las personas que están en contacto en este caso los odontólogos por eso se explicara cuáles son estos daños que provoca el estaño.

Daños que provoca en la salud:

En los procesos de fusión existe un riesgo de quemaduras graves al manipular el metal fundido y las escorias calientes. La inhalación de polvo de óxido de estaño sin sílice produce una neumoconiosis nodular benigna sin insuficiencia pulmonar. El cuadro radiológico es similar al de la baritosis. Este tipo de neumoconiosis benigna se ha llamado estanosis. Una ingestión diaria de 800 a 1.000 mg sin sufrir efectos nocivos. La absorción de estaño metálico o sus sales inorgánicas por el aparato digestivo es reducida.

Los compuestos orgánicos de estaño son, en general, irritantes fuertes y se ha observado conjuntivitis aguda como consecuencia de salpicaduras en los ojos, aun cuando se hayan lavado inmediatamente; también se han descrito opacidades en la córnea. El contacto prolongado de la piel con ropa humedecida por el vapor o el contacto directo de estos compuestos sobre la piel ha producido quemaduras agudas locales, dermatitis eritematoide subaguda difusa con prurito y cierta

erupción pustular en las áreas cubiertas por cabello. La irritación de las vías aéreas y del tejido pulmonar puede producir edema pulmonar. También se han observado efectos sobre el tracto gastrointestinal y reacciones inflamatorias del conducto biliar, especialmente con los dialquilos. Los compuestos orgánicos de estaño pueden producir lesiones en el hígado y los riñones, causar inmunodepresión y tienen actividad hemolítica.

Principales productores en el mundo:

Hasta el siglo XVIII procedía principalmente de Inglaterra, Sajonia y Bohemia. En la actualidad, con excepción de algunos yacimientos de Nigeria, China, el Congo y Australia, las principales fuentes de estaño son el sudeste de Asia y Bolivia. (Gunnar, 2017)

MERCURIO

El mercurio o azogue, como también se denomina a este elemento químico, deriva su símbolo Hg del término hidrargirio, el cual a su vez procede del latín hydrargyus y a su vez del griego hydraargyros (hydros=agua y argyros=plata). Este elemento es uno de los más importantes de la amalgama por los compuestos con los que puede ser mezclado. (Bena Tostado Martin, 2014)

El Mercurio elemental que también es llamado se describe como un elemento de color plateado, inodoro, pesado, 13,5 veces más denso que el agua. Tiene una muy baja presión de vapor, emite vapores a temperatura ambiente (Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.009). Una de sus características es que es un buen conductor de la electricidad y su coeficiente de dilatación es prácticamente constante. Es el único metal que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente. Relativamente insoluble en agua (56ug/lit a 25C), soluble en lípidos y ácido nítrico, soluble en ácido sulfúrico pasado el punto de ebullición. Ataca al cobre y a otros muchos metales (oro, plata, platino, uranio plomo, sodio y potasio). (Programa Nacional de Riesgos Químicos. Mercurio: Cartilla de Información 2007, s.f.)

La formación de los minerales en los depósitos de mercurio ocurre en el intervalo de temperaturas de 350 a 50°C y una presión de 1500 hasta 300-400 kgf/cm², y bajo condiciones superficiales las cuales influyen grandemente en la reducción de la temperatura y la presión. (L.F VASSALLO, 2008)

Con relación con lo anterior tenemos algunos tipos de mercurio los cuales son:

- Metálico o elemental (Hg⁰):
- Sales inorgánicas (Hg²⁺, Hg⁺²):

Métodos de extracción

El Mercurio llega a las fuentes superficiales de agua desde las redes cloacales (que incluyen bacterias metilantes), lixiviados de los centros de disposición final de residuos urbanos, deforestación de territorios, actividad minera, volcado de aguas residuales de industrias en cuencas afluentes, contaminación 'gota a gota' desde fuentes domésticas, o residuos y efluentes de servicios.

El mineral de mercurio se extrae por minería subterránea, y el mercurio metálico se separa del mineral mediante calentamiento en un horno rotatorio o de cuba o por reducción con óxido de hierro o calcio. El vapor sale junto con los gases de combustión y se condensa en tubos verticales. (Gunnar, 2017)

En el ámbito de la odontología, el 70 % de los odontólogos trabajan con amalgama diariamente, y usan de 1 a 5 kg de mercurio al año.

Investigando en la literatura especializada se han citado varios casos, en donde algunos de ellos se han clasificado como mortales, de intoxicación mercurial por manejo imprudente de este elemento. (Morales Zavala C. A., 2017)

Se da a continuación una breve explicación del mecanismo de acción del mercurio cuando este entra en contacto con el organismo: El mercurio se va a ligar por enlaces covalentes al sulfuro de los grupos sulhidrilos; reemplaza el ión hidrógeno ubicado en estos grupos, lo que da como resultado disfunción de los complejos enzimáticos, mecanismos de transporte, membranas y proteínas estructurales. (Guía de manejo intoxicación por metales pesados)

Dentro de otros sitios de acumulación se cuentan las gónadas, el tejido tiroideo, el bazo, la pared intestinal y el músculo esquelético. (Milián E, 2005)

Por lo explicado anteriormente se llega a que el mercurio absorbido es transportado por la sangre a través de los eritrocitos hasta en un 90% de los compuestos orgánicos y el 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albúmina. El mercurio elemental y los compuestos orgánicos se distribuyen a todo el organismo, teniendo mayor afinidad por el encéfalo (sustancia gris), hígado y riñón; también se ha detectado en epitelio de tiroides y páncreas, en células medulares de las glándulas adrenales, espermatozoides, epidermis y cristalino.

Uno de los compuestos inorgánicos o sales de mercurio se concentran principalmente en los riñones, hígado, intestino, piel, glándulas salivales, corazón, sistema músculo esquelético, cerebro y pulmón. Luego de una semana, el 85 a 95% se redistribuye y almacena en los riñones.

Es conocido también que el mercurio inorgánico se excreta a partes iguales por vía intestinal y renal, mientras que el mercurio orgánico se elimina predominantemente por vía intestinal. (Ardevol M, 2011)

Otro de los compuestos del mercurio como el vapor de mercurio elemental se difunde rápidamente a través de la barrera hematoencefálica y la placenta, el metilmercurio conjugado con los grupos sulfhidrilos-SH es transportado al interior del cerebro fetal a través de los transportadores de aminoácidos de la barrera hematoencefálica (BHE) produciendo alteraciones congénitas cognitivas en el feto. El mercurio inorgánico no es soluble en lípidos y no atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica. El vapor de mercurio tiene acceso directo a los lóbulos olfativos y al sistema límbico cerebral, a través de la mucosa oronasal y por transporte axonal retrógrado, con la consecuente acumulación preferente de mercurio en estas áreas. (Crespo LME, 2005)

Se conoce que la vida media plasmática es de 23 a 40 días para los compuestos inorgánicos y de 50 a 70 días para los compuestos orgánicos, siendo la circulación enterohepática responsable de su tiempo de vida media prolongada. ((MINSA), Ministerio de Salud)

Los compuestos mercuriales orgánicos son más tóxicos que los vapores de mercurio elemental, siendo estos últimos los que tienen mayor importancia en odontología. (Morales FI, 2003)

Sin embargo, la tasa de oxidación es más lenta que el tiempo de circulación del vapor de mercurio desde los pulmones al cerebro; permitiendo que el mercurio inorgánico no oxidado (Hg^0), cruce rápidamente la barrera sangre-cerebro. El mercurio en el cerebro es oxidado, acomplejado y retenido, además aumenta la permeabilidad de la membrana plasmática al calcio lo cual causa neurotoxicidad.

De hecho, la concentración de mercurio en el cerebro aumenta proporcionalmente al número de amalgamas encontradas en las superficies dentales.

Por otro lado está el caso de los iones de mercurio podrían afectar a la dinámica de la membrana de los conos de crecimiento neuríticos, ya que consiguen interferir en la estructura de la membrana y disminuir su crecimiento en un 77%.

Algunos de los mecanismos, únicos en el cerebro en desarrollo, especialmente afectados por mercurio, incluyen la formación de contactos interneuronales, la muerte apoptótica de neuronas y la migración aberrante neuronal desde el sitio de germinación hasta el destino final. (Crespo LME, 2005)

Por lo explicado anteriormente se entiende que entre los síntomas neurotóxicos específicos cabe mencionar temblores, inestabilidad emocional, insomnio, pérdida de memoria, cambios neuromusculares, dolor de cabeza, polineuropatía y déficit de rendimiento en las pruebas de la función cognoscitiva y motora.

Aunque se han observado mejoras en la mayor parte de los trastornos neurológicos al interrumpir las fuentes de exposición, algunos cambios pueden ser irreversibles. (Ortiz Bisoño , 2013)

Se ha demostrado que la inhalación de vapor de mercurio por un periodo prolongado causa el mercurialismo, el cual es una enfermedad que se caracteriza por temblores finos y eretismo (timidez, depresión, resentimiento a las críticas, dolores de cabeza, fatiga e insomnio) Estos signos se presentan después de exposiciones prolongadas, con niveles urinarios de más de 300 µgHg/L.

Es importante señalar que durante la gestación, el uso del mercurio en las amalgamas dependiendo la cantidad y el manejo que el profesional le da al momento de que se coloca. (COFEPRIS, 2011)

Este metal puede causar discapacidades del desarrollo neurológico en los bebés, disfunciones inmunológicas, sensorio neurológicas, motoras y de comportamiento, similares a los rasgos definidos o asociados con trastornos del espectro autista (Mendez Visag, 2014)

Además se ha relacionado con disminución de la fertilidad, y enfermedades del corazón en los adultos que tienen altos niveles de mercurio en la sangre. (Peláez Alejandro, 2017). La otra forma de que existe fuga de mercurio desde las obturaciones dentales, se presenta cuando el mercurio inorgánico se mezcla con compuestos hidrógeno-carbonados, en ese momento se convierte en metil mercurio en la boca del paciente; éste compuesto químico es 100 veces más tóxico que el mercurio elemental inicial.

ZINC (Zn)

Este metal se caracteriza por tener un color blanquiazul, que posee muchas aplicaciones industriales. Es muy frágil a temperatura ordinaria, maleable entre los 120 y 150 °C, y de nuevo quebradizo entre 200 y 300 °C. Se oxida al aire húmedo, formando una capa de óxido o carbonato que lo protege de una oxidación posterior;

ofrece, por lo tanto, una buena resistencia a la corrosión. Su resistencia mecánica es baja. Funde a 420 °C y hierve a 907 °C. Su densidad es de 7,14 g/cm³.

Además de lo antes explicado el zinc se concentra en los residuos ácidos de las partes terminales tanto de los magmas basálticos como graníticos. Este metal se escapa conjuntamente con los fluidos hidrotermales en forma de uniones complejas. (L.F VASSALLO, 2008)

Está presente, no sólo en las rocas y suelos sino también en el aire, el agua, las plantas, animales y seres humanos.

El zinc se desplaza constantemente en el entorno por medio de un proceso denominado "ciclo natural". Las rocas y el suelo que contienen zinc se erosionan por los efectos de la lluvia, la nieve, el hielo, el calor del sol y el viento. Así como, el viento y el agua transportan pequeñas cantidades de zinc hasta lagos, ríos y mares, donde se deposita en forma de sedimentos o bien continúa desplazándose (Antonia, 2005)

Una de las características más peculiares e importantes del zinc es su capacidad natural para proteger al acero frente a la corrosión. Si no se protege, el acero se corroe en prácticamente cualquier entorno. Los recubrimientos de zinc protegen al acero al crear una barrera física y una protección catódica, gracias a lo cual su vida útil se prolonga indefinidamente.

Al igual que los demás metales, el cinc tiene sus métodos de extracción que se describirán a continuación.

Métodos de extracción

El zinc se puede obtener principalmente a partir del sulfuro, del óxido y del carbonato. El primer paso en el proceso de extracción consiste en transformar los minerales en óxidos. Por tanto el carbonato se calienta a elevada temperatura en ausencia de oxígeno (calcinación).

Posteriormente el óxido se reduce con carbono en un horno eléctrico. En consecuencia el zinc obtenido por este método contiene impurezas de hierro,

arsénico, cadmio y plomo, que en la metalurgia se le conoce con el nombre de spelter. Este a su vez se puede purificar por medio de una cuidadosa redestilación. Aproximadamente el 60% del zinc producido en todo el mundo procede de minerales extraídos de minas y el 40% restante, de zinc es reciclado o secundario.

Al ser un metal también puede causar daños en la salud que son descritos en el siguiente párrafo.

El zinc es un nutriente esencial. Es un componente de las metaloenzimas que participan en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis de las proteínas. El zinc no se acumula en el organismo y los expertos en nutrición recomiendan una ingesta diaria mínima de zinc. Su absorción es más fácil a partir de proteínas animales que de productos vegetales. Su acción precipitante sobre las proteínas constituye la base de sus efectos astringente y antiséptico y se absorben con relativa facilidad por vía cutánea. La solubilidad del zinc que se logra con líquidos ligeramente ácidos, en presencia de hierro, al ser ingerido accidentalmente en grandes cantidades provoca fiebre, náuseas, vómitos, dolor de estómago y diarrea entre los 20 minutos y 10 horas.

Varias sales de zinc pueden entrar al organismo por inhalación, a través de la piel o por ingestión y producir intoxicación.

El cloruro de zinc produce úlceras cutáneas. La fabricación electrolítica de zinc puede producir nieblas que contengan ácido sulfúrico y sulfato de zinc que pueden irritar el aparato respiratorio y digestivo además de producir erosión dental. (Gunnar, 2017)

En este caso México es el principal productor de este metal:

Los principales estados productores de éste metal son: Chihuahua, Zacatecas, Durango, Estado de México y, con menor aportación, Hidalgo, Jalisco y Sinaloa, mientras que en la fundición y refinación los estados representativos son Coahuila, Sonora e Hidalgo. A nivel internacional uno de los principales productores es China con una producción del 40.6%.

Por otra parte para tener un mejor entendimiento de lo que sucede cuando los elementos que componen la amalgama se combinan entre si se describen los procesos de mezclado y endurecimiento como primer punto tenemos que cuando los metales están en estado sólido los metales que están en estado sólido tienen estructura cristalina, con iones distribuidos de modo tal, que llevan a la formación de un reticulado espacial, en el que se encuentra una “nube de electrones”, característica del enlace metálico, que puede ser definido como una interacción atómica primaria que ocurre entre la valencia de los electrones. También es responsable del brillo, o propiedad de reflexión de los metales pulidos, y de su capacidad para soportar una considerable de formación permanente. (Anusavis KJ, 2004)

La atracción electrostática entre la nube de electrones y los iones positivos en la red proporcionan la fuerza que une los átomos metálicos conformando un sólido, asimismo estos electrones libres actúan como conductores de energías: térmica y eléctrica. (Hoyos Serrano Maddelainne, 2013)

Los electrones de valencia de la capa externa se pueden eliminar fácilmente de los átomos de los metales, por lo que los núcleos que contienen el equilibrio de los electrones unidos forman otros núcleos que están ligados y que estos a su vez forman núcleos de iones cargados positivamente. Los electrones de valencia libres forman una “nube” o “gas” que da atracción electrostática entre la nube de electrones libres y los núcleos cargados positivamente, la repulsión de las celdas cerradas de los electrones más externos de los núcleos iónicos equilibran esta fuerza de atracción en el espacio interatómico de equilibrio del metal. Por tal motivo tenemos que una aleación es un material sólido formado a partir de la combinación de un metal con uno o más elementos metálicos o no metálicos. (Anusavis KJ, 2004)

El conocimiento de la estructura cristalina también es importante si se tiene en cuenta que un cristal puede tener propiedades distintas en diferentes direcciones. Al llegar a una temperatura desde el estado líquido (temperatura diferente para cada metal) se forman las primeras porciones de metal sólido (podría decirse que se forman las primeras celdas unitarias). Sobre éstas se depositan las porciones que solidifican posteriormente, lo que provoca el crecimiento de los centros originales.

Es importante saber los tipos de aleaciones para poder entender el comportamiento de cada uno de los elementos que componen a esta al momento de mezclarse. El mercurio es un elemento importante en la formación de la amalgama ya que durante el fenómeno de amalgamación, en el cual el mercurio se une con los componentes de la aleación y provoca que todos los componentes metálicos de la amalgama se unan formando así la pasta que es colocada en las restauraciones. Una fase metalográfica, en términos de microestructura se define como cualquier parte homogénea y físicamente distinta, que está separada de las otras partes del mismo, por una superficie limítrofe definida; es decir, una región que difiere en estructura y/o composición de otra región, en un mismo material. Cada fase presente en una aleación donde se obtiene una composición con diferente estructura química, se abrevian con letras griegas y expresan el porcentaje de cada elemento en la fase así como de ciertas propiedades físicas y mecánicas. (Cortes HS, Guerrero Roque , Esparza Herrada, & Vargas Ulloa, 2010)

Las primeras porciones en solidificarse actúan como núcleos de cristalización. El depósito de nuevo metal solidificado sobre esos núcleos hace que éstos crezcan. Por la forma en que se produce (como las ramas de un árbol), ese crecimiento se denomina dendrítico. Cuando el crecimiento dendrítico hace que los núcleos se pongan en contacto, el crecimiento se detiene, esto significa que el metal se ha solidificado por completo. Con la explicación de estos procesos se podrá entender lo que pasa cuando los componentes de la amalgama se combinan entre sí para formar el material que se colocara en el órgano dentario y después lo que sucede en el proceso de cristalización. (Macchi R. L., 2007)

En la actualidad, existen diferentes características que determinan el comportamiento de las aleaciones y por lo tanto los procesos por los que pasa la amalgama. Estas características incluyen:

1.- SELECCIÓN DE LA ALEACION.

