



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**AMALGAMA Y RESINA COMPUESTA:  
ANÁLISIS DE SUS CARACTERÍSTICAS COMO MATERIALES DE  
RESTAURACIÓN DIRECTA EN LA TERAPÉUTICA DENTAL**

**T E S I S**

**QUE PRESENTA:**

GRACIELA FLOR MATEOS SANTILLÁN

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

CIRUJANO DENTISTA

**DIRECTORA:**

MTRA. YULIANA JOSEFINA ZARZA MARTÍNEZ



**CIUDAD DE MÉXICO, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios por ser la luz que me guió y acompañó en estos momentos de ilusión, trabajo y esfuerzo para no decaer y poder concluir este ciclo de mi vida.

Así mismo tengo un profundo agradecimiento con la Mtra. Yuliana Zarza Martínez por el tiempo y la dedicación que me brindó a través de su apoyo emocional, profesional y ético para llevar acabo el desarrollo de este trabajo de investigación.

De igual manera agradezco a los asesores y sinodales por su valioso tiempo y cooperación: Mtra. Blanca Estela Pablo Gopar, Mtro. Raúl Miguel de la Cruz González, Mtra. Christian Michel Colín Pérez y Esp. Luis Fernando Galicia Chacón.

A mi hermano, el Dr. Juan José Mateos Santillán por impulsarme a seguir adelante en mi trayectoria profesional.

También agradezco a mis profesores y profesoras de la carrera por las enseñanzas y los conocimientos que compartieron conmigo.

Finalmente a la Coordinación de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por permitirme concluir satisfactoriamente este trabajo de investigación.

## **Dedicatoria**

A mi padre, Juan José Mateos Acosta y mi madre Rosario Santillán Cárdenas, por el ejemplo, el apoyo y la perseverancia que me inculcaron desde mi niñez.

A mis hijos, quienes son mi gran amor y el motivo de mi existencia, al impulsarme a tomar la decisión de levantarme y seguir adelante en mi camino: Karla Graciela, Verónica María, María de Lourdes y Jorge Antonio, les doy las gracias por estar presentes en mí vida.

A los esposos de mis hijas que me han demostrado gran aprecio y cariño: Ricardo Trillo y Gabriel Sosa.

A mis queridas nietas que son la razón de mi inspiración para dejar en ellas un ejemplo de lucha y perseverancia en cada momento de la vida: María Fernanda, María José, Dulce Gabriela y Ana Paula las amo nenas.

A mis hermanas y hermanos por haber crecido y aprendido juntos: Juan, Malú, Octavio, Oscar, Gloria, Mireya, Arturo, Martha y Edgar.

Graciela Flor Mateos Santillán

# ÍNDICE

Introducción.....	1
Justificación.....	3
Marco Teórico.....	5
1. Materiales de restauración .....	5
2. Antecedentes históricos de los materiales de restauración directa.....	6
3. Amalgama dental .....	9
3.1 Antecedentes históricos.....	10
3.2 Composición de la aleación metálica .....	11
3.3 Clasificación según la forma de las partículas de la aleación .....	13
3.4 Propiedades de la amalgama .....	14
3.5 Presentación comercial.....	15
3.6 Indicaciones de uso para las restauraciones con amalgama.....	16
3.7 Ventajas y desventajas .....	16
4. Resina compuesta.....	17
4.1 Antecedentes históricos.....	18
4.2 Evolución del grabado ácido.....	20
4.3 Composición de la resina .....	24
4.4 Clasificación de las resinas compuestas.....	28
4.5 Propiedades de las resinas compuestas.....	34
4.6 Presentaciones comerciales .....	35
4.7 Indicaciones de uso para las restauraciones con resina.....	35
5. Investigaciones que analizan las características clínicas de ambos materiales.....	37
Planteamiento del problema .....	55
Objetivo general .....	56
Objetivos específicos .....	56
Material y métodos.....	57
Discusión.....	58
Conclusiones.....	65
Sugerencias y propuestas.....	67
Referencias.....	68

## Introducción

Los materiales de restauración directa han evolucionado con el paso del tiempo, desde la amalgama hasta la aparición de la resina, los adhesivos, el acondicionamiento de los tejidos dentarios y los cambios propuestos por la filosofía de la mínima invasión. La amalgama dental ha sido utilizada por más de un siglo demostrando ser uno de los mejores materiales de restauración, por su durabilidad, adaptabilidad, bajo costo y por su técnica de colocación poco agresiva. Sin embargo ha pasado a un segundo término, por un lado porque en la actualidad la mínima invasión busca la mayor conservación de tejido sano, pero sobre todo por la falta de estética que presenta, sin dejar del lado que en 2017 el *Convenio de Minamata* sobre el mercurio llevó a reconsiderar y minimizar el uso de este material bajo la técnica manual.

El Cirujano Dentista de práctica general debe conocer a detalle las características de estos materiales a partir de la literatura y estudios actuales que le permitan evaluar las ventajas y desventajas que cada uno de estos presenta, ya que aunque se pudiera pensar que la resina ha superado a la amalgama por sus características de microretención y adhesión que genera sobre la superficie del esmalte y la dentina, este material aún sigue presentando características que están lejanas de ser parecidas a las del órgano dentario.

Así el Cirujano Dentista deberá evaluar factores como la profundidad de la caries, cantidad perdida de tejido dental, la lesión no cariosa presente o bien la sintomatología que presenta el órgano dentario, en la selección del material de restauración directa que le permitirá restituir la función, pero además en el caso de los dientes anteriores devolver la estética, de ahí que el presente trabajo de revisión bibliográfica plantea identificar las características de ambos materiales con la finalidad de reforzar este conocimiento que será de gran sustento a lo largo de su práctica profesional.

## **Justificación**

El avance en la terapéutica de las diferentes afecciones dentales ha estado determinado por el avance de la ciencia aplicada en los materiales dentales. En este sentido, la disciplina odontológica ha avanzado en la forma que establece dicha terapéutica, por un lado a una de las enfermedades más frecuentes del sistema estomatognático como es la caries dental, que determina la destrucción del órgano dentario, pero además para otro tipo de lesiones no relacionadas con caries que requieren un tratamiento a través de la utilización de materiales de restauración directa.

La investigación en materiales dentales ha buscado la restitución de la estructura dentaria perdida ya sea a consecuencia de la caries, por algún defecto congénito, traumatismo (fractura) o lesiones tales como la erosión, abrasión y abfracción. Sin embargo, la creación de un material biocompatible y capaz de igualar las características de los tejidos dentales aún no se ha logrado.

La amalgama a lo largo de la historia ha sido cuestionada como material de restauración ya que en su composición y preparación es necesario el metal mercurio el cual ha generado controversia por su toxicidad a través del tiempo.

Por otro lado la resina presenta características desfavorables que hasta el momento no han sido eliminadas, tales como la contracción, sin dejar de lado el uso de una fuente lumínica que generan sensibilidad posoperatoria. La operatoria dental en la terapéutica de caries es una de las actividades más frecuentes en la práctica del Cirujano Dentista, el uso adecuado de estos materiales de restauración en la reconstrucción de la estructura dentaria para recuperar su función, será de gran importancia en el ejercicio de su práctica profesional.

La revisión actualizada sobre estos materiales le brindará al Cirujano Dentista de práctica general la posibilidad de reforzar su conocimiento a partir de la comprensión de las características y del uso adecuado de estos materiales.

El conocimiento de las características de estos materiales será elemento importante en la correcta toma de decisiones durante el diagnóstico y tratamiento clínico, así mismo dará mayor certeza del pronóstico en la restauración que se realizará ya sea con amalgama o con resina, por ello el Cirujano Dentista debe considerar el conocimiento actual que se tiene sobre estos materiales de restauración y aplicarlo según su criterio clínico el cual deberá estar basado en la evidencia actual de la literatura.