Las más utilizadas son las esféricas con alto contenido en Cobre.

Esta aleación de alto contenido en cobre permite obtener restauraciones sin fase gamma 2 con una gran resistencia inicial, con escurrimiento reducido, muy resistente a la corrosión y al deterioro marginal.

En cuanto a la presentación comercial se podrá elegir entre aleación en polvo o en comprimidos (pellets) o bien cápsulas pre-dosificadas aleación-mercurio siendo actualmente más utilizadas las cápsulas predosificadas.

2.-RELACION ALEACION-MERCURIO.

En la mayoría de las aleaciones actuales se utiliza una relación 1:1 (50%), aunque las aleaciones de partículas esféricas requieren menor cantidad de mercurio (40%).

3.-EFECTO DE LA ALTERACIÓN DE LA RELACIÓN ALEACIÓN/MERCURIO.

Cuando existe mayor cantidad de mercurio incorporado a la mezcla y tiene mayor brillo metálico, la amalgama tiene un decremento importante de sus propiedades; ya que existe menos uniones químicas y por ende menos formación de núcleos metálicos antes explicados, cuando hay menor cantidad de unión intermetálica también incrementa la expansión molecular, menor resistencia a la compresión y mayor escurrimiento y por lo mismo aumenta la corrosión. (La amalgama dental, 2017)

Los metales solubles en estado líquido no necesariamente lo son en estado sólido. Al solidificarse pueden separarse por completo el uno del otro para formar una estructura heterogénea, o pueden continuar disueltos uno en el otro en estado sólido (una sola fase) formando las estructuras que se denominan solución sólida o compuesto intermetálico.

Al mismo tiempo entenderemos como aleación a la sustancia que se obtiene bajo la fusión y posterior solidificación de una mezcla de dos o más elementos, siempre que el conjunto conserve las propiedades metálicas en estado sólido. En función de

los elementos que las forman, podemos clasificar las aleaciones en metálicas, cuando todos los elementos son metales y no metálicas cuando algunos de los elementos no son metálicos.

En las aleaciones se distingue disolvente y soluto, cuando se mezcla un metal en cantidades en cierta cantidad con otro para lograr propiedades físicas y mecánicas mayores a un metal puro.

La estructura cristalina de las aleaciones viene determinada por las interrelaciones de los átomos de los elementos que intervienen en ellas. Una vez obtenido el metal o aleación se debe adaptar a las necesidades de su función. Esta conformación se puede realizar de dos formas diferentes. La colada es el proceso de paso del estado líquido al sólido en un molde. El trabajo mecánico es el proceso de dar la forma deseada al metal mediante una fuerza mecánica. (Deptos UMA, 2004/2005)

En primer lugar tendremos algunos tipos de aleaciones como por ejemplo la reacción eutéctica constituye la transformación de solidificación completa del líquido. Este tipo de reacción corresponde a un punto fijo en el diagrama de fases, es decir, ocurre a una temperatura y composición determinada, y dicho punto posee cero grados de libertad. A partir de una muestra sólida, a cualquier composición distinta de la eutéctica, la muestra no fundirá completamente independientemente de la temperatura a la que nos encontremos. (Universidad Autónoma Metropolitana, 2017)

Un segundo tipo de aleación es la aleación peritectica que se describe como un punto que representa la composición de un líquido que se encuentra simultáneamente en equilibrio con un sólido de composición A y un sólido de composición C. La temperatura a la cual se define este equilibrio se conoce como temperatura peritética (T_p). A temperaturas inmediatamente por encima de la peritética, el equilibrio viene definido por la coexistencia de un líquido, cuya composición varía con la temperatura, y un sólido de composición A. A temperaturas inmediatamente por debajo de la peritética, el equilibrio está definido por la coexistencia de un líquido y un sólido de composición C. A la temperatura

peritética, el sólido de composición A reacciona con el líquido de composición P para formar un sólido de composición C. (Piña García Ruben, 2014)

Cuando un metal o aleación fundidos se enfrían, el proceso de solidificación se realiza a través de la cristalización, esto inicia en zonas específicas denominadas núcleos, los cuales corresponden al número de cristales o granos que se formarán. Los núcleos suelen estar formados por impurezas en la masa fundida de metal. Los granos crecen como dendritas, que pueden describirse como estructuras reticulares ramificadas tridimensionalmente que surgen del núcleo central. Cuando dos granos adyacentes entran en contacto dejan de crecer y se forma el límite del grano. (Ramoneda, 1997)

EFFECTO DE LA FORMA DE LA PARTÍCULA

Aleación prismática:

Conocida como convencional, esta aleación es producida en torno con diferentes tamaños de partículas (gruesa, fina y microfina), presenta una morfología superficial poliédrica-alargada característica, que le va ofreciendo diferentes propiedades. Es importante tener en cuenta su alto grado de escurrimiento, su baja resistencia a la compresión y a la corrosión, con altos valores de escurrimiento cuando son sometidas a esfuerzos estáticos y dinámicos. Requieren mayor cantidad de mercurio debido a la morfología y a la dimensión de las partículas que dificultan la humectación, son amalgamas que van a presentar un temprano selle marginal por producciones de oxidación que hace un selle de la interfase diente-restauración, más rápido que las otras clases.

Aleación esférica:

Su forma y tamaño de partícula nos va a representar una amalgama muy plástica que debe ser manipulada diferente a la convencional, teniendo en cuenta que va a necesitar menor proporción de mercurio, su trituración debe realizarse en amalgamadores de alta frecuencia para conseguir una adecuada amalgamación y

a su vez ser condensada con instrumentos de punta activa, amplia y plana, para la forma de su partícula. Su plasticidad nos dificulta la obtención de contacto (no indica que no se logre adecuadamente), pero nos va ofrecer obturaciones de muy buena superficie, bajo escurrimiento, alto pulimiento, una muy alta resistencia a la compresión (en una hora mayor aunque la presentada por las convenciones a los 8 días).

Aleación combinada

Compuesta por 2/3 de prisma más 1/3 de esférica, con eutéctico de Ag-Cu es la aleación más comercializada hoy en día. Posee menor fractura marginal. Su escurrimiento es menor hasta un 300%, que las convencionales. El aditivo de Cu (eutéctico) hace que se disminuya la fase gamma 2 (Sn Hg) por afinidad que existe entre el estaño y el cobre por lo que se espera en seguida menor filtración marginal y mayor resistencia a la corrosión, brindando restauraciones con alta resistencia, buena adaptación e integridad marginal.

Es importante que el operador conozca las diferentes tipos de aleaciones de amalgama para poder tener en cuenta la forma de colocación, tiempo de manipulación y forma de colocación,

Tomando en cuenta los anteriores aspectos también se debe considerar que existen otros factores que afectan al cambio dimensional:

Tamaño de las partículas: Cuanto más pequeñas, mayor es la superficie de interfase con el mercurio, y este puede disolver más rápidamente las fases iniciales de la aleación y la contracción inicial es mayor.

Cantidad de Mercurio: Si existe más mercurio del necesario, este reaccionara en mayor medida con las partículas, y de la formación de más fases gamma 1 y gamma 2 lo cual lleva consigo una mayor expansión.

Trituración: Si se aumenta el tiempo normal de trituración, se produce una contracción inicial mayor y menor será a la expansión.

Condensación: Influyen en ella tanto el tiempo en que se realiza como la fuerza que se aplica. Si el tiempo en el que se condensa es inmediatamente, como debe ocurrir, después de la trituración, el mercurio que no reacciona en el inicio, aflora a la superficie y puede ser fácilmente eliminado al recortar el exceso de amalgama que se utiliza, con lo cual las propiedades mecánicas serán mejores. (La amalgama dental, 2017)

Es preciso aliviar las microtensiones incluidas en las partículas durante el corte y paso por el molino de bolas para que no se liberen lentamente con el tiempo para provocar un cambio en la aleación, especialmente en la velocidad de amalgamación y la alteración dimensional que ocurre en el endurecimiento. El proceso para aliviar tensiones comprende un ciclo de templado a una temperatura moderada normalmente durante varias horas, aproximadamente a 100° C. por lo general la aleación será estable respecto a su reactividad y propiedades cuando se almacena por un tiempo indefinido. El tamaño medio de las partículas de los polvos actuales se ubica entre los 15 y 35 μm . Un polvo que contenga partículas minúsculas requerirá de mayor cantidad de mercurio para formar una amalgama aceptable. (Anusavis KJ, 2004)

Por otro lado el proceso de cristalización se produce cuando una sustancia pasa de estado líquido a estado sólido, es decir cuando cambia su estado de agregación. Para que se produzca la cristalización es necesario que el proceso vaya acompañado de una disminución de energía libre. Consta de tres etapas

- a) Formación de los centros de cristalización
- b) Crecimiento dendrítico
- c) Formación de los granos

Es así como llegamos los procesos de uniones químicas entre los metales en este caso de los que componen a la amalgama y se explica cuando en un metal existen iones positivos del metal que resultan de perder sus electrones de valencia. Estos iones se ordenan en una red cristalina que permanecen unidos a pesar de ser cargas de igual signo, ya que los electrones de valencia del metal se mueven por la red cristalina formando una nube electrónica, que evita las repulsiones entre los iones positivos. Estos electrones pertenecen a todos los átomos, son compartidos por todos ellos, y tienen libertad para moverse por toda la red iónica del metal.

Esto explica que sean dúctiles y maleables, podemos hacer hilos y láminas, que se pueden doblar sin fracturarse. Los metales son buenos conductores de calor lo que se debe a la existencia de electrones libres.

No se pueden disolver en ninguna sustancia. En los metales los iones se ordenan de una manera muy compacta, por lo que la densidad de estas sustancias es elevada. Sus temperaturas de fusión y de ebullición son muy variables, dependiendo de la fortaleza del enlace metálico, que suele ser mayor al aumentar el número de electrones libres

La clasificación del enlace químico depende del hecho de que se unan átomos, o bien, moléculas. A la unión de átomos se le llama: enlace entre átomos y a la de moléculas se le conoce como: enlace intermolecular. Ahora bien, la clasificación del enlace químico entre átomos va a depender del tipo de elemento que participe en el enlace, ya sean metales o no metales.

Los átomos de los metales (en estado sólido) se encuentran unidos por medio del enlace metálico. Todos y cada uno de los átomos del metal comparten los electrones del último nivel de energía, forman así una red tridimensional y compacta de cationes ordenados llamada cristal metálico que está inmersa en una nube de electrones compartidos; esta estructura tiene gran estabilidad.

Ya que los átomos de los metales tienen pocos electrones en su última capa, por lo general 1, 2 ó 3, éstos pierden fácilmente esos electrones (electrones de valencia) y se convierten en iones positivos. Los iones positivos resultantes se ordenan en el espacio y forman la red metálica.

Los electrones de valencia desprendidos de los átomos forman una nube de electrones que puede desplazarse a través de toda la red. De este modo, todo el conjunto de los iones positivos del metal queda unido mediante la nube de electrones con carga negativa que los envuelven. (Anusavis KJ, 2004)

El mercurio hace posible la reacción química facilitando el endurecimiento del material restaurador una vez que ha sido colocado en el órgano dentario. Un relleno oclusal típico en un molar humano contiene entre 750-1000 mg de Hg y tiene un tiempo de vida útil de entre 7-9 años. (Morales FI, 2003)

Por otra parte Louis Regnart, conocido como el “padre de la amalgama” adicionó a las aleaciones que se utilizaban como restauración un cemento mineral y mercurio, reduciendo así la temperatura de estos materiales a la hora de ser vertidos sobre las cavidades de los órganos dentarios. Las partículas de aleación sin reaccionar de plata-estaño se consideran como fase gamma. Estas partículas se combinan con mercurio y forman una matriz que consiste en las siguientes fases:

1) La fase gamma o compuesto intermetálico de plata y estaño, que no se ha disuelto por el mercurio y que ofrece mayor resistencia a la compresión con pocos cambios dimensionales en el fraguado.

2) La fase gamma 1 o compuesto intermetálico de plata y mercurio, en el que el mercurio entra en la estructura cristalina de la plata para formar una solución sólida. Es muy resistente a la compresión y presenta gran expansión.

gamma- 1 (Ag 2 Hg 3) y gamma-2 fases. (Sn 7 - 8 Hg). (Sinisterra, 2016)

La fase gamma-2 es responsable de la fractura precoz y el fracaso de las restauraciones de amalgama. Por lo tanto, el cobre se introdujo para evitar la fase gamma-2, el reemplazo de la fase de estaño-mercurio con una fase de cobre-estaño (Cu 5 Sn 5). (Macías LNG, 2015)

En el caso de las amalgamas, y para diferenciarlas de la fase gamma original (Ag_3Sn), es usual identificarlas como fases gamma-1 (plata y mercurio) y gamma-2 (estaño y mercurio). (Anusavis KJ, 2004)

Además se pueden considerar algunos otros puntos que giran en torno a las amalgamas dentales para el éxito de su utilización

Propiedades de la amalgama dental

Algunas de las propiedades de la amalgama se explicaran a continuación como primera propiedad tenemos a la corrosión galvánica que se entiende como las amalgamas dentales están en la cavidad bucal, entran en contacto eléctrico con otro material metálico presente allí, el contacto se da por la comunicación que tienen los metales a través del electrolito que es la saliva , independiente al contacto físico y también si tienen un diferente potencial electromotriz de esta manera las corrientes generadas fluyen a través de los materiales en contacto, de los fluidos y además de los tejidos bucales, causando el deterioro del material más activo y también el daño de dichos tejidos, lo que se evidencia como un dolor agudo en ellos y que es llamado “dolor galvánico” o “Shock Galvánico”. (Castaño Rivera Patricia, 2008)

Por tanto los fluidos fisiológicos bucales facilitan el proceso de corrosión electroquímica que se puede dar en las amalgamas dentales, porque son eléctricamente conductores. Entre los fluidos fisiológicos bucales están los intersticiales y la saliva, los primeros se encuentran en contacto directo con las células tisulares y son ricos en iones de cloro (Cl^-) y pobres en oxígeno disuelto.

Otra forma de corrosión es cuando tocamos con un instrumento metálico, una obturación de amalgama en la cavidad bucal, la obturación se descarga eléctricamente, tal como lo hace un flash cuando lo disparamos. Por lo anterior se explica que la constante de energía del cuerpo, que se puede restablecer en un aproximado de 10 o 20 minutos, la carga que se obtuvo primero, vuelve a reconquistarse, demostrándose la capacidad del energismo del material en contacto con nuestros tejidos orgánicos. (Emilio, 2017)

Teniendo como que el polvo es básicamente un metal que puede formar una solución líquida con el mercurio, pero sólo a baja concentración.

Por tanto se entiende que este endurecimiento puede asimilarse a la solidificación de un metal desde el estado líquido con la salvedad que, en lugar de que el cambio se produzca por una modificación en la energía térmica (enfriamiento), ocurre por un cambio en la composición en el sistema (aumento de cantidad de soluto a partir de la disolución gradual del polvo en el líquido).

Como consiguiente, el polvo debe contener un metal que se pueda disolver fácilmente en el mercurio y que forme con éste fases sólidas a temperatura ambiente (o temperatura bucal).

Uno de los metales que cumple con este requisito es la plata. Así se originó la amalgama dental que se hacía con la "pasta de plata", que es una mezcla de partículas de plata, logradas a partir del limado de monedas de plata, con mercurio.

Que de acuerdo a lo antes explicado para poder lograr algo más acorde con las necesidades mecánicas de un material para restauraciones dentales, y tener un mayor éxito de material restaurativo. Para que este propósito se cumpla el metal que puede realizar esta función puede ser, el estaño ya que tiene parte de los requisitos además de poder formar con la plata un compuesto intermetálico que, como tal, es rígido (elevado módulo de elasticidad) y confiere rigidez al producto final. Y para lograr el compuesto intermetálico se necesita una relación de tres átomos de plata por uno de estaño. (Macchi R. L., 2007)

El proceso de amalgamación en clínica consiste en la liberación de gotas de mercurio desde un compartimiento cerrado de una capsula a otro compartimiento que contiene la aleación en polvo de plata, estaño, cobre y zinc que juntos serán mezclados en un vibrador para amalgamas

A continuación daremos a conocer algunos puntos importantes que surge de la amalgama y se explicaran de manera breve:

Tolerancia biológica: La amalgama, en sí misma, es poco probable que pueda producir reacciones nocivas en el diente (órgano dentinopulpar).