## **Marco Teórico**

### **1. Materiales de restauración**

Los materiales dentales son, en la mayoría de los casos, compuestos resultantes de la unión de varios átomos, que tienen características diferentes y que son aprovechados en su aplicación en la práctica clínica y en el laboratorio dental; para ello es indispensable conocer su naturaleza, mecánica y comportamiento en las diferentes condiciones a las cuales van a estar expuestos. De la misma manera es importante conocer el manejo de las variantes en la manipulación y la aplicación de dichos materiales, dentro de los lineamientos clínicos e indicaciones de los fabricantes y bajo las normas de control de calidad establecidas.<sup>1,2</sup>

La odontología como ciencia multidisciplinaria ha buscado de acuerdo con la evolución, el desarrollo y avance tecnológico de cada una de sus ramas para dar respuesta a las principales alteraciones del sistema estomatognático, en este caso de manera particular aquellas que afectan al órgano dentario, ya que uno de los objetivos principales es mantener la salud bucal logrando en conjunto un buen estado físico y emocional de los pacientes. Por lo anterior, resulta importante un buen diagnóstico para realizar la mejor elección del material de restauración.

Los materiales dentales en la disciplina odontológica pueden clasificarse de diferentes formas una de estas clasificaciones los divide como: materiales de prevención, materiales de restauración y materiales auxiliares.

En lo que respecta a la presente investigación nos enfocaremos a los dos materiales de restauración directa más utilizados en la práctica odontológica, estos son: la amalgama y la resina, que son empleados en odontología para la reconstrucción parcial de estructuras dentales dañadas por caries dental o para recuperar parte de la estructura dental dañada por los desgastes fisiológicos o traumáticos a fin de devolver la función y la estética.<sup>3</sup>

## **2. Antecedentes históricos de los materiales de restauración directa**

La odontología es una ciencia que ha evolucionado de acuerdo con las necesidades bucales del ser humano. Tuvo su origen aproximadamente hace 3000 años a.C. por los hallazgos e inscripciones halladas con el tiempo, las diferentes civilizaciones en los diversos continentes muestran que la odontología que se practicaba era de implantes y trasplantes humanos o tallados en marfil, por lo que no se trataba de una odontología restauradora.

Desde la antigüedad hasta el siglo VIII las cavidades dentales fueron restituidas o reemplazadas por diversos materiales, entre ellos, trozos de piedra, marfil, resina de trementina, corcho, goma o láminas de metal (plomo y estaño).

En la actualidad se han empleado para las restauraciones dentales otros materiales como son la gutapercha, cementos, cementos modificados con metal, láminas de oro, amalgama y una gran variedad de metales colados y aleaciones, así como las cerámicas, el metal cerámico, las resinas sintéticas sin relleno, los composites y los alcasites.

En 1816 en Francia, Taveau desarrolló la que probablemente sea la primera amalgama dental, utilizando monedas de plata mezcladas con mercurio. Mientras que en 1833 los hermanos Crawcour introdujeron las restauraciones de amalgama en Estados Unidos.<sup>4</sup>

Entre 1840 y 1850 muchos dentistas criticaron la baja calidad de las primeras restauraciones de amalgama. Posteriormente, entre 1860 y 1890 las investigaciones reportaron una mejoría notable en las restauraciones de amalgama.

A finales del siglo XIX Green Vardiman Black desarrolló una aleación para amalgama plata-estaño (con bajo contenido en cobre) con propiedades físicas y mecánicas superiores. Fue durante este momento cuando se

fomentó la técnica para la preparación de cavidades como base y la condición indispensable para el éxito de la obturación.

Los primeros estudios científicos los realizó Black (1826) y con base en estos se logró tener control en las proporciones de los metales, tiempo de mezclado, forma de colocación y las propiedades fisicoquímicas de la mezcla.<sup>1,3, 4, 5</sup>

Durante la primera mitad del siglo XX, los únicos materiales de restauración estética que tuvieron el color del diente fueron los silicatos. En 1935 se introdujo la resina acrílica polimerizada como material de soporte de dientes artificiales en las bases de prótesis.<sup>3</sup>

Posteriormente, en 1962 el Dr. Bowen desarrolló un nuevo tipo de resina compuesta Bisfenol A glicidil metacrilato (bis-GMA).<sup>6</sup>

Es necesario mencionar que las resinas como material de restauración han ido modificando y mejorando algunos componentes estructurales con la finalidad de perfeccionar sus propiedades para obtener resultados más satisfactorios en los tratamientos futuros.