Estos sistemas, que se unen a la superficie dentinaria a través de la formación de la denominada "capa híbrida", permiten lograr algún tipo de unión que ayuda obtener algún grado de continuidad entre la amalgama y la estructura dentaria. Para ello deben emplearse sistemas adhesivos de autocurado para que la amalgama en estado plástico sea colocada contra ellos antes de que se produzca la polimerización. De este modo, al polimerizar el adhesivo y producirse el endurecimiento de la amalgama, ambas estructuras quedan trabadas una contra otra y, a su vez, relacionadas con la estructura dentaria.

Propiedades físicas: Es ópticamente opaca, buena conductora térmica y eléctrica. Esto último puede hacer que sea necesario recurrir, en algunas situaciones clínicas, a la protección del órgano dentinopulpar con materiales aislantes antes de proceder a la inserción de la amalgama. El coeficiente de variación dimensional térmica es más elevado que el de la estructura dentaria (aproximadamente el doble).

Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas por esperar son las características en este tipo de aleaciones. Entre ellas se encuentran rigidez, tenacidad y resistencia compresiva elevadas (mayores a 350 MPa después de 24 horas según la ISO 24234-2015) junto a valores menores de resistencia tracción, y flexión además de y escasa capacidad de deformación permanente y escurrimiento.

Estabilidad química: En la estructura de la amalgama es particularmente notoria la posibilidad de corrosión de la fase de estaño y mercurio siempre que no sea controlado por el cirujano dentista (fase gamma-2). En un medio acuoso con iones disueltos, esta fase se disocia con formación de compuestos iónicos de estaño y liberación de mercurio que puede, a su vez, reaccionar con las partículas que no reaccionaron inicialmente (núcleos).

Este fenómeno no resulta significativo en las amalgamas donde esa fase corrosible no está presente (amalgamas con alto contenido de cobre). (Macchi R. L., 2007)

Además de lo anterior algunos puntos a considerar son los siguientes

- Cambio dimensional: primero ocurre una contracción, luego por la cristalización de la amalgama ocurre una expansión. Esta expansión depende del Tipo de aleación.
- Tiempo de trituración: mientras mayor es la trituración más contracción existe.
- Dureza: relacionada con las fuerzas compresivas, la cual es siete veces mayor al corte. Al dejar bordes finos de amalgama se fractura fácilmente.
- escurrimiento: a través del tiempo sucede una deformación permanente de la amalgama.
- Alta conductividad térmica: hay que poner una base aislante para que no se transmita.
- Coeficiente de expansión térmica: Es de 2,5 veces el de la dentina, por lo tanto se producen microfiltraciones (brechas). Al bajar la temperatura se contrae y entra líquido, y al subir la temperatura sale líquido, proceso llamado percolación. (Universidad Industrial de Santander, 2015)

Clasificación de la amalgama

Por otra parte las amalgamas se pueden dividir en diferentes rangos según su composición teniendo en cuenta la siguiente clasificación:

Dividiéndose en aleación mixta con alto contenido de cobre, composición única de alto contenido de cobre y partícula prismática de bajo contenido de cobre.

Las partículas de plata-estaño de la aleación que se mezclan al principio, ocasionan la fase denominada "gamma." (Ag₃-Sn). (Peláez Alejandro, 2017)

La amalgama dental actualmente se clasifica en dos tipos:

a) Amalgama dental tipo I:

Compuesta por mercurio, plata, estaño y cobre en baja concentración.

b) Amalgama dental tipo II:

Compuesta por mercurio, plata, estaño y cobre en alta concentración amalgama que a su vez se subdivide en cuatro clases:

- 1: Convencionales de partícula prismática.
- 2: Convencionales de partícula esférica.
- 3: De partícula prismática y esférica de fase dispersa (bifase).
- 4: De partícula esférica con precipitación de fase (unifase). (Zeballos LL, 2013)

Otras clasificaciones:

- Según contenido de Cobre:

Bajo (0-5%).

Alto (12-30%) Este no contiene fase gamma 2.

- Según forma y tamaño de partículas:

Irregulares.

Esféricas.

- Según tipo de partículas:

Fase única.

Fase dispersa.

- Según presencia de Zinc:

Con Zinc.

Sin Zinc (uso principalmente en niños para que no ocurra la expansión tardía).

De acuerdo a sus partículas:

1.- LIMADURAS.

Las partículas presentan diferentes formas geométricas. Se obtienen a partir de una pieza de aleación que se deja enfriar lentamente y después se vuelve a calentar a una temperatura inferior a la de fusión.

Después se talla la pieza en el torno en forma de láminas y se tritura. Una vez obtenidos estas limaduras se realiza un tratamiento de envejecimiento durante 2 a 6 horas a 100 ° C.

TIPO I: Limaduras de bajo contenido en cobre.

TIPO II: Esféricas de bajo contenido en cobre.

2.- ESFERICAS.

Se someten a una atomización por evaporación cuando el metal esta líquido, estas partículas se solidifican de forma esferoide.

Las esféricas requieren menor cantidad de mercurio ya que tienen mayor superficie de reacción.

TIPO III: Fases dispersas o mixtas.: Están formadas por 2/3 de limaduras de bajo contenido en cobre y 1/3 de esféricas del grupo Eutéctico

TIPO IV: Precipitación de fases: Formadas por partículas esféricas de alto contenido en Cobre.

GRUPO I / Ó CONVENCIONALES.

La composición fundamental de este tipo de aleación está constituida por la fase gamma que se presenta entre la plata y el estaño, esta fase de unión química que se presenta entre sustancias sólidas tiene formación de enlaces con el mercurio formándose las siguientes fases:

Fase gamma 1: Aleación de Plata y Mercurio.

Fase Gamma 2: Aleación de Estaño y Mercurio.

Durante las fase gamma 1 y gamma 2 la amalgama es relativamente plástica, se puede condensar y tallar, la unión de estas dos fases da lugar a la amalgama definitiva.

GRUPO II RICAS EN COBRE.

Por un lado tenemos la mezcla de mercurio con plata de la fase gamma 1 y por otro lado la mezcla del cobre y estaño, el resultado final es la formación de una fase gamma I y de una fase Estaño- Cobre, esta unión química no permite la unión del estaño con el mercurio evitando de esta manera la fase gamma II.

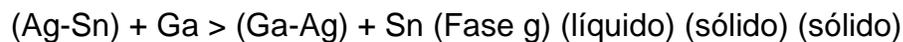
GRUPO III CON CONTENIDO EUTECTICO PLATA-COBRE.

El estaño reacciona con el cobre de la fase gamma 2 formando la fase Epsilon (Cu_3Sn) y la η (Eta) o Cu_6Sn_5 .

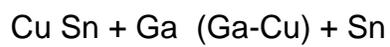
La plata reacciona con el mercurio de la fase gamma 2 formando más cantidad de fase gamma 1. Al cabo de 1 semana ha desaparecido la fase gamma 2 y durante 1 año reacciona la fase n Eta y se transforma en fase epsilon que es más estable. (La amalgama dental, 2017)

El proceso de formación de los cristales de la amalgama se describe a continuación:

La penetración del líquido en las partículas esféricas del polvo toma el lugar preferencialmente a lo largo de una estructura eutéctica de (Cu₃) trifosfato de cobre Sn y las fases beta y gamma. La reacción de endurecimiento consiste en la reacción de la fase gamma Ag-Sn esférica y el galio, envolviendo la formación de la fase Ag-Ga y estaño. La reacción es de esta forma:



La reacción entre las partículas esféricas Cu₃ Sn y Ga involucra la progresiva disolución de partículas Cu₃ Sn y la formación de b produce Ga-Cu y Sn



Aunque la reacción es metalúrgicamente diferente, el resultado final de la aleación es comparable a la amalgama. (Cedillo Valencia , 2001)

Es así como el polvo, que finalmente es mezclado con el mercurio, está constituido por alrededor de dos tercios de aleación convencional (de partículas por lo general irregulares) y un tercio de polvo (de partículas esferoidales) del eutéctico mencionado. Esta aleación es frecuentemente conocida como aleación para amalgama de fase dispersa. (Macchi R. L., 2007)

Cuando existe la mezcla de los elementos de la amalgama uno de los problemas es el escurrimiento que se define como; Propiedad que tienen las amalgamas que permite deformación plástica o deformación permanente al ser aplicada cargas estáticas permanentes. Al aplicar de forma continuada una fuerza de compresión, una amalgama experimenta una deformación continuada incluso después de haber cristalizado completamente esto puede depender de los siguientes cuatro puntos:

A) Composición de la aleación: El valor de escurrimiento más elevado corresponde a la aleación de partículas irregulares con bajo contenido en Cobre, y el escurrimiento más bajo corresponde a las aleaciones esféricas de alto contenido en cobre.

B) Condensación: El escurrimiento disminuye al aumentar la presión durante la condensación.

C) Cantidad de Mercurio: El escurrimiento disminuye la cantidad de mercurio utilizado.

D) Temperatura: Al aumentar la temperatura aumenta el escurrimiento. (La amalgama dental, 2017)

Cada paso de la manipulación, desde que se prepara la cavidad hasta que se pule la restauración puede alterar las propiedades físicas y químicas de la amalgama lo que puede significar el éxito o fracaso de la restauración. (Anusavis KJ, 2004)

Preparación de la amalgama para su correcta colocación

Se explicara la manera correcta de la preparación de las amalgamas sin provocar cambios en su estructura:

Preparación de la cavidad

Black recomendaba que para la colocación de una amalgama fuera usada bajo diseños cavitarios caracterizados por paredes planas y paralelas entre sí, piso pulpar plano, ángulos diedros y triedros bien definidos y existencia por resistencia y prevención. La propuesta actual sugiere, en lo posible una amplitud del istmo de la caja oclusal no mayores de un cuarto de la distancia intercuspidea ángulos internos redondeados para evitar concentración de tensión, extensión de la caja proximal limitada a la amplitud del área de contacto, con paredes ligeramente convergentes a oclusal y profundidad del piso oclusal y profundidad del piso pulpar limitada a la profundidad del proceso carioso. (Echeverria, 1994). El siguiente paso es la trituración de la amalgama y se explica:

Trituración

Para formular la amalgama dental, se han utilizado numerosas técnicas a través de los años, los asistentes dentales agregan unas gotas de mercurio en un mortero se le añade el polvo que contiene el resto de la amalgama, que posteriormente se tritura contra las paredes hasta obtener una mezcla homogénea es una técnica que se considerada la menos efectiva por no tener un control en la cantidad de mercurio que se utiliza para hacer la pasta que se colocara en la cavidad, también se utilizó la técnica de mezclar el mercurio con el resto de la amalgama en un dedil de goma se bate vigorosamente hasta obtener la mezcla deseada y así poco a poco se modernizaron los métodos hasta utilizar amalgamas encapsuladas; en estas cápsulas el mercurio y el polvo están separadas por una partición, la cual es rota al agitar la cápsula vigorosamente en un amalgamador, esta técnica disminuye el riesgo ocupacional de los estomatólogos y de sus asistentes, esta técnica de mezclado es la más eficaz por que se corre menor riesgo de derrames y por tener mayor control en las cantidades utilizadas del uso de este elemento. (Morales PIM, 2012)

La trituración o proceso de unión de la aleación del mercurio para formar la amalgama es un proceso inherente al tipo de aleación por la cual debemos considerar como las aleaciones esféricas requieren menor tiempo de trituración y las dispersas mayor tiempo por el eutéctico plata-cobre que forma una mayor capa de oxidación superficial.

Los cilindros de una humedad suficiente que permita su manipulación siguiendo las instrucciones del fabricante en relación a proporciones mercurio aleación, donde observamos relación de un 43% de mercurio hasta proporciones de 50%. Recordemos que la sobret trituración nos va a producir una contracción excesiva que es menos nociva que la trituración ineficiente que, nos produce una alta expansión de fraguado y mayor corrosión. El proceso siguiente es la:

Condensación

El objetivo de este paso es compactar en la cavidad preparada, es básico que se haga una presión suficiente que elimine todo el mercurio residual. Se realiza manualmente se debe considerar en el empaquetado de aleaciones esféricas el uso de empaquetadores de parte activa plana, amplia como ya lo habíamos dicho. Las partículas primáticas requieren un empaquetador estriado de punta pequeña para lograr una adecuada condensación. Debemos considerar en la fase dispersa que solo 1/3 de su composición es esférica y 2/3 prismática, lo que nos implica considerar lo planteado anteriormente. Con respecto a la colocación y terminado de la amalgama el próximo proceso es: Tallado se usa para dar contorno y eliminar los excesos de los márgenes de la restauraciones para lograr este objetivo es necesario esperar un tiempo inicial de cristalización, tener una buena condensación para poder usar los instrumentos de corte que nos permita dar una anatomía adecuada, sin poder desligarla de un sentido funcional para lo cual debemos checar una oclusión dinámica. El bruñido se realiza una vez que se ha condensado la amalgama, se compacta llevándose en dirección al borde cavo superficial hallándose un mejor resultado clínico consiguiendo mejor adaptación marginal que cuando se talla. Su objetivo es obtener una superficie más pulida y tersa, debe ser realizado ha baja presión se hace una vez se ha terminado tallado eliminando pequeños defectos. Es más benéfico en las aleaciones de cristalización rápida. (Uribe, 1990)

Una excesiva cantidad de polvo de aleación incorporada a la mezcla trae aparejada una mezcla en la que es difícil obtener cohesión (tiende a disgregarse), ya que el mercurio no puede mojar convenientemente el polvo en su totalidad. En consecuencia, no se alcanza la plasticidad requerida para poder condensarla de manera adecuada, con el consiguiente aumento de la porosidad (disminución de la densidad) y aumento de la posibilidad de corrosión. (Macchi R. L., 2007)

Contextos sociales sobre el uso de la amalgama

Se debe tomar en consideración algunos puntos importantes para el uso de la amalgama dental atendiendo sus ventajas y desventajas de su uso, teniendo como resultado un mejor manejo de la misma entiendo que como cualquier material utilizado en el área odontológica se debe tener en cuenta que existe un riesgo que va a estar definido como la combinación de la posibilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas de entre los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad y un factor de riesgo va a estar definido como cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión. Por otro lado se debe tomar en cuenta todos los determinantes sociales que giran en torno a la situación actual de nuestro país como por ejemplo:

Determinantes de la salud que se define al conjunto de factores tanto personales como sociales, económicos y ambientales que determinan el estado de salud de los individuos o de las poblaciones y los determinantes sociales de salud se definen como aquellas condiciones en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen, incluyendo los propios sistemas de salud. La posición socioeconómica de los individuos de esos estratos es el estratificado social más relevante en el marco conceptual que explica las desigualdades sociales en salud entre la población. Los determinantes sociales de la salud explican la mayor parte de las inequidades sanitarias, esto es, de las diferencias injustas y evitables observadas entre los países en lo que respecta a la situación sanitaria.

Con la finalidad de poder comprender mejor las etapas por las cuales la humanidad ha explicado los procesos de salud y la enfermedad se crearon los paradigmas que tratan de resolver el porqué de la aparición de las enfermedades y sus posibles soluciones de entre las cuales se encuentran:

Paradigma unicausal

En los siglos XVIII y XIX surge el estudio sobre la anatomía patológica, clínica, médica y los planteamientos de la enfermedad como resultante de la pobreza y otras condiciones sociales, de ahí partió el debate teórico de la causalidad de las enfermedades entre contagio versus condiciones sociales; este debate fue resuelto por los descubrimientos de Pasteur y Koch a fines del siglo XIX cuando se aceptó la teoría de los gérmenes como la dominante. Este es el paradigma unicausal en epidemiología, el cual trata de reconocer una causa única y fundamental para la producción de las enfermedades como un fenómeno ligado a los gérmenes y virus que sustituyó a las concepciones míticas sobrenaturales.

Paradigma multicausal

Este paradigma surgió en la tercera década del siglo XX, ante la necesidad de dar respuesta adecuada al sistema social en el campo de la salud; se consideró la teoría unicausal insuficiente. Los problemas médicos, de acuerdo con este paradigma, se encuentran definidos por la intervención de una triada estructural: huésped-agente-medio, la cual interviene favorable o desfavorablemente para la aparición de los fenómenos que integran a la enfermedad. La salud y la enfermedad no son simples estados opuestos, sino diferentes grados de adaptación del organismo al ambiente en que vive y los mismos factores que fomentan esta adaptación, al cambiar, pueden actuar en sentido contrario y producir la inadaptación y la enfermedad. En el quehacer profesional el paradigma multicausal se incorpora a la prevención, sobre todo de tipo individual, sin considerar aun la historicidad social de los problemas médicos, y mantiene todavía algunas características del enfoque anterior respecto al quehacer elitista y costoso, así como a la planeación, la cual a pesar de incorporar aspectos pedagógicos es normativa.

Paradigma histórico-social

Este paradigma se propone construir el objeto de estudio de la epidemiología al reconocer su carácter histórico-social en el nivel colectivo y su articulación con el conjunto de procesos sociales, esto es: el proceso salud-enfermedad. La respuesta científico-técnica y social al proceso salud-enfermedad se realiza a través de una práctica profesional conformada por tres elementos articulados entre sí. El primero se refiere a la formación de recursos humanos, en los que toman importancia la práctica profesional integral, multi e interdisciplinaria, la relación entre la teoría, la práctica, y el trabajo grupal; así como la integración entre lo biológico, social, individual y colectivo. El segundo elemento es la producción de conocimientos que parte de la realidad actual. El tercero es la producción de servicios con una prevención integral, bases políticas, económicas y culturales, así como la práctica de una planeación y administración estratégica, lo que permite un desarrollo de la prevención integral hacia los valores positivos de la salud

Medidas de seguridad para disminuir el riesgo de intoxicación por mercurio

Para el uso de materiales que pueden llegar a causar algún daño debemos tomar en cuenta ciertas medidas de seguridad para tener un mejor control y evitar posibles complicaciones no solo a los profesionistas sino también a los pacientes que están en contacto con estos materiales tales medidas se describen a continuación

Las medidas que se pueden aplicar en el consultorio tanto, las condiciones que debe tener el consultorio así como también las barreras de protección que el personal del consultorio o clínica deben utilizar:

Los consultorios dentales deben estar bien ventilados, además los dentistas y asistentes dentales deben utilizar guantes y mascarillas apropiadas. Las presentes recomendaciones están basadas en la NOM-013-SSA2-1994 Para la prevención y control de enfermedades bucales, publicada el 6 de enero de 1995.

Bata o saco de manga larga y cuello alto: su objetivo es proteger las posibles áreas de contacto y contaminación al profesional, los guantes son barreras de protección específicas para las manos, el cubrebocas medida de protección para las vías aéreas superiores, debe ser desechable y estar hechos de un material de alta eficiencia contra la filtración, los lentes de protección o careta los lentes de protección así como la careta, proporcionan protección ocular contra impactos y salpicaduras de material contaminado. (COFEPRIS, 2011)

Aunque también se puede disminuir la absorción de mercurio tomando una ducha con lavado de cabello y cambio de ropa al final de cada jornada. El nivel máximo permisible de mercurio recomendado por el Instituto Nacional de Salud Ocupacional de los Estados Unidos, es de 0,05 g de vapor de mercurio por metro cúbico de aire (50 mg/cm³) para un personal expuesto 8 horas al día, 5 días a la semana.

En caso de derrames accidentales, el mercurio deberá ser recogido con jeringas y colocados dentro de recipientes con agua; para evitar que algún remanente permanezca en la superficie, ésta debe limpiarse con azufre en polvo, luego barrer y disponer el resto de acuerdo con las normas establecidas por cada país. (Morales FI, 2003)

Aunque por otro lado la National Institute Occupational Security Health, ha generado las siguientes normas para disminuir el riesgo de exposición al mercurio:

- Almacenar los reactivos en contenedores sellados.
- Lavarse las manos antes de comer, fumar o beber.
- Evitar el contacto de los reactivos con la piel.
- El trabajador debe conocer el riesgo potencial de los reactivos en su lugar de trabajo.
- Participar activamente en cursos, entrenamientos dados por el patrón acerca de seguridad e higiene en el trabajo.
- Prevenir la contaminación en el hogar: cambiarse la ropa contaminada y lavarse con agua y jabón antes de llegar a la casa; guardar la ropa de calle alejada del sitio de trabajo;

lavar la ropa de trabajo aparte de la ropa de casa: evitar llevar ropa u objetos contaminados a la casa. (Morales PIM, 2012)

En la Recomendación (Recommendation on Further Restrictions on the Discharge of Mercury from Dentistry) PARCOM sobre nuevas restricciones sobre la descarga de mercurio procedente de odontología PARCOM se establece que, a partir del 1º de enero de 1997, deberían instalarse equipos para separar el agua y la amalgama a fin de permitir recoger esta última.

FDA [Food and Drug Administration (Administración Alimentaria y del Medicamento de EEUU; equivalente al Ministerio de Sanidad y Consumo en España)]:

Señala lo siguiente:

“Las amalgamas dentales contienen mercurio, el cual puede tener efectos neurotóxicos en el sistema nervioso de los fetos y de los niños en periodo de desarrollo. (...) Las mujeres embarazadas y las personas que puedan padecer condiciones de salud que les hagan más sensitivos a la exposición de mercurio, incluyendo individuos con una ya existente alta carga corporal de mercurio, no deberían dejar de buscar el cuidado bucodental, pero deberían discutir otras opciones con sus médicos”. (Perez Dominguez, Servando)

Condiciones de manejo de los residuos de amalgama y mercurio:

Condiciones físicas relativas al recipiente de recolección y almacenamiento temporal de los residuos de amalgama y mercurio (desechos generados por una nueva restauración o por la extracción de una restauración ya existente en boca), con el fin de prevenir la generación de vapores de mercurio, ya sea por derrames accidentales, fugas o exposición directa al ambiente. (Pérez RJ, 2015)

Generalmente los residuos de amalgama son recolectados en los consultorios odontológicos en un recipiente que contiene glicerina, la cual debe ser retirada mediante varios enjuagues con agua para evitar su acumulación en el condensador (Ruiz CJ, 2008)

Se debe tomar en cuenta principalmente los odontólogos ya que el riesgo de contaminación por mercurio al que está vinculada la labor odontológica puede minimizarse considerablemente mediante diversas prácticas, muchas de las cuales no requieren grandes inversiones, sino que dependen básicamente de la sensibilización y educación de las personas, así como de la cultura, las políticas y las costumbres que caracterizan a cada entidad odontológica. (Ruiz AJ, Pérez IJ, Gómez JG, Carmona EM, Zapata AL, Carmona R, 2009)

Se dice que el mercurio de uso odontológico es un contaminante ambiental no solamente de la atmósfera del consultorio, sino también de aguas residuales y suelos, debido a su inadecuado manejo y a su incorrecta disposición final, tal como lo han reseñado Norseth y Sutow.

Donde de hecho, las primeras investigaciones que dan cuenta de los efectos adversos del mercurio fueron sobre la salud de las personas. Hoy en día, es una práctica de salud ocupacional, reglamentada por los ministerios de salud de los países inscritos en la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la realización de exámenes médicos y de laboratorio anuales en el personal que labora con este material. (Jairo Ruiz C. Carlos Mario Parra M. Héctor Sánchez L. Juan Darío Escobar G. Mauricio Correa, 2005)

Se ha encontrado que las concentraciones atmosféricas del mercurio metálico en consultorios odontológicos, son determinadas en buena medida por la presencia de sus residuos en el piso, por la eventual ocurrencia de derrames del metal y por las exposiciones que pueden presentarse durante la preparación, inserción, pulido y remoción de las amalgamas dentales. También influye el tipo de equipos de ventilación presentes, las características los pisos, paredes y techos, las prácticas de limpieza del local, higiene del personal y tipo de material usado para la amalgamación. (Gines, 2015)

Por consiguiente se describe las características que deben tener las clínicas y los consultorios odontológicos:

Los pisos: Deben ser impermeables, sólidos, antideslizantes, de fácil limpieza y uniformes, de manera que ofrezcan continuidad para evitar tropiezos y accidentes.

Techos y paredes o muros: Deben ser impermeables, sólidos y resistentes a factores ambientales como humedad y temperatura, e incombustibles. De superficie lisa y que los materiales usados para su terminado no contengan sustancias tóxicas, irritantes o inflamables. Cubiertos con materiales lavables y de fácil limpieza, tales como baldosín de cerámica esmaltada o materiales que cumplan condiciones de asepsia. (Ruiz CJA, 2008)

Aparte del que se debe tomar en cuenta las características del espacio en donde se labora también se deben considerar un esquema de trabajo para el mercurio en el Sector Salud, que esta propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que plantea lo siguiente:

A corto plazo: Elaborar los procedimientos para la limpieza y manejo de desechos de mercurio en centros de salud. (Procedimientos, programas educativos, capacitación del personal. Para los países en desarrollo, la alternativa es “establecer procedimientos de manipulación seguros que reduzcan al mínimo y eliminen la exposición de los enfermos, los trabajadores y la comunidad”. A mediano plazo: “Reducir utilización innecesaria de equipo con mercurio. Los hospitales deben hacer un inventario de su utilización de mercurio que distinga entre bienes inmediatamente sustituibles y gradualmente sustituibles. A largo plazo: Respalda la prohibición de dispositivos que contengan mercurio y promover alternativas que no lo contengan. Cada país, preferentemente con apoyo de otro experimentado, elaborará un manual de orientación nacional para la gestión de los desechos del mercurio.

Con lo anterior se puede reforzar con el Plan de Acción Regional de América del Norte para el manejo del Mercurio (PARAN-Mercurio), Fase I y II, que forma parte de las iniciativas surgidas a partir de la firma del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) entre Canadá, Estados Unidos y México.

En tales propuestas la COFEPRIS a través de la Comisión de Fomento Sanitario, también ha diseñado el Proyecto “Reducción a la Exposición Laboral por el Uso de Mercurio en la Práctica Odontológica” (PRELUM), el cual se instrumentará en todas las Entidades Federativas, con el objeto de contribuir a reducir el riesgo laboral asociado al

uso y manipulación del mercurio, mismo que afecta a los odontólogos que usan mercurio para colocar amalgamas.

1. Valorar cuantitativamente las emisiones de mercurio en la práctica odontológica para hacer una evaluación y dar certeza del costo aproximado de la disposición final del mercurio
2. Elaborar un plan de manejo adecuado de mercurio residual, mediante la vinculación con el Sector Público y Privado del Servicio Odontológico.
3. Valorar el impacto y la viabilidad de la eliminación de la amalgama como alternativa terapéutica.

Vinculación Sectorial

Las acciones de vinculación son aquellas que promueven la corresponsabilidad, participación y establecimiento de acuerdos con los sectores público y privado en apoyo al desarrollo de las acciones de protección contra riesgos sanitarios, particularmente a la implementación de actividades y operación de los proyectos. (PRELUM. (COFEPRIS))

Por otro lado se citaran algunas presentaciones que se encuentran en el mercado para disminuir la contaminación que pudieran producir las amalgamas:

SEPARADOR O TRAMPA DE AMALGAMA

El odontólogo deberá prevenir el riesgo provocado por el mercurio en sangre, para lo cual será necesario que el proceso de pulir y retirar obturaciones de amalgama se haga bajo el chorro de agua para evitar la aspiración de polvo y mercurio con aspiración directa.

CÁPSULAS DE AMALGAMA PRE DOSIFICADA

En la práctica cotidiana para colocación de amalgamas se recomienda el uso de cápsulas de amalgama pre dosificado, como otra medida para la reducción a la exposición laboral por el uso de mercurio, en caso de no ser posible la sustitución de éste por materiales

estéticos. Cuando la cápsula es agitada por el amalgamador mecánico, la membrana se rompe y pone en contacto la aleación y el mercurio amalgamándolos. De esta manera, se pretende reducir el riesgo de contaminación por manejo de mercurio. (Morales Zavala & Barcelo Santana)

USO DE TABLETAS DE AMALGAMA

El uso de tabletas de amalgama manipuladas en mortero origina residuos de mercurio por la dificultad de calcular las porciones exactas de los componentes de la amalgama, estos residuos son mercurio líquido que resulta de exprimir la amalgama en un paño y restos de mercurio y amalgama que quedan en el mortero, por lo que no se recomienda su uso.

TAMBIÉN SE CITAN ALGUNAS RECOMENDACIONES QUE PUDIERAN EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MERCURIO:

- Evitar el uso de amalgamas en pacientes que sufren enfermedades renales conocidas mediante la historia clínica, dada la toxicidad del mercurio para los riñones.
- Informar a los pacientes sobre los riesgos y beneficios implicados en el tratamiento con amalgama, concernientes a su salud dental, general y las repercusiones en el medio ambiente.
- Fomentar la prevención de la caries, evitando así cualquier tipo de restauración.
- No usar cloro ya que al entrar en contacto con amalgama, el mercurio puede ser liberado.
- Usar sustitutos de amalgama cuando sean adecuados éticamente. Es decir, fomentar en los pacientes una cultura de materiales alternativos como lo son la resina, ionómeros y compómeros.
- No usar amalgamadores con fuga de mercurio, condensadores automáticos o sistemas de alta succión con averías.
- Remover las restauraciones de amalgama mediante fresas nuevas, bajo refrigeración con abundante agua y contando con el auxilio de un eficaz y potente

artificio de aspiración. (Lincoln KE, Francesquini JL., Marques FM, Parreiras BDP, Sassi C, Picapedra A., 2010)

Las actividades que se esperan de cada sector para la prevención de la contaminación por mercurio y evitar posibles reacciones o intoxicaciones son:

Sector Público:

Universidades: Con los profesores y alumnos de la carrera de odontología así como las Instituciones: SSA, IMSS, ISSSTE, SEDENA: Estas instituciones realizarán: el pesaje del mercurio residual almacenado y el censo de odontólogos en su institución que será enviado al líder estatal de proyecto.

Sector Privado:

Asociaciones: se solicitará el censo de odontólogos agremiados a su organismo, así como requerirles el pesaje trimestral de sus residuos de mercurio, que será enviado al líder estatal de proyecto.

Colegios y Universidades Privadas: a través de los profesores y alumnos de la carrera de odontología se difundirá la información correspondiente a la sensibilización. Además, debe buscarse un acuerdo para que los alumnos que presten servicio social en instituciones de salud puedan realizar en pesaje trimestral, que se solicitará a nivel nacional, el resultado del peso total de los residuos de mercurio generados en los consultorios dentales se informará al coordinador estatal de odontología de la SSA.

Universidad

La Universidad participará en el programa de sensibilización a estudiantes de la carrera de odontología, así como a los ex alumnos que frecuenten la institución.

Instituciones

1. Los coordinadores estatales de odontología enviarán el informe (a través del formato especial que le otorgará la (COFEPRIS) a los líderes estatales de proyecto presentes en

las direcciones estatales de Fomento y Regulación Sanitaria o Comisiones Estatales, según el caso.

2. Una vez concentrada la información ésta, será enviada al líder nacional del proyecto Reducción a la Exposición Laboral por uso de Mercurio en la Práctica Odontológica de la COFEPRIS.

3. Las acciones serán reportadas en el formato STEAP correspondiente (reuniones, asesorías, número de odontólogos asesorados). (PRELUM. (COFEPRIS))

Manejo adecuado de los restos de amalgama.

De acuerdo con el Artículo 7º de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos peligrosos son de competencia de la federación. Asimismo, la NOM-052-SEMARNAT-2005 establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, incluyendo aquellos que contienen mercurio.

El mercurio residual que será destinado al pesaje de los consultorios y clínicas dentales tanto del Sector público como del Sector privado, será el mercurio líquido sobrante de la preparación de las amalgamas, así como, los restos de amalgama que se recolecten de la boca del paciente cuando se hace un cambio de amalgama, restos de amalgama que quedan en el paño en el que se exprime, restos de amalgama que quedan en la escupidera, restos de amalgama que quedan en el dique de hule; y en general restos de amalgama que queden en alguna superficie del área laboral. (PRELUM. (COFEPRIS))

Adicionalmente, se establece como criterio de toxicidad la concentración de diversas sustancias en el extracto PECT (cuyo proceso se establece en la NOM-053-SEMARNAT-1993), siendo de 0.2 mg/L para el caso de mercurio.

En México, de manera general, los residuos se clasifican en sólidos urbanos (RSU), de competencia Municipal; residuos peligrosos (RP), de competencia Federal y residuos de manejo especial (RME), de competencia Estatal.

Las especificaciones planteadas con respecto a las instalaciones para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos se indican en los artículos 82, 83 y 84 del Capítulo IV “Criterios de Operación en el Manejo Integral de Residuos Peligrosos, Sección I Almacenamiento y centros de acopio de residuos peligrosos” del reglamento.

En el **Artículo 82** se establece que las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios

Por otro lado, el **Artículo 83** establece que el almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios y en lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas

El **Artículo 84** establece que los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses.