### **3. Amalgama dental**

El término amalgama se aplica a toda mezcla de metales, entre los que siempre se encuentra el mercurio. Se conoce a la amalgama como una mezcla de limadura de polvo fino de plata, estaño y cobre, hasta que la aleación de estos metales, se unen con mercurio es considerada como amalgama dental, esta tuvo sus primeros intentos de uso de forma completamente empírica.

La amalgama es un material metálico de restauración con más de cien años de uso clínico y generador de grandes polémicas desde su aparición, lo que orilló a realizar estudios científicos sobre él. Los primeros estudios los realizó el doctor Green Vardiman Black en 1826, dieron base científica a este material y con base a estos, se logró tener control de las proporciones de los metales, así como el tiempo de mezclado y la manera de colocarlo en los dientes, además de conocer las propiedades fisicoquímicas de esta mezcla.<sup>1,7</sup>

La amalgama de plata es el material restaurador directo más antiguo y que aún se encuentra en uso. La estructura final es el resultado de la unión de mercurio líquido con una aleación de plata, por un proceso denominado amalgamación.<sup>6,8</sup>

Estas aleaciones metálicas han ido modificando el porcentaje de estos elementos con la finalidad de mejorar sus propiedades.

### 3.1 Antecedentes históricos

A continuación se resumen los datos históricos sobre el desarrollo de la amalgama (Cuadro 1).

**Cuadro 1**  
**Desarrollo histórico de la amalgama** <sup>3,5,6,9</sup>

PERIODO	APORTACIÓN
SIGLO VII	Primeros datos sobre el uso de una pasta con contenido de mercurio.
SIGLO XVII	En Asia se usaron polvos de bismuto-estaño mezclados con mercurio a 100°C; conforme se aumentó el mercurio, su uso fue a temperatura ambiente.
1816	<b>August Taveau</b> obtuvo resultados clínicos pobres de la mezcla que fabricó pero permitía salvar dientes en forma relativa y a bajo costo.
1818	<b>Luis Regnard</b> aumentó a la aleación compuestos de metales de baja fusión a los que les agregó un 10% de peso de mercurio logrando reducir la temperatura de estos.
1819	<b>Bell</b> en Europa creó una amalgama como material de obturación dental, la cual se generalizó en el mismo continente.
1826 -1830	Se comenzó a exportar a Norteamérica.
1833	Los hermanos Crawcour nombraron a la amalgama sustituto mineral con la finalidad de reemplazar el oro en las restauraciones. El material se colocaba sin retirar la caries.
1840	La <i>American Society of Dental Surgeons</i> plantea ciertos efectos adversos en las restauraciones con amalgama.
1845	El uso de la amalgama fue desacreditado y se sustituyó por la realización de cavidades de oro cohesivo.
1859	Surgió la Asociación Dental Americana (ADA) la cual defendía a la amalgama dental como un material de restauración seguro.
1860-1890	Se desarrollaron innumerables investigaciones con la finalidad de mejorar las propiedades de manipulación y aplicación clínica del material.
1895-1916	Se modificaron las mezclas de los metales con el propósito de mejorar las propiedades de expansión y contracción. Se creó una aleación de amalgama neutral en la cristalización y con resistencia a la corrosión.
1896	<b>G. V. Black</b> desarrolló una aleación con propiedades físicas y mecánicas superiores, e instauró una satisfactoria proporción entre los materiales. Sugirió que parte de la plata podría ser reemplazada por el cobre al 6% con el fin de mejorar las propiedades mecánicas.
1920	La ADA elaboró la primera especificación para las restauraciones con amalgama, igualmente especificó que la aleación debe estar constituida esencialmente de plata, estaño y otros elementos como el cobre, el paladio y el zinc.
1963	Surgió la primera aleación enriquecida con cobre, dando mayor resistencia a la compresión y mejor desempeño clínico.
	Actualmente la Organización Internacional de Normalización ISO, mediante el Comité Técnico 106 tiene por objetivo desarrollar las normas internacionales para probar la eficacia y la seguridad de los productos dentales, a través de los siguientes programas CTN 106/SC1: Materiales de restauración y de obturación. GT 7: amalgamas/mercurio GT9: materiales de obturación con resina.