Las siguientes normas que se citan darán una breve explicación sobre las medidas de seguridad para el manejo de las amalgamas:

NOM-052-SEMARNAT- 2005: Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. 23 de junio de 2006

NOM-055-SEMARNAT- 2003: Establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados. 3 de noviembre de 2004

NOM-056-ECOL-1993: Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. 22 de octubre de 1993

NOM-057-ECOL-1993 Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos. 22 de octubre de 1993

NOM-058-ECOL-1993 Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. 22 de octubre de 1993

NOM-145-SEMARNAT- 2003: Confinamiento de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables. 27 de agosto de 2004

Se sugiere que para los productos al final de su vida útil y las amalgamas se requieren diversas acciones como regular el contenido de mercurio en productos nuevos y elaborar programas para la separación y su manejo adecuado. (SEMARNAT, 2013)

Para la separación del mercurio de otras sustancias se debe contar con un contenedor que presente las siguientes características:

Debe ser hermético para evitar fuga de vapores de mercurio, de material irrompible para reducir al mínimo la posibilidad de accidentes. Optar por el plástico. Debe estar lejos de fuentes de calor, ya que el mercurio líquido se evapora lentamente a temperaturas ambientales de 25°C. Este contenedor, al igual que todos los materiales contaminados con mercurio, deberá ser separado, etiquetados y almacenados. (COFEPRIS, 2011)

Se puede descontaminar el operatorio con el uso de "Mercurio X", soluble en agua, que es un polvo de mercurio metálico combinado con un compuesto quelante (un sulfuro) y un agente de dispersión; la solución cubre las gotas de mercurio con el compuesto de sulfuro para inhibir la vaporización, el polvo de sulfuro forma una película que va a cubrir a las gotas de mercurio y será efectiva mientras estas no sean puestas en movimiento. (Morales Zavala & Barcelo Santana)

Como objetivo final la eliminación progresiva de prácticamente todos los usos dentales del mercurio. Esta supresión gradual debe ser planificada y organizada, y debe poner énfasis permanente en la restauración adecuada a fin de prevenir la reaparición de caries y el potencial de malnutrición en áreas de escasos recursos.

Asimismo, debe tener en cuenta la disponibilidad real de los materiales alternativos, el equipo necesario para utilizarlos, la capacitación de los odontólogos en su uso y los costos para el paciente y para la sociedad. (Erdar Ph DS, 2012)

Por lo desarrollado en los párrafos anteriores, debemos tomar conciencia del posible riesgo y empezar a trabajar desde abajo y desde dentro con nuestros colegas e introducir en los contenidos de pre y posgrado elementos que le permitan al dentista tener armas para manejar este problema.

Aun no tenemos en la actualidad una cultura de cuidado del uso de amalgamas, ni se están inculcando en los estudiantes de odontología. Es necesario abogar por una forma de manejo y cuidado responsable de los equipos y reactivos que contienen mercurio y se usan para el cuidado de la salud, hasta la disposición final de sus residuos. Salud sin daño es una coalición de más de 440 grupos en 52 países que trabajan por obtener un cuidado a la salud sin daño al trabajador, al paciente, a la comunidad o al ambiente. Con el uso del mercurio en las amalgamas se busca el menor daño en la salud por tal motivo la existencia de estas asociaciones que ayudan al mejor manejo de estos materiales en donde varios países para buscar un mismo fin. (Sanin NH, 2006)

Afecciones que pueden causar las amalgama

Debemos de tener claro que cualquier material que sea colocado dentro de la cavidad bucal puede causar una alergia no solo la amalgama dental y la alergia es definida como una reacción exagerada y anormal del organismo cuando entra en contacto con un alérgeno, un anticuerpo reagínico, fundamentalmente IgE. Las alergias que suceden en el territorio maxilofacial se incluyen en la dermatitis de contacto de fisiopatología alérgica y responden al mecanismo de hipersensibilidad tipo IV o tardía o al tipo I o inmediata.

Se define como reacciones de hipersensibilidad tipo IV a la alergia que es causada por contacto al látex del guante, alergias a los metales, reacciones liquenoides a las amalgamas, piercings en la región bucal, tratamiento ortodóntico (liberación y absorción de iones metálicos) e implantología.

En los iones metálicos de algunas restauraciones dentales en la cavidad oral son liberados como resultado del proceso de corrosión de los materiales, penetran el esmalte, la dentina, la pulpa y la gingival, es decir, tanto tejidos duros como blandos y causan síntomas locales y generales (o ambos).

Tal liberación de iones es de interés por ser fuente potencial de alérgenos en reacciones de hipersensibilidad.

Para que los metales provoquen alergias deben sufrir un proceso de ionización que se facilita por el contacto de este con fluidos biológicos como la saliva o el fluido crevicular.

La extensión de esta corrosión depende del pH, la composición de la saliva, la temperatura y la carga mecánica.

Los microorganismos en la corrosión de los metales juegan un papel significativo; la biopelícula que se forma en la cavidad bucal, denominada placa bacteriana, es capaz de producir ácidos y contiene, aunque en pequeñas proporciones, bacterias reductoras de sulfatos capaces de corroer los metales que se encuentran en la boca y liberar iones metálicos que puedan desatar reacciones alérgicas. (Brito Ferrer & Fernandez García , 2015)

Otras áreas en dónde se absorbe el mercurio son la piel, membranas mucosas, glándulas salivares, dientes y el periodonto. En el órgano dentario, el mercurio es absorbido en el esmalte y los túbulos dentinarios.

En este caso las bacterias bucales tienen un papel importante ya que, a su vez, liberan metilmercurio como producto, estas bacterias son bacterias reductoras de sulfato (BRS) que se encuentra en la boca de aproximadamente el 10% de los individuos periodontalmente sanos; mientras que entre los pacientes con periodontitis, la frecuencia de presencia de BRS aumentó significativamente (58-72% de los pacientes).

Es importante mencionar que los niveles de glutatión, una sustancia producida por el cuerpo que es muy importante para la desintoxicación de metales pesados, por su polimorfismo puede afectar el metabolismo del mercurio. (Mendez Visag, 2014) Se desconoce el estado químico y el mecanismo de penetración, sin embargo, se reconoce en el tejido pulpar una reacción inflamatoria inicial y pronunciada como respuesta al efecto de los iones mercuriales, provocando cambios vasculares, reducción de la capa de odontoblastos, formación de dentina secundaria y una acumulación de leucocitos, después de una semana se observa una reducción importante de leucocitos gradual hasta que termina desapareciendo. (Milián E, 2005)

En este caso las metalotioneínas, que tienen un papel importante en la homeostasis de metales, se unirán fuertemente a estos, acelerando el proceso de desprendimiento; dichas proteínas también poseen una función en la desintoxicación por metales pesados, y siendo el mercurio uno de estos, se podría explicar la presencia de la proteína en cuestión. (Díaz Caballero Antonia, 2012)

Ya que se explicó cómo es que evoluciona la alergia que se presenta en contacto con la amalgama, es necesario explicar los sucesos que se desarrollan a causa del mercurio sobre los Leucocitos Polimorfonucleares (LPMN), células fagocíticas profesionales de vida corta, altamente especializados, cuya función primordial es defender al huésped de las bacterias, debido a que estas producen moléculas quimiotácticas y promueven a los LPMN al sitio de la infección fagocitando las noxas.

Llegando en una supuesta "Declaración de Consenso de la OMS sobre la Amalgama Dental" de 1997, de la cual se desprendería, como conclusión, que las amalgamas dentales son inocuas para la salud, pudiendo únicamente producir, a lo sumo, en ciertos casos, efectos a nivel local o reacciones alérgicas. Sin embargo, la OMS no ha publicado ningún Informe oficial sobre la amalgama dental, y menos en el sentido de los supuestos daños que esta causa en la salud. Esa "supuesta Declaración de la OMS" constituye, cuanto menos, un engaño interesado, que la Justicia debería dirimir. Los informes oficiales de la OMS dicen todo lo contrario,

pues neutralmente advierten del riesgo/efectos adversos de las amalgamas. (Perez Dominguez, 2009)

Por otra parte desde el punto de vista odontológico, se puede decir que el mercurio llega al cuerpo por diferentes vías:

Desde la cavidad bucal y nasal llegan vapores de mercurio a la circulación sanguínea y a través de los nervios directamente al cerebro; los vapores de mercurio al ser inhalados penetran a los pulmones por las vías respiratorias, de allí pasa por el torrente sanguíneo, donde se transforma una parte del vapor de mercurio oxidándose y formando iones de mercurio ($Hg^0 \rightarrow Hg^{+2}$). De esta forma es almacenado en órganos como el hígado y el riñón;

Esto nos lleva a una clasificación de la intoxicación y esta se va a clasificar como:

La intoxicación subaguda: es una forma de presentación clínica más frecuente que la aguda y afecta en todos los casos al sistema nervioso central, aparece lo largo de semanas, meses o años, y se caracteriza por una alteración de mucosas (estomatitis y gingivitis que puede llevar a la pérdida de órganos dentarios) además de un temblor involuntario que se inicia en los dedos de manos, párpados, labios y lengua, progresando posteriormente a las extremidades, desaparece durante el sueño y aumenta con estados de excitación. (Valderas Jaime J, 2013)

Intoxicación aguda: La intoxicación aguda por vapor de mercurio elemental suele ser de manera accidental en el lugar de trabajo por personal que se dedica a las industrias relacionadas con este metal.

Por lo general, los primeros síntomas de la intoxicación aguda son respiratorios, ya que afecta en primer lugar al pulmón y vías respiratorias. (Bena Tostado Martin, 2014)

Depende de la forma de mercurio implicada en la intoxicación y la presencia de complicaciones por la acción corrosiva del mismo, como perforación gástrica o esofágica, falla renal aguda, coma y muerte. ((MINSA), Ministerio de Salud)

Las manifestaciones agudas ocurren cuando hay exposición súbita a altas concentraciones de vapores de mercurio ocasionando bronquitis y bronquiolitis erosiva con neumonitis intersticial, esto origina un cuadro de edema pulmonar agudo no cardiogénico.

La ingestión de mercurio metálico tiene pocos efectos sistémicos debido a su muy baja absorción en el tracto gastrointestinal; localmente puede producir un efecto irritativo menor. Otros trastornos gastrointestinales de la intoxicación por mercurio son la gastritis y la gastroduodenitis. La faringitis inespecífica es relativamente frecuente. Un síntoma muy característico es el deseo de dormir, y el paciente suele dormir durante períodos prolongados. (Gunnar, 2017)

Más tarde pueden aparecer neumonitis intersticial, bronquiolitis necrosante y edema pulmonar.

Las manifestaciones renales incluyen proteinuria, necrosis tubular aguda e insuficiencia renal oligúrica.

Se ha encontrado conjuntivitis y exantema eritematoso con una exposición relativamente leve al vapor de mercurio.

Ingestión aguda:

El mercurio elemental líquido ingerido se absorbe mal y, por lo tanto, sólo constituye un riesgo de toxicidad limitado. Las personas con anomalías gastrointestinales (como fístula o perforación de estómago) pueden acumular el mercurio y absorberlo después.

Contacto directo agudo: El contacto con mercurio líquido se ha asociado con una dermatitis caracterizada por un eritema papular. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2009)

Intoxicación Crónica: La intoxicación crónica se relaciona con el tiempo de exposición y con la concentración de los vapores en el medio laboral dando una

sintomatología insidiosa. Además de unos pródromos inespecíficos en forma de astenia, dolores generalizados, anorexia y malestar general, pueden diferenciarse tres síntomas clínicos principales: Estomatitis mercurial, Eretismo mercurial, Temblor (Guía de manejo intoxicación por metales pesados)

La intoxicación crónica por mercurio se caracteriza por temblor intencional, gingivitis con salivación excesiva y eretismo. El eretismo consiste en un comportamiento extraño con excitación, timidez excesiva e incluso agresividad. (Ardevol M, 2011)

La mayoría de los síntomas desaparecen tras el cese de la exposición, aunque la persistencia de síntomas neurológicos es frecuente. La vida media de excreción del mercurio depende de su forma química y de donde se deposite.

También la mayoría de las formas se eliminan entre uno y dos meses, a excepción de los depósitos en SNC que pueden perdurar años. Los niveles en sangre en exposición aguda se mantienen de 3 a 5 días. (Curt Nuño F, 2012)

Evoluciona en forma insidiosa y desfavorable si existe daño neurológico y renal, sobre todo si la intoxicación se dio en etapa prenatal.

La exposición al mercurio de las amalgamas dentales ha disminuido significativamente en los últimos años debido a la conducta responsable y ética del profesional, además de adecuaciones de los protocolos para el manejo adecuado del mercurio. (Peláez Alejandro, 2017)

Entendiendo lo anterior se pueden citar algunas de las enfermedades que pudieran ser causadas por la amalgama dental a causa de sus componentes y estas se describen a continuación:

➤ Estomatitis Mercurial :

Su primera manifestación es: sialorrea profusa, formación de ulceraciones en encías y paladar, gingivorragias y sensación de dientes largos, coloración parda negruzca de la mucosa gingival “Ribete de Gilbert “, diente mercurial de Letulle (color pardo azulado) pigmentación puntiforme de color gris pizarra de la mucosa bucal, en el lado vestibular de las encías (generalmente en la mandíbula), el paladar e incluso en la parte interior de las mejillas.

Además se presenta faringitis eritematosa. Esta absorción decrece con la edad de las piezas dentarias. Möller demostró la penetración de mercurio a través de los túbulos dentinarios hasta el órgano pulpar de 1 hasta 7 días después de haber colocado la restauración de amalgama dental.

Comienza con los síntomas subjetivos de la gingivitis y un aumento en la salivación (ptialismo mercurial) y el recubrimiento de la lengua. Náuseas, vómitos y mareos. Síntoma principal es la sialorrea, usualmente acompañada de hipertrofia de glándulas salivales. El paciente percibe un sabor metálico y aliento fétido.

Al comer y beber, se produce una sensación de ardor y molestia en la boca, las encías se inflaman progresivamente, y sangrado espontáneo y en los casos agudos, los pacientes presentan fiebre alta, inflamación de los ganglios submaxilares y un aliento sumamente fétido. También se ha observado periostitis alveolo dental.

También se ha descrito una En algunas veces la gingivitis recurrente afecta al tejido que sostiene los órganos dentarios y, en muchos casos, es necesario extraerlos o se caen solos Una manifestación más rara es la faringitis de Kussmaul, en la que se observa una coloración rojo brillante con una fina arborización en la faringe, las amígdalas y el paladar blando.

➤ Eretismo Mercurial:

Se caracteriza por trastornos psíquicos como depresión, crisis de llanto inmotivado, pérdida de memoria, insomnio e indiferencia por la vida, delirios, alucinaciones, psicosis maniaco-depresiva. (Guía de manejo intoxicación por metales pesados)

Generalmente las primeras en aparecer, destacan la presencia de irritabilidad, tristeza, insomnio, ansiedad, pérdida de memoria, excesiva timidez, labilidad emocional, alteración del juicio, depresión e incluso estados paranoides. Esta sintomatología constituye el denominado “eretismo mercurial”.

➤ La lesión liquenoide oral de contacto:

La LLOC se considera una reacción de hipersensibilidad retardada (tipo IV) a materiales de restauración dental (comúnmente a la amalgama de plata). Las lesiones aparecen próximas a la restauración sospechosa, afectando los bordes laterales de la lengua y la mucosa bucal. Su diagnóstico se basa en la clínica, la histología, la prueba de parche cutáneo y la sustitución del material sospechoso. La duración del contacto entre la mucosa oral y el material causal es probable que sea un factor importante.

El dolor es el síntoma más prevalente, relacionado con formas atrófico-erosivas, pero también se pueden observar complicaciones orales locales como sabor metálico o sequedad de boca, difíciles de relacionar con una respuesta alérgica. (Chimenos KE, Manifestaciones orales de toxicidad sistémica: patología liquenoide., 2015)

Harrison (2006), los odontólogos pueden padecer el reconocido y peculiar Síndrome Asténico Vegetativo o «micromercurialismo», representado por fatiga, anorexia, pérdida de peso e disturbios gastrointestinales. (Lincoln KE, 2010)

Otros de los signos son las lesiones visibles que usualmente encontramos clínicamente en la mucosa bucal, referidos a manchas o pigmentos de colores variados, van desde el negro hasta el azul, pasando a los tonos grisáceos.

Aunque la mucosa bucal reacciona de diferentes maneras mostrando sus cambios específicos en cada uno de sus componentes tisulares, el estrato germinativo hace el papel de filtro acumulando un pigmento amarillo café que se transmite en forma de halo. El conectivo subyacente muestra los contenidos metálicos en forma de micro esferas o como depósitos amorfos.

El hallazgo más significativo está referido al compromiso vascular. Las microesferas metálicas se pegan con cierto tropismo positivo a las células endoteliales. El tejido localmente reacciona con una respuesta inflamatoria de tipo mononuclear moderada. (Tamasama MCE A. A., 1995)

➤ Tatuaje por amalgama

El tatuaje por amalgama, también conocido como pigmentación por amalgama, es de las pigmentaciones orales de origen exógeno más comunes. Como su nombre lo indica es el producto del depósito en el tejido conectivo subepitelial de residuos de amalgama resultado de procedimientos iatrogénicos como la propulsión e inserción de partículas de este material restaurador a altas velocidades en la mucosa, posiblemente también por la implantación de residuos de amalgama durante la extracción dental o durante el tratamiento endodóntico.

Clínicamente se presenta como manchas de tono gris-marrón o azulado-negro, dependiendo de la profundidad a la que se alberguen las partículas en el tejido. Histológicamente se encuentran partículas oscuras de amalgama distribuidas en la dermis a lo largo de las fibras colágenas y dentro de macrófagos, fibroblastos, células endoteliales y células gigantes multinucleadas. Cuando los fragmentos son más grandes, estos no pueden ser ingeridos por los fagocitos, en cambio, son rodeados por macrófagos, que tomarán unas conformaciones más aplanadas, y reciben el nombre de células epitelioides (formación de un granuloma). (Díaz Caballero Antonia, 2012)

En lo que respecta a las lesiones clínicas causadas por tatuajes de amalgama, pueden presentarse como máculas, pápulas, nódulos o lesiones liquenoides, lo cual depende de la extensión de las lesiones y de la localización en la cavidad bucal, siendo las más frecuentes las máculas o máculo-pápulas en la mucosa bucal. Las máculas se presentan como manchas pigmentadas y las pápulas o nódulos, se evidencian como lesiones elevadas y pigmentadas en la mucosa bucal; mientras

que las lesiones liquenoides pueden simular el aspecto característico del Liquen Plano de la mucosa yugal.

Cuando se presentan los casos de tatuajes extensos por amalgama en la mucosa bucal estos no son frecuentes y en ocasiones, las lesiones clínicas no siempre se localizan en los sitios vecinos a una obturación, sino en zonas distantes de la cavidad bucal, como en los labios, en la mucosa vestibular y en otras áreas de la mucosa. (Trujillo S, 2012)

Estas lesiones son completamente asintomáticas, mal definidas, ubicadas en el 50% de los casos en encía o mucosa alveolar y un 20% en mucosa bucal.

El polvo de amalgama es degradado intracelularmente por los macrófagos y las células gigantes con liberación continua de mercurio, los residuos de plata se diseminan difusamente sobre los tejidos, los fragmentos más grandes son rodeados inicialmente por los macrófagos y luego por una cápsula fibrosa donde son descompuestos lentamente. En el caso del cobre y el zinc desaparecen rápidamente de la lesión, el mercurio y el estaño lo hace de forma más lenta mientras que la plata se mantiene. (Fang L, Tatuaje por amalgama: un peculiar caso clínico., 2012)

En lo referente a las complicaciones sistémicas asociadas a esta patología, se encuentra la absorción de mercurio de las amalgamas dentales, que puede exponer al individuo a posible intoxicación mercurial, debido al efecto tóxico acumulativo de este metal que se absorbe en forma directa a través de la mucosa bucal. (Trujillo S, 2012)

➤ Parkinsonismo

Este se caracteriza por una marcha inestable y vacilante, la ausencia de reflejos de recuperación del equilibrio e hipotonía; los síntomas vegetativos son leves y comprenden inexpresividad del rostro, sialorrea, entre otros; el parkinsonismo suele encontrarse en su forma más leve, en especial como micro-parkinsonismo.

Aproximadamente hacia el segundo o tercer día aparece una estomatitis mercurial, y también pueden aparecer eritemas escarlatiniformes acompañadas a menudo de adenopatía, sobre todo en pliegues y región periumbilical. Por último se produce un cuadro de insuficiencia renal anúrica por necrosis tubular, que puede derivar de la muerte en un periodo de 8 a 12 días (aunque se puede producir en 24 horas en caso de shock grave). (Luordo D, 2014)

Unos de los síntomas que presenta el paciente es que tiende a hablar de forma entrecortada y es difícil entender lo que dice (pselismo mercurial); cuando cesa el espasmo, las palabras se producen demasiado rápido. En los casos más similares al parkinsonismo, el habla es lenta y monótona y la voz puede ser muy baja o completamente ausente; sin embargo, el habla espasmódica es más frecuente.

La amalgama se ha relacionado con enfermedades tan diversas como con el Síndrome de Young (sinusitis crónica, bronquitis, bronquiectasia en hombres con azoospermia obstructiva); dermatitis atrófica, asma, demencia, infarto cerebral, osteoporosis, hipertensión y diabetes. (Mayans RE Q. B., 2017)

Pruebas de laboratorio para el diagnóstico de toxicidad por amalgama

Existen algunas pruebas que pueden ser aplicables a los pacientes que se tenga la sospecha de alguna condición alérgica a las amalgamas o bien en casos más graves la posible intoxicación por las mismas, a continuación se da una lista de cuáles son estas pruebas y en qué consisten:

- Prueba en sangre

La sangre se analiza principalmente para detectar la presencia de metilmercurio. También se pueden detectar otras formas de mercurio (metálico e inorgánico), pero la cantidad presente disminuye a la mitad cada tres días, a medida que el mercurio se va movilizando hacia otros órganos, como el cerebro y los riñones. Por este

motivo, el análisis de sangre debe realizarse pocos días después de una posible exposición.

El promedio de mercurio en sangre es: personas con amalgamas 0.7 ngr/ml personas sin amalgamas 0.3 ngr/ml. Se requiere 35ngr/ml y un largo periodo de exposición para que aparezcan síntomas (INECC)

- Prueba en orina

Para este análisis, se puede usar una muestra de orina de 24 horas. Para esta muestra, se debe recolectar toda la orina que genera en 24 horas La obtención de la muestra de aproximadamente 100 ml se realiza en horas de la mañana utilizando un recipiente de polietileno estéril. Las muestras se almacenan a -20 °C hasta que se realiza el análisis.

La orina se utiliza para detectar el mercurio metálico y las formas inorgánicas de mercurio, pero no el metilmercurio. (Tirado ALR, 2015)

La relación entre mercurio en orina y superficie de amalgama es de 0.09 µg/l por superficie de amalgama, es decir que 10 superficies de amalgama aumentan los niveles de mercurio urinario en 1 µg Hg/L, cifra que coincide con los valores obtenidos por otros autores. (Ardevol M, 2011)

- Prueba de hidrargiria provocada:

El aumento de la excreción urinaria de Hg tras la administración de agentes quelantes se correlaciona bien con los depósitos corporales totales. El DMPS (2,3 dimercapto- 1-propanesulfonate) es el más empleado. Otros quelantes: British Anti-Lewisite y DMSA. (Curt Nuño F, 2012)

- Prueba en saliva

En el caso del mercurio, Zimmer, considera que los niveles en saliva no se correlacionan con las concentraciones en sangre y orina, pero sí con el número de

amalgamas o de las superficies dentales restauradas, por lo que el monitoreo de mercurio no se recomienda en saliva.

La recolección de muestra salival implica tomar en cuenta algunas consideraciones generales como la hora del día en que se realiza y la higiene bucal, por lo que es recomendable que los sujetos de estudio no ingieran alimentos ni bebidas, ni realicen actividades como fumar y masticar gomas de mascar durante 30 minutos previos a la obtención de las muestras, con el fin de evitar la contaminación.

Para uso en ciencias de la salud, se comercializan diferentes dispositivos de toma de muestras de saliva, que consisten en un kit que contiene un tubo de ensayo y un tampón con un conservante que permite estabilizar las muestras y evita la degradación microbiológica. (Sofía, 2005)

- Cantidad de mercurio en cabello

Para cabello existen dos alternativas: una, tomar varios mechones distales de cabello de diferentes áreas, otra alternativa es tomar un solo mechón cortado a ras del cuero cabelludo, colocarlo en hoja de papel, fijarlo con cinta adhesiva, y marcar la parte proximal y la distal, se debe utilizar instrumento de acero inoxidable. Las muestras requieren lavado en repetidas ocasiones utilizando un detergente desionizado y tres enjuagues posteriores con agua desionizada. El secado de las muestras se realiza a 60 °C durante 4 horas en un horno eléctrico previamente designado. (Tirado ALR, 2015)

El análisis del cabello permite detectar una exposición al metilmercurio ocurrida varios meses atrás. Sin embargo, esta prueba es compleja y generalmente no se utiliza. (Vigilancia de la intoxicación por mercurio. Protocolo de vigilancia de la intoxicación por mercurio)

Se puede encontrar Hg en el cabello, en una proporción con respecto a la sangre de 250-300:1, convirtiéndose en un indicador biológico de exposición. En el crecimiento del cabello, se refleja la concentración más reciente de Hg en sangre. Como el cabello crece alrededor de 20 cm/año, se puede obtener un antecedente

de exposición, analizando la presencia de Hg en diferentes segmentos del mismo. (Mendiburu ZCE, 2011)

- La prueba del chicle:

Se emplea para demostrar que se desprende mercurio de las obturaciones de amalgama que se encuentran en la boca. Antes de hacer la prueba se guarda un poco de saliva. Luego se mastica de forma intensiva durante unos diez minutos un chicle. Posteriormente se analiza la saliva en un laboratorio respecto a su nivel de mercurio.

- Electro-acupuntura según Voy (prueba EAV):

Esta prueba no mide el mercurio que excreta el cuerpo sino la contaminación del cuerpo. Si se realiza la prueba con exactitud se pueden conseguir resultados fiables con EAV.

No solo el nivel de intoxicación se puede medir sino también que órganos están especialmente afectados o dañados. (Sofía, 2005)

- Prueba de metales pesados:

Este método existe desde hace pocos años, con ella el médico puede diagnosticar de forma rápida y sencilla el grado de la intoxicación con una prueba de orina.

- Prueba de DMPS:

DMPS (Dimercapto-propansulfonato) es una sal sulfúrica a la que se adhiere el mercurio en la sangre. A través de la orina y la defecación se excretan los tóxicos. Se analiza la orina entre 45 y 60 minutos después de la inyección de DMPS en búsquedas de mercurio y otros metales. De esta forma puede deducir la gravedad de la intoxicación.

- Radiografía:

Debajo de las obturaciones de amalgama se forman muchas veces depósitos de amalgama, con una radiografía un médico experto puede localizar estos depósitos.

- Análisis del tejido con una tomografía:

Con una tomografía se puede descubrir si el tejido está contaminado con metales pesados. En los portadores de amalgamas suelen ser en la corteza cerebral, la hipófisis y la mandíbula. (Sofía, 2005)

La técnica instrumental de medición por espectroscopia de absorción atómica con vapor frío, es aplicable al análisis de materiales diversos como sedimentos, materiales biológicos, tejidos etc., siempre y cuando un procedimiento inicial para la digestión y oxidación de la muestra, se realice asegurando que el Hg en la muestra se convierte a ion Hg y que éste, se encuentra disuelto en medio acuoso. Esta técnica permite analizar el Hg total procedente, tanto de compuestos de Hg orgánico e inorgánico. (Mendiburu ZCE, 2011)

Estudios in vitro:

Hummert (1993) someten varias preparaciones de amalgama a la acción de agentes blanqueadores dentales con peróxido de carbamida y observan una activa oxidación de las amalgamas liberando iones de mercurio en la solución.

Como en toda enfermedad debe tener su tratamiento dependiendo en donde se presenten las enfermedades al igual que se dan los pasos a seguir cuando se presente intoxicación por el uso de las amalgamas que medicamentos son los indicados para su tratamiento las dosis y las indicaciones del cuidado que se debe tener.

Tratamiento

Dependiendo de la zona afectada por la amalgama se pueden administrar distintos tratamientos o pasos a seguir para que no se ocasionen lesiones o afectaciones graves:

1. En caso de contacto ocular:

Realizar el lavado de la zona afectada con abundante agua por 15 minutos y referir según fluxograma al siguiente nivel de atención.

2. En caso de contacto dérmico:

Retirar toda la ropa contaminada y disponerla como un residuo tóxico (bolsa amarilla), realizar el lavado de la zona afectada con abundante agua y jabón por 15 minutos, y de tener alguna herida realizar la curación con sustancia antiséptica. Si la irritación persiste, referir según fluxograma al siguiente nivel de atención.

3. En caso de inhalación de vapores de mercurio metálico:

Retirar a la persona del área contaminada, brindar medidas de soporte (oxígeno húmedo permanente, manejo electrolítico entre otros), lavado de la piel y mantenerla en observación por 6 a 12 horas, por el riesgo de aparición de una neumonitis aguda según evolución clínica. Realizar pruebas adicionales para verificar que no haya daño sistémico, asimismo solicitar evaluación por otras especialidades según criterio clínico. Se recomienda rehidratar con cuidado debido a que una administración excesiva de líquidos puede contribuir al edema agudo de pulmón.

4. En caso de ingestión:

Debido a la acción corrosiva de algunos compuestos mercuriales debe prevenirse los cuadros de gastroenteritis y deshidratación severa, mediante la administración de fluidos intravenosos para corregir el desbalance hidroelectrolítico. La rehidratación debe ser cuidadosa, evitando la sobrecarga de fluidos que puede contribuir al edema agudo de pulmón. De existir daño renal. ((MINSAL), Ministerio de Salud)

Tratamiento farmacológico

Los quelantes de elección para los casos de intoxicación por mercurio bajo todas sus formas en pacientes con función renal normal, son los siguientes:

- Succimero o DMSA (ácido 2,3 dimercaptosuccínico) a razón de 10 mg/kg de peso cada 8 horas por 5 días, y luego continuar la misma dosis cada 12 horas hasta completar 14 días, durante la administración de la terapia se debe monitorizar la función renal y realizar análisis de sangre. Asimismo, en casos de envenenamiento con mercurio elemental y orgánico se debe continuar la terapia hasta 24 horas después que el mercurio urinario sea menor a 20 µg/L.
- Dimercaprol o BAL (British anti-Lewisite), siendo la dosis empleada de 3–5 mg/kg vía I.M (nunca vía EV) cada 4 horas por dos días, luego se administrará 2.5–3 mg/kg IM cada 6 horas por 2 días y finalmente 2.5–3 mg/kg cada 12 horas, por 1-3 días, está contraindicado en personas con daño hepático.
- Succimer (Ácido Dimercaptosuccínico): quelante hidrofílico con excelente absorción digestiva y baja frecuencia de eventos adversos (elevación transitoria de enzimas hepáticas, trombocitosis, intolerancia gástrica). Se puede utilizar en forma ambulatoria. Se describe una probable interferencia con el metabolismo del zinc y cobre y su uso en intoxicación por mercurio orgánico podría aumentar el efecto de este metal a nivel de sistema nervioso central. (Valderas Jaime J, 2013)
- El antídoto más adecuado es el BAL, por vía intramuscular, a dosis de 3 mg/Kg/4h las primeras 48h, 3 mg/Kg/6h las siguientes 48h y 3 mg/Kg/12h durante 6 días más. La penicilamina no es recomendable dada la intolerancia digestiva que suelen presentar estos pacientes. (Ferrer Dufol, Intoxicacion por metales, 2003)

Sin embargo, no se recomienda en toxicidad por mercurio orgánico debido al incremento del nivel de mercurio en sangre, el cual ocasionará alteración en el sistema nervioso central. ((MINSAL), Ministerio de Salud)

- Siempre que exista la necesidad de recetar el medicamento de elección será la penicilamina en cápsulas de 250 mg para administrar con el estómago vacío, en tres dosis diarias para un total de 750 mg/día y para niños 25

mg/kg/día repartido en tres dosis. La duración del tratamiento deberá ser de diez días y será seguido de medición de niveles de mercurio en orina de 24 horas al tercer día de terminado el tratamiento. (Vigilancia de la intoxicación por mercurio. Protocolo de vigilancia de la intoxicación por mercurio)

El tratamiento de las reacciones liquenóides es realizado a través de la eliminación del factor causal. Frecuentemente, estas lesiones están relacionadas a una irritación del tejido provocado por el mercurio u otro componente de la amalgama y hay necesidad de su substitución por otro material dentario restaurador. La utilización de láser de baja intensidad en la región de la lesión liquenóide y de corticoides tópicos puede contribuir para acelerar la reparación del tejido local. (Virgilio, Larissa, Lilia, & Alberto, 2012)

En la actualidad no hay ningún medio de indicador adecuado, que refleje las concentraciones de Hg inorgánico en los órganos críticos, el cerebro o el riñón. Una consecuencia importante es que las concentraciones de Hg en la orina o la sangre pueden ser bajas tan pronto haya cesado la exposición, a pesar de que las concentraciones en los órganos críticos pueden seguir siendo elevados.

DISCUSIÓN

De acuerdo con lo investigado concuerdo que a pesar de que el mercurio como elemento es uno de los metales más dañinos para la salud no es lo mismo cuando es combinado con otros elementos como es el caso de la amalgama que se ha utilizado durante mucho tiempo y a lo largo de este periodo ha sido presa de varios debates entre autores, asociaciones y países donde a pesar de que no existe un estudio que verifique que el mercurio encontrado en dicha restauración en verdad se sea capaz de causar daños en la salud tal como lo es una toxicidad cabe mencionar que se debe considerar no satanizar la amalgama por sus componentes ya que cualquier material ajeno al organismo puede causar daños en la salud.

Black quien fuera de los defensores de la amalgama formulo una mezcla que fuera químicamente estable para que pudiera ser colocada en las personas sin causar daño alguno dicha fórmula fue utilizada por muchos años sin encontrar durante estos años que la amalgama causara algún tipo de daño, de igual manera la FDA afirma que no había razón para pensar que dicho material tuviera que ser eliminado del uso odontológico por el contrario señala que no se aconseja eliminar las amalgamas que ya están existentes en los pacientes.

Por lo cual concuerdo que la amalgama se puede seguir utilizando sin miedo a causar algún daño en el paciente siempre y cuando sea manejada de la manera correcta, evitando derrames accidentales, que los desechos de la amalgama sean almacenados de la manera correcta y que al momento de la colocación en el diente se haga bien.