### **3.2 Composición de la aleación metálica**

En 1970 se desarrollaron nuevas aleaciones de amalgama que contenían entre el 6 y el 30 % en peso de cobre. Muchas de estas aleaciones dieron lugar a las amalgamas ricas en cobre que se han desarrollado con enfoque en la resistencia mecánica y la corrosión, pero han sido sub-optimizadas en otros aspectos, resultando con mayor inestabilidad y emisión de vapor de mercurio superior a las amalgamas tradicionales (bajas en cobre).

En el siguiente cuadro podemos observar los metales incluidos en la aleación metálica y las características que aportan a la restauración (Cuadro 2).

La especificación no. 1 de la American National Standards Institute(ANSI)/ Asociación Dental Americana (ADA) exige que las aleaciones para amalgama esten formadas fundamentalmente por plata y estaño. Se adminten cantidades no especificadas de otros elementos (p. ej. cobre, zinc, oro y mercurio) en concentraciones menores al contenido de plata o estaño. <sup>3, 10,11</sup>

**Cuadro 2**  
**Metales y características en la aleación para amalgama** <sup>5,6</sup>

ELEMENTO	FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS
<b>PLATA (Ag)</b>	Proporciona resistencia desciende el creep	Es el elemento principal del contenido de polvo de la aleación. Contenido mayor al 70% de plata. Fragua más rápido, expansión excesiva, disminuye la plasticidad y la manipulación clínica. Parece mejorar la ductilidad de la aleación. Si el contenido disminuye por debajo del 42% existe riesgo de presencia de mercurio libre en la aleación y ésta se vuelve más frágil.
<b>ESTAÑO (Sn)</b>	Favorece la amalgamación, modera la expansión influyendo en el comportamiento dimensional.	El exceso de estaño puede producir una marcada contracción de la masa final con tendencia a prolongar el período de fraguado así como la reducción de la resistencia. La cantidad de estaño influye en el comportamiento dimensional de la aleación durante su cristalización.
<b>COBRE (Cu)</b>	Controla la expansión, la contracción, también presenta propiedades antisépticas	Cantidades superiores al 6% originan aleaciones de alto contenido de cobre. El objetivo es hacer desaparecer la fase gamma 2 a expensas de originar la formación de fases ricas en cobre, sin embargo estas fases también terminan presentando fenómenos de corrosión.
<b>ZINC (Zn)</b>	Mejora el creep, la resistencia a la fatiga y a la fractura marginal Antioxidante	No debe superar al 0.01% en peso. La amalgama se vuelve más plástica, menos porosa, menos corrosiva mejora sus propiedades de tallado aumentando la longevidad. La asociación de este elemento con aleaciones de bajo contenido en cobre origina fenómenos de expansión retardada al contacto con humedad, a diferencia de las aleaciones con alto contenido en cobre que no presenta este fenómeno.
<b>ORO (Au) y PLATINO (Pt)</b>	Mejora la resistencia mecánica y el creep	Con el tiempo clínicamente no se ven cambios en su comportamiento.
<b>MERCURIO (Hg)</b>	Otorga la plasticidad controla la resistencia	Es el único metal líquido a temperatura ambiente, el cual tiene baja presión de vapores y se volatiliza con facilidad; sus vapores son tóxicos, se contamina fácilmente con los sulfuros ambientales reduciendo rápidamente su combinación con la plata.



### 3.3 Clasificación según la forma de las partículas de la aleación

La clasificación de la amalgama se determina por el tipo de partícula ya sean irregulares, esféricas, únicas y mixtas; además, por el contenido de cobre, ya sea alto o bajo, dividiéndose en aleación mixta con alto contenido de cobre.<sup>6, 8</sup>

1. *Partículas irregulares o fresadas*, se obtienen a través del fresado o trituración de un lingote de la aleación que origina un polvo con partículas irregulares. El lingote es el resultado de la fusión de los diversos componentes de la aleación.