Considero que también se deben tomar en cuenta otros aspectos hablando de México como son el nivel económico que como ya se mencionó no es el adecuado en la mayoría de los habitantes, que buscan materiales que tengan un bajo costo, fácil acceso, que duren el mayor tiempo posible y unos de los mejores materiales son la amalgama aunque claro esto no significa que no existan algunos otros

materiales que puedan cumplir con dichos propósitos, si bien lo que se debe inculcar es una cultura de prevención explicar la importancia que tiene el cuidado no solo de manera general a nivel sistémico, sino también a nivel bucal, teniendo en cuenta que en nuestro país existe una desigualdad en los servicios de salud ya que no todos los habitantes de nuestro país cuentan con un fácil acceso a dichos servicios.

A pesar de que todo apunte que la amalgama es un riesgo para la salud por su composición y que en la literatura se citen algunas de las afecciones que este material ocasiona, no se han encontrado casos de dichos padecimientos que nos pueda indicar que en efecto las cause; en mi punto estoy de acuerdo que dicho material se siga utilizando teniendo en cuenta todas las precauciones de su uso desde su colocación hasta la eliminación de dicho material.

CONCLUSIONES

Como conclusión podemos decir que a pesar de que la mayoría de las universidades de odontología en México cuentan con la materia de materiales dentales dentro del plan de estudios, no es garantía que los profesionales de odontología sepan los beneficios y desventajas de la amalgama dental la cuál ha sido estudiada en este documento.

Por lo ya explicado se puede llegar al resultado de que la amalgama dental no representa un riesgo inminente para la salud de quienes la portan y de quienes la manejan y aunque el mercurio es un metal muy toxico, la cantidad presente de dicho material no representa un riesgo para causar toxicidad.

Por otro lado, los demás componentes de la amalgama también son sustancias químicas capaces de causar daños a la salud si no son tratados o manejados de manera cuidadosa; es fundamental expresar que el éxito completo de una amalgama dental se encuentra directamente relacionado a la buena manipulación y el conocimiento químico estructural, sus características, sus ventajas y desventajas ya que influye desde el momento de la fabricación, la dosificación y amalgamación, así como si esta se realiza por medios mecánicos o manuales, el uso de capsulas predosificadas el saber la presión que se debe ejercer al momento de realizar la condensación del material en la cavidad, si el pulido se hace de manera precipitada, etcétera.

Pero aquí la verdadera pregunta recae en si nuestro país está preparado para la utilización de otro tipo de restauraciones. Es muy importante tener conocimiento que la población mexicana no tiene una verdadera cultura de prevención, se tienen problemas importantes para el acceso a los servicios de salud, existe desigualdad, lo genera que nuestra población no tome en cuenta la importancia de su salud sistémica y mucho menos una buena salud bucal. Generalmente enfoca su atención en sus problemas económicos y necesidades básicas dejando de lado su salud a pesar de que en teoría el gobierno mexicano tiene varios programas que

ofrecen a la población seguridad social; sin embargo, la verdadera y triste realidad es que aún así los mexicanos no tienen acceso a tales servicios ya sea por la zona en donde viven o por falta de información acerca de estos programas.

Nuestro país es considerado como un país en vías de desarrollo que no cuenta con el nivel de prevención adecuado y por lo tanto, los tratamientos bucales no es preventivo sino más bien curativos y esto nos lleva a la incógnita; ¿somos capaces de costear otro tipo de materiales restaurativos? Es aquí donde entra el papel de la amalgama que ha sido el material de restauración más utilizado gracias a que tiene un bajo costo, una larga vida útil, es muy resistente a las fuerzas de masticación, es importante que se haga conciencia que no es factible retirar de su uso odontológico ya que hasta la fecha, no existen estudios que demuestren que la amalgama sea un peligro inminente para las personas que están en contacto con este material; aunque cabe destacar que existe la posibilidad que este material cause alguna reacción alérgica pero no una reacción toxica.

A pesar de que se han propuesto algunos programas para retirar el uso de mercurio tanto en la industria como en la medicina como lo muestra el tratado de Minamata, nuestro país aún no ha tomado ningún acuerdo para que este material se saque del mercado.

Cabe destacar que como todo material se deben tomar en cuenta algunas medidas en cuanto a su manejo desde que el odontólogo manipula el material hasta que es colocado en la cavidad bucal, así como también el uso de barreras de protección por parte del odontólogo y sobre todo evitar el contacto directo con el mercurio tanto para el odontólogo como para el paciente; también es importante destacar que debemos seguir todo el protocolo de desecho de este material siguiendo las normas establecidas para el mismo y así poder evitar posibles contaminaciones.

Es como se llegó a la conclusión de que la amalgama dental no representa un peligro para la salud. Pero su desconocimiento y mal uso representa el mayor riesgo.

PROPUESTAS

Como propuesta se establece que se debe inculcar en la población mexicana hábitos preventivos, importantes para el cuidado de la salud bucal. Ya que, ésta tiene igual importancia como cualquier parte del cuerpo y lo más importante concientizar a la población lo mejor es prevenir las enfermedades bucales, así no será necesaria la utilización de ningún material de restauración que represente algún riesgo.

Hacer en México estudios que corroboren o erradiquen la idea que se tiene de que la amalgama dental puede provocar daños a la salud y con esto quitar los tabúes que giran sobre el tema.

Enseñar a los estudiantes de odontología hacer un buen uso de las amalgamas dentales y de cualquier material restaurativo para crear en ellos criterios y juicios acerca de los materiales que existen en el mercado que los lleven a tomar mejores decisiones que beneficien de la mejor manera a los pacientes.

Proponer la inclusión de protocolos correcto de desecho de metales pesados usados en odontología

REFERENCIAS

- (MINSA), Ministerio de Salud. (s.f.). *Guía de practica clínica para el diagnostico y tratamiento de la intoxicacion por mercurio*. Recuperado el 2017 de Agosto de 28, de Ministerio de salud: (<http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/3245.pdf>)
- (PNUMA). (2014). *El convenio de Minamata sobre el mercurio y su implementacion en la region de America Latina y el Caribe* . Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Programa de la Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA): (http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2009). *Evaluación de la exposición al mercurio: información para profesionales sanitarios 2009*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2017, de Agenci for Toxic Substances and Disease Registry (ATCDR): (https://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs/physician_hg_flier_es.pdf)
- Aguzzi, A., Virga, & Rico. (2010). Riesgos en la practica odontologica: uso del mercurio. *Archivos Venezolanos de farmacología y terapéutica.*, 29 (3), 51-54.
- Antonia, S. M. (19 de diciembre de 2005). *Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados por la hidrometalurgia del cinc*. Recuperado el 11 de febrero de 2018, de Metalurgia del cinc capitulo III: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11036/Tasm04de16.pdf?sequence=4>
- Anusavis KJ, P. (2004). *Ciencia de los materiales dentales* (onceava ed.). Madrid España : Elsevier.
- Ardevol M, P. (2011). Liberación de mercurio por parte de las obturaciones de amalgama dental: tipo, cantidad, método de determinación y posibles efectos adversos. *Revisión Bibliográfica. RCOE.*, 16(1), 43-47.

- Ardevol M, Peraire. (2011). Liberación de mercurio por parte de las obturaciones de amalgama dental: tipo, cantidad, método de determinación y posibles efectos adversos. *Revisión Bibliográfica. RCOE.*, 16(1), 43-47.
- Artículos Dr Jorge Rengifo Bernardi. (2017). *La amalgama de uso dental*. Recuperado el 31 de Agosto de 2017, de artículos Dr Jorge Rengifo Bernardi: (<http://www.jorgerengifob.com/articulos-detalle.php?idNews=20>)
- Bellanger M, M. (2005). Francia: la racionalización del sistema de salud. El control del gasto sanitario y el mito del Sisifo. *Ars. Medica. revista de humanidades*, 4, 252-267.
- Bello GNI, U. S. (2012). Manejo y disposición final de desechos de mercurio en clínicas odontológicas públicas del estado Monagas, Venezuela. *Rev Científica UDO Agrícola.*, 12 (2), 497-503.
- Bello Gonzalez , N. I., & Urbaez, S. (2012). Manejo y disposición final de desechos de mercurio en clínicas odontológicas públicas de estado de Monagas Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 497-503.
- Bena Tostado Martin, G. G. (2014). Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio. *Una revisión sistemática. Fac. Med. Univ. Valladolid*, 1(1), 4-39.
- BioMed Central . (12 de noviembre de 2015). *Asociación entre los rellenos dentales de amalgama y la enfermedad de Alzheimer un estudio transversal de base poblacional en Taiwan*. Recuperado el 31 de Agosto de 2017, de NCBI: (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4642684/>)
- Bisoño Ortis Pablo Dental Tribune (DT). (15 de Marzo de 2013). *Los riesgos del mercurio para la salud*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2017, de Dental Tribune (DT): (http://www.dental-tribune.com/articulos/news/latinamerica/12028_los_riesgos_del_mercurio_para_la_salud.html)

- Brito Ferrer , Y., & Fernandez García , J. R. (2015). Alergia a materiales y fármacos de uso estomatológico, Artículo de revisión. *Acta Médica del Centro.*, 9(4), 85- 97.
- Casas IC, G. E. (2015). Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia. :. *Biomédica.*, 35 (2), 30-37.
- Castaño Rivera Patricia, E. V. (9 de Septiembre de 2008). Evaluacion de la corrosion galvanica en amalgamas dentales de alto contenido de cobre por medio de tecnicas electroquimicas . *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* (45), 77-86. Obtenido de artículos Dr Jorge Rengifo Bernardi.
- Cedillo Valencia , J. d. (2001). Amalgama sin mercurio (Galloy). *Rev de la Asociación Dental Mexicana.*, 6, 202- 205.
- Chimenos KE, L. C. (2015). Manifestaciones orales de toxicidad sistémica: patología liquenoide. *Universidad de Barcelona.*, 30(10), 644-649.
- Chimenos KE, L. C. (2015). Manifestaciones orales de toxicidad sistémica: patología liquenoide. *Universidad de Barcelona*, 10, 644-649.
- Cirugía implantología y Estetica Odontologica. (CIMESO). (s.f.). *Cirugia implantología y estetica odontologica. La amalgama material, restaurador o veneno?* Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de Cirugia implantologia y estetica odontologica. (CIMESO): (<https://doctordipascua.wordpress.com/2009/01/07/la-amalgama-material-restaurador-o-veneno/>)
- COFEPRIS. (2011). *Guía de buenas practicas de uso de mercurio en consultorios dentales.* Recuperado el 28 de Agosto de 2017, de Comision federal para la proteccion contra el riesgo sanitario: (www.ssaver.gob.mx/enfermedadestransmisibles/files/2015/04/GUIA-DE-USO-DE-MERCURIO.pdf).

- CONEVAL. (30 de Agosto de 2017). *Dirección de información y comunicación social comunicado de empresa*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2017, de consejo nacional de evaluación de la política del desarrollo social (CONEVAL):
(<https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/Comunicado-09-Medicion-pobreza-2016.pdf>)
- Cortes HS, Guerrero Roque , L., Esparza Herrada, F., & Vargas Ulloa, L. (Octubre - Diciembre de 2010). Aláisis químico y metalográfico de cuatro aleaciones de amalgama dental. *Medicina Oral, XII(4)*, 146- 153.
- Crespo LME, H. A. (2005). Mercurio y neurotoxicidad. *REV NEUROL.*, 40 (7), 441-447.
- Curt Nuño F, L. G. (2012). CA. Dolor osteoarticular crónico generalizado en paciente con intoxicación crónica por mercurio. Revisión de sintomatología, diagnóstico y tratamiento. *Rev. Soc. Esp. Del Dolor*, 19(5), 275-276.
- Deptos UMA. (2004/2005). *Tema 3. Materiales Metálicos y Aleaciones*. Recuperado el 17 de Marzo de 2018, de Ciencia de Materiales 4º concurso: http://webdeptos.uma.es/qicm/Doc_docencia/Tema3_CM.pdf
- Díaz AR, S.-M. A. (2015). Medición simplificada del nivel socioeconómico en encuestas breves: propuesta a partir de acceso a bienes y servicios, Artículo Original. *Salud pública de México.*, 57 (4), 298- 303.
- Díaz CA, M. R. (2012). Pigmentación y rechazo de amalgama usada como material de obturación retrógrada en apicectomía dental. Caso clínico. *Uninorte. Barranquilla*, 28(3).
- Díaz Caballero Antonia, M. R. (2012). Pigmentación y rechazo de amalgama usada como material de obturación retrógrada en apicectomía dental. Caso clínico. *Uninorte. Barranquilla*, 28(3), 411-418.

- Doadrio Villarejo, A. (2004). Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio, revisión. *Anal. Real Acad. Nac. Farm.*, 70, 933-959.
- Dominguez JA, O. D. (2010). Niveles de bioelectricidad en amalgamas con y sin base intermedia. *Odontoestomatología*, 7(14), 54-57.
- Echeverria, J. A. (octubre de 1994). Amalgama dental: obturación funcional o simple relleno cavitario? *Revista Facultad de Odontología*, 6(1), 51-59.
- Elena, T. M. (2014). Neurotoxicidad de los metales pesados: Plomo, Mercurio y Aluminio. *Una revisión sistemática. Fac. Med. Univ. Valladolid*, 1(1).
- Emilio, T. M. (2017). Recuperado el 31 de agosto de 2017, de La amalgama de uso dental. Artículos: (<http://www.jorgerengifob.com/articulos-detalle.php?idNews=20>)
- Enrique, C. (10 de octubre de 2017). *La corrosión de los metales. Blog de Enrique Castaños dedicado a la enseñanza y la divulgación de la ciencia*. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de Blog de Enrique Castaños.: (<https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2016/10/13/la-corrosion-de-los-metales/>)
- Erdar Ph DS, O. M. (2012). *Las amalgamas dentales con mercurio y las alternativas basadas en resinas: una evaluación comparativa de los riesgos para la salud*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2017, de Salud sin daño: (<https://saudesemdano.org/sites/default/files/documents-files/1451/MercurioEnAmalgamas.pdf>)
- Estudios economicos de la organizacion para la cooperacion y el desarrollo economico (OCDE)*. (Enero de 2017). Recuperado el 14 de Noviembre de 2017, de Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE): (www.oecd.org/eco/surveys/economic-survey-mexico.htm)
- Fang L, C. A. (2012). Tatuaje por amalgama: un peculiar caso clínico. *Avances en Odontoestomatología*, 28 (6), 281- 286.

- Fang L, C. A. (2012). Tatuaje por amalgama: un peculiar caso clínico. *Avances en Odontoestomatología*, 28(6), 281-186.
- Federacion Internacional Dental (FDI). (Septiembre de 2014). *Anteproyecto de declaracion de principios de la FDI. Las amalgamas dentales y el convenio de Minamata sobre el mercurio presentado para su aprobacion por la Asamblea de la FDI Nueva Delhi India*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de https://www.fdiworlddental.org/sites/default/files/media/documents/6-fdi_draft_ps-dental_amalgam_and_minamata_final_es.pdf
- Fernández VA, H. M. (2017). Perfil nacional de uso de mercurio en Costa Rica a la luz de la entrada en vigencia del Convenio de Minamata. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 51(2), 145-168.
- Ferrer Dufol, A. (2003). Intoxicacion por metales. *ANALES. Sis San Navarra*, 26(1), 141-153.
- Ferrer Dufol, A. (2003). Intoxicación por metales. *ANALES. Sis San Navarra.*, 26 (1), 141-153.
- Fischer I, B. M. (2015). Frecuencia de restauraciones plásticas directas en dientes posteriores en tres centros públicos de Asunción, Artículo original. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud.*, 13(2), 50-9.
- Fonseca GM, Cantín M, Pícola V. (2016). Propuesta para determinar la significación forense de restos esqueléticos mediante análisis químico de la amalgama dental, Artículo de revisión. *Correo Científico Médico de Holguín*, 20(2), 322-344.
- Fonseca GM, Cantín M, Pícola V. (2016). Propuesta para determinar la significación forense de restos esqueléticos mediante análisis químico de la amalgama dental, Artículo de revisión. *Correo Científico Médico de Holguín*, 20 (2), 322-344.

- Gines. (2015). Mitos realidades y alteraciones a la salud por el uso de la amalgama dental, México. *Universidad Nacional Autónoma de México.*, 22-27.
- Gómez DO, S. S. (2011). Sistema de salud en México, Artículo de revisión. . *Salud pública de México*, 53, 220-232.
- Gómez TCA, A. E. (2010). Estudio del desempeño preclínico y clínico de una amalgama dental comercial,. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.*, 22(1), 63-71.
- Guerrero Reynosa, V., Godínez Morales, V., & Melchor Soto, C. (2009). Epidemiología de caries dental y factores de riesgo asociados a la dentición primaria en preeescolares. *Revista ADM*, LXV(3), 10-20.
- Guía de manejo intoxicación por metales pesados.* (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2017, de Centro de información toxicológica de Veracruz (CITVER): <https://www.ssaver.gob.mx/citver/files/2016/08/Manejo-de-Intoxicaci%C3%B3n-por-Metales-Pesados.pdf>
- Gunnar, N. (2017). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Metales: propiedades físicas y toxicidad.* Recuperado el 2017 de septiembre de 2017, de Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo: (<https://saludsindanio.org/documentos/americalatina/el-mercurio-en-la-odontologia-argentina>)
- Hoyos Serrano Maddelainne, E. M. (2013). metales. *revista de actualizacion clínica*, 30, 1505- 1510.
- INECC. (s.f.). *Uso y alternativas del Mercurio en Servicios de Salud, Caso sector dental.* Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Subsecretaria de Prevención y Promoción de la Salud.: (http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/2008_taller_mercurio_rodriguez.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2017). *Desarrollo de la evaluación inicial del convenio de Minamata en México (MIA)*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC): (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/229180/MIA-MX-Taller_Minamata_Perspectiva_Genero_1.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2017). *Desarrollo de la evaluación inicial del convenio de Minamata en México (MIA)*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC): (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/229180/MIA-MX-Taller_Minamata_Perspectiva_Genero_1.pdf)

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). (2012). *La educación en México: estado actual y sus consideraciones sobre su evaluación*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE): (http://www.senado.gob.mx/comisiones/educacion/reu/docs/presentacion_211112.pdf)

Jairo Ruiz C. Carlos Mario Parra M. Héctor Sánchez L. Juan Darío Escobar G. Mauricio Correa, B. O. (junio de 2005). Manejo de la amalgama dental en consultorios odontológicos pequeños y medianos de Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Bello. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1).

Jefatura de gabinete de ministros, ciudad de Buenos Aires Argentina. (2010). *Ministerio de salud. El mercurio en la odontología Argentina*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2017, de jefatura de gabinete de ministros, ciudad de Buenos Aires Argentina: (<https://saludsindanio.org/documentos/americalatina/el-mercurio-en-la-odontologia-argentina>)

L.F VASSALLO, P. D. (2008). YACIMIENTOS MINERALES METALICOS. En P. D. L.F VASSALLO, & UNAM (Ed.), *YACIMIENTOS MINERALES METALICOS* (CUARTA ed., págs. 105-120). CIUDAD DE MEXICO, QUERATARO, MEXICO: CENTRO DE GEOCIENCIAS UNAM.

La amalgama dental. (2017). Recuperado el 10 de octubre de 2017, de mundo descargas:

(http://www.mundodescargas.com/apuntestrabajos/salud/decarregar_amalgama-dental.pdf)

Lincoln KE, F. J. (2010). Conocimiento del Odontólogo y su equipo auxiliar sobre contaminación por mercurio. *Actas Odontológicas.*, 7(1), 70-77.

Lincoln KE, Francesquini JL., Marques FM, Parreiras BDP, Sassi C, Picapedra A. (2010). Conocimiento del odontologo y su equipo auxiliar sobre contaminacion por mercurio. *Actas odontologicas*, 7(1), 70-77.

Llobel Lleo, A., & Llena Puy, C. (s.f.). *Analisis y conclusiones sobre seguridad y tratamiento con restauraciones de amalgama de plata.* Recuperado el 30 de Agosto de 2017, de Etica articulos de interes: (<http://clinicallobell.es/wp-content/uploads/2014/12/Analisis-y-conclusiones-sobre-serguridad-y-tratamiento-con-restauraciones-de-amalgamas-de-plata.-Andres-Llobell-Leo.pdf>)

Luordo D, F. Z. (2014). Manifestaciones cutáneas de las intoxicaciones por Arsénico, Plomo, Mercurio y Plata, Artículo de Revisión. *Mas dermatol.*, 23, 4-11.

Macchi. (2007). *Materiales dentales* (cuarta ed.). Buenos Aires: Medica panamericana.

Macchi, R. L. (2007). *Materiales dentales* (cuarta ed.). Buenos Aires: Medica panamericana.

- Macías LNG, Z. P. (2015). Mercurio liberado por la amalgama dental ¿un daño real para la salud?, revisión bibliográfica. *Rev. Tamé*, 4(11), 402-406.
- Mager Stellman , J., & McCann, M. (s.f.). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Metales: propiedades físicas y toxicidad*. Recuperado el 2017 de septiembre de 2017, de insht. es: (<https://saludsindanio.org/documentos/americalatina/el-mercurio-en-la-odontologia-argentina>)
- Mayans RE, Q. B. (2017). Utilización de la amalgama dental en la odontopediatria actual. *Fac. Odonto de Barcelona*, 2 (7), 1-11.
- Mayans RE, Q. B. (2017). Utilización de la amalgama dental en la odontopediatria actual. *Fac. Odonto de Barcelona*, 2(7), 1-11.
- Medicare: el reputado sistema de salud Australiano*. (21 de diciembre de 2012). Recuperado el 6 de diciembre de 2017, de BCN. Programa Asia Pacifico: (<https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/sistema-de-asistencia-medica-de-australia-medicare>)
- Medina Hernandez Patricia, M. S. (Enero Marzo de 2015). *Monografía de la plata (Ag)*. Servicio Geológico Mexicano (SGM). Recuperado el 2017 de octubre de 9, de de de la SGM: (<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/pdfs/Monografia%20PLATA.pdf>)
- Mendelli J, M. A. (2015). Lo que el cirujano dentista que practica odontología debe saber sobre la amalgama dental. *RODYB.*, 4 (2), 12- 31.
- Mendez Visag, C. (2014). Manejo responsable del mercurio de la amalgama dental: una revisión sobre sus repercusiones en la salud, Artículo de revisión. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.*, 31(4), 725-32.

- Mendez Visag, Christian. (2014). Manejo responsable del mercurio de la amalgama dental: una revisión sobre sus repercusiones en la salud, Artículo de revisión. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.*, 31(4), 725-32.
- Mendiburu ZCE, A. P. (2011). Mercurio total en cabellos de cirujanos dentistas de práctica general del estado de Yucatán, México. *Rev. Odonto Lat.*, 3(1), 11-16.
- Mendoza PN, D. L. (2013). Tratamiento estético interdisciplinario para tatuaje Periodontal por amalgama. Reporte de caso. *Facultad de Odontología. Universidad de Los Andes*, 8 (2), 34- 42.
- Mendoza PN, D. L. (2013). Tratamiento estético interdisciplinario para tatuaje Periodontal por amalgama. Reporte de caso. *Facultad de Odontología. Universidad de Los Andes*, 8(2), 34-42.
- Milián E, C. R. (2005). *Seguridad en el consultorio odontológico riesgo de exposición al mercurio dental.* (2 ed.). Guatemala: Guatemala Universitaria.
- Morales FI, R. G. (2003). Mercurio y salud den odontología. *Rev Saúde Pública.*, 32(2), 72-266.
- Morales PIM, C. P. (2012). Efectos a la salud por exposicion ocupacional al mercurio metalico entre estomatologos y tecnicos dentales. *MEDICIEGO*, 18(1), 1-5.
- Morales Zavala , C. A. (14 de septiembre de 2017). *AMALGAMA: Cápsulas predosificadas, ¿Qué pasa con el mercurio?* Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de Facultad de Odontología Universidad Nacional Autónoma de México: (<http://www.odonto.unam.mx/index.php?Pagina=&IDPagina=Art%ED>.)
- Morales Zavala, C., & Barcelo Santana , F. (s.f.). *AMALGAMA: Cápsulas predosificadas, ¿Qué pasa con el mercurio?* Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de Facultad de Odontología Universidad Nacional

Autónoma de México:
(<http://www.odonto.unam.mx/index.php?Pagina=&IDPagina=Art%ED.>)

Mutis M, P. J. (2011). Las amalgamas dentales: ¿un problema de salud pública y ambiental?, revisión de la literatura. *Univ. Odonto*, 30(65), 402-406.

Mutis M, Pinzón JC, Castro G. (2011). Las amalgamas dentales: ¿un problema de salud pública y ambiental?, revisión de la literatura. *Univ. Odonto*, 30 (65), 63-70.

NCBI. (2012). *El metilmercurio y el mercurio elemental se asocian diferencialmente con la presión arterial entre los profesionistas dentales*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de NCBI: (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3727420/#S1title>)

Organizacion Mundial de la Salud . (2014). *Estadísticas Sanitarias Mundiales*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2017, de Organizacion Mundial de la Salud: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/131953/1/9789240692695_spa.pdf

Organizacion Mundial de la Salud. (s.f.). Organización Mundial de la Salud (OMS). Repercusiones de la exposición al mercurio y a los compuestos mercuriales en la salud pública: la función de la OMS y de los ministerios de salud pública en la aplicación del Convenio de Minamata.

Ortiz Bisoño , P. (15 de marzo de 2013). *Los riesgos del mercurio para la salud*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2017, de Dental Tribune (DT): (http://www.dental-tribune.com/articles/news/latinamerica/12028_los_riesgos_del_mercurio_para_la_salud.html)

Peláez Alejandro, B. A. (2017). *AMALGAMAS Y RESINAS EN EL SECTOR POSTERIOR*. Recuperado el 31 de agosto de 2017, de AMALGAMAS Y RESINAS EN EL SECTOR POSTERIOR: http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/4084/1/Amalgamas_resinas.pdf

- Perez Dominguez, S. (14 de julio de 2009). *Intoxicación mercurial crónica por amalgamas dentales (evidencia científica)*. Obtenido de Depto. de investigacion de la asociacion nacional mercurial: (www.mercuriados.org)
- Perez Dominguez, Servando. (s.f.). *Intoxicación mercurial crónica por amalgamas dentales (evidencias científicas)*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de [autismoava.org](http://www.autismoava.org).: (http://www.autismoava.org/archivos/Evidencias%20Hidrargirismo%20por%20amalgamas_14.7.09_.pdf)
- Pérez RJ, T. M. (2015). Modelación multicriterio del nivel de prevención de contaminación por mercurio en entidades odontológicas, Ingeniare. *Revista chilena de ingeniería*, 23 (1), 128-144.
- Piña García Ruben, S. P. (2014). Mineralogía I de Grado en Geología. Prácticas 9. Diagramas de Fase. Reduca (Geología). *Serie Mineralogía.*, 6(3), 85-95.
- PRELUM. (COFEPRIS). (s.f.). *Reducción a la Exposición Laboral por el Uso de Mercurio en la Práctica Odontológica*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de (COFEPRIS) Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios: (www.cofepris.gob.mx/Biblioteca%20virtual/mercurio/prelum.pdf)
- Programa Nacional de Riesgos Químicos. Mercurio: Cartilla de Información 2007.* (s.f.). Recuperado el 11 de septiembre de 2017, de Fac Med UBA: (<http://www.fmed.uba.ar/depto/toxico1/mercurio.pdf>)
- Ramoneda, j. B. (1997). *Efecto de las variaciones termicas durante la fusion de los colados en protesis fija*. Barcelona.
- Ricardo, P. (2017). *Aleaciones Metalicas. Unidad 2*. Recuperado el 9 de Marzo de 2018, de METAL ALLOY FROM ANAYYA BOOK: http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/METAL_ALLOY_FROM_ANAYYA_BOOK.pdf

- Ruiz AJ, P. I. (2009). Riesgo en el manejo de la amalgama dental en las entidades odontológicas medianas y pequeñas en el departamento de Antioquia, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública.*, 27(2), 187-197.
- Ruiz AJ, Pérez IJ, Gómez JG, Carmona EM, Zapata AL, Carmona R. (2009). Riesgo en el manejo de la amalgama dental en las entidades odontológicas medianas y pequeñas en el departamento de Antioquia, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública.*, 27(2).
- Ruiz CJ, C. R. (2008). Tecnología limpia aplicada al tratamiento y aprovechamiento de residuos de amalgama dental,. *rev. Luna azul.*, 26 (1), 80-86.
- Ruiz CJA, G. M. (2008). Contribución de las condiciones locativas y ambientales al riesgo de contaminación con mercurio en las entidades odontológicas de Antioquia. *Rev Fac Nac Salud Pública.*, 26(2), 164-168.
- Sanin NH, G. R. (2006). *El cuidado de la salud, sin daño. El caso del mercurio.* Recuperado el 22 de Septiembre de 2017, de Universidad Autonoma de Chihuahua (UACH): (http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2008/06/12/mercurio.pdf)
- Secretaria de Educacion Publica (SEP). (s.f.). *La estructura del sistema educativo mexicano. direccion general de acreditacion Incorporacion y Revalidación. Unidad de planeacion y evaluacion de politicas educativas.* Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de Secretaria de Educacion Publica (SEP): (http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/1447/1/images/sistemaeducumex09_01.pdf)
- Segura EJJ, B. F. (2004). Reacción liquenoide oral en relación con una restauración de amalgama de plata. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.*, 9, 421- 424.
- SEMARNAT. (2013). *Almacenamiento y disposición de mercurio en México.* Recuperado el 30 de Agosto de 2017, de Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales:

(https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191437/2013_Almacenamiento_y_disposicion.pdf)

Sinisterra, S. J. (2016). Cambios macroscópicos de la amalgama dental sometida in vitro a altas temperaturas con fines forenses: el caso de los nódulos de plata. *Universitas Odontológica.*, 35(74), 1-27.

Sofía, L. A. (2005). *“toxicidad del mercurio de la amalgama dental, cinetica en sangre y orina”*. Michoacan: Tesis.

Soto Gomez , M. E., Tinoco Cabriales, V. C., & Isassi Hernandez, H. (2014). Citotoxicidad In vitro del mercurio sobre leucositos polimorfonucleares. *Articulo Original(47)*, 1070-1074.

Soto, G. T. (2014). Citotoxicidad In Vitro del Mercurio sobre Leucocitos Polimorfonucleares, Articulo de revision. *Oral.* , 15(47), 1070-1073.

Tamasama MCE, A. A. (1995). Intoxicación crónica por mercurio. Reacciones de las mucosas orales. *Rev. Estom Cali (Colombia).*, 4, 5 (2, 1), 64- 67.

Tamasama MCE, A. A. (1995). Intoxicación crónica por mercurio. Reacciones de las mucosas orales. *Estom Cali (Colombia).*, 4, 5(2, 1), 64-67.

tecnología industrial I. Bloque III: materiales. Tema 13. Materiales metálicos: metales no ferrosos. (s.f.). Recuperado el 9 de octubre de 2017, de Aula virtual maristas mediterránea: (http://aulavirtual.maristasmediterranea.com/pluginfile.php/102822/mod_resource/content/1/UD%202.3%20MATERIALES%20MET%20C3%81LICOS_METALES%20NO%20FERROSOS.pdf)

Tirado ALR, G. M. (2015). Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud, Articulo de revisión. *Rev Nacional de Odontología.*, 11(21), 85-98.

Trujillo S, M. d. (2012). Tatuaje extenso por amalgama en la mucosa bucal. Reporte de casos clínicos. *ODOUS. Científica*, 2, 34-42.

- Universidad Autónoma Metropolitana. (2017). *Reacción eutéctica. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)*. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 10, de UAM:
(<https://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/practicas/practica1/eutectico.htm>)
- Universidad Industrial de Santander. (2015). *Guía para la colocación de amalgama dental*. Recuperado el 30 de Agosto de 2017, de Universidad Industrial de Santander:
(https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guias/GBE.95.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2017). *HOJA DE SEGURIDAD XXI MERCURIO Y SALES DE MERCURIO*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2017, de UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO:
(<https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/21HG.pdf>)
- Untitled* . (2006). Recuperado el 11 de febrero de 2018, de Metodos para la extraccion del cobre :
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19666/Capitulo6.pdf>
- Uribe, C. M. (1990). Amalgamas dentales. *Revista Facultad de Odontología. Universidad de Antioquia*, 1(2), 43-46.
- Valderas Jaime J, M. P. (2013). Intoxicación familiar por mercurio elemental. Caso clínico. *Rev Chil Pediatr*, 84(1), 72-79.
- Valderas JJ, M. P. (2013). Intoxicación familiar por mercurio elemental. Caso clínico. *Rev Chil Pediatr*, 84(1), 72-79.
- Vigilancia de la intoxicación por mercurio. Protocolo de vigilancia de la intoxicación por mercurio*. (s.f.). Recuperado el 1 de septiembre de 2017, de santamargarita.gov.:
(<http://santamargarita.gov.co/intranet/pdf/vigilancia/intoxicacionmercurio.pdf>)

- Villa Vigil, Manuel Alfonso;. (2005). Información importante sobre amalgamas. *Revista de opinión de la Organización Colegial.*, 1-8.
- Villanero H, J., Ureanda A, C., Schnettler R., C., Araneda D., H., & Richard M., D. (2017). *Procesamiento de Cobre, Oro y Plata*. Marco de Cualificaciones para la minería , consejo de competencia minera , Chile.
- Virgilio, G., Larissa, P., Lilia, G. A., & Alberto, C. (2012). Reaccion liquenoide en mucosa bucal asociada a restauracion de amalgama. Reporte de caso clinico. *Research Gate*, 50(2), 1-11.
- Zeballos LL, V. P. (2013). Materiales dentales de restauración. *Revista de actualización clínica*, 30(1), 1498-1504.