2. *Partículas esféricas*, son resultado de la atomización gaseosa del estado líquido de la aleación. La aleación se funde dentro de un recipiente que contiene un gas inerte y se solidifica en forma de partículas esféricas. Las aleaciones con alto contenido de partículas esféricas requieren menos mercurio que las aleaciones tradicionales torneadas.

3. *Mixtas o de fase dispersa*, existe una mezcla de aleación irregular con bajo contenido de cobre y aleación esférica con alto contenido de cobre.

4. *Fase única o de composición única*, presentan solo aleaciones esféricas con alto contenido de cobre.<sup>3, 6, 12</sup>

### 3.4 Propiedades de la amalgama

En el siguiente cuadro se resumen las principales propiedades que presenta la restauración con amalgama, desde la amalgamación hasta que se encuentra colocada en el órgano dentario en función. (Cuadro 3).

**Cuadro 3**  
**Propiedades de la amalgama** <sup>6, 13</sup>

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
<b>Viscosidad</b>	Facilita la condensación, la reconstrucción de puntos de contacto.
<b>Biomecánica</b>	Alta resistencia a la compresión, es un material frágil, la resistencia está relacionada por su viscoelasticidad o escurrimiento (creep), las aleaciones de alto contenido en cobre y composición única presentan mejor comportamiento mecánico, el incremento de estaño origina niveles altos escurrimiento, alta propensión a la tinción y corrosión, menor dureza, resistencia y una marcada contracción, todas las aleaciones muestran baja resistencia traccional.
<b>Cambios dimensionales</b>	Las aleaciones de <i>alto contenido de cobre</i> no presentan cambios dimensionales en el fraguado, los factores que intervienen en los cambios dimensionales son la disolución del mercurio y la amalgamación mecánica. La contracción aproximadamente dura 24 horas. La aleación con <i>bajo contenido en cobre</i> y con zinc al momento de la condensación y trituración originan expansión exagerada provocando presión en la pulpa y sensibilidad posoperatoria.
<b>Oxidación</b>	El oxígeno es un elemento con gran energía de reacción que está presente en el ambiente, todos los materiales en la naturaleza están expuestos a él lo que provoca oxidación. Este fenómeno en los metales y el óxido formado en su superficie forma una capa cerámica resistente a la penetración del oxígeno que se acumula en la interfase lo que produce un sellado conocido como pasivación el cual condiciona el buen resultado clínico de la amalgama en cuanto a la filtración marginal, lo que evita la aparición de caries secundaria y el fracaso de la restauración. <sup>5, 10</sup>

Las amalgamas presentan dos rasgos de inestabilidad:

1. Cuando las amalgamas son sometidas a desgaste por pulido, sobre su superficie se forman gotitas de mercurio, lo que demuestra que el mercurio no está fuertemente unido a la aleación.
2. Las amalgamas con contenido alto de cobre emiten cantidades sustancialmente mayores de mercurio.<sup>10, 12</sup>

### 3.5 Presentación comercial

En la actualidad la amalgama tiene tres presentaciones:

1. **Polvo.** De partículas irregulares, esféricas y mixtas.
2. **Tabletas o pellets.** En su composición además de la aleación tienen un 5% de mercurio que es lo que le da la consistencia de tableta.

Las dos primeras presentaciones se dosifican junto con la proporción de mercurio.

Está demostrado que las restauraciones con un contenido elevado de mercurio experimentan mayor deterioro de los márgenes y presentan una superficie irregular.

3. **Cápsulas pre-dosificadas.** Contienen el polvo de la aleación y la cantidad del mercurio, pesados y separados por un blíster y se pone en contacto luego de su activación para llevar a cabo la trituración o la mezcla de forma mecánica. Este sistema asegura mayor exactitud en la relación polvo-líquido y no contamina con mercurio el ambiente.

El tiempo de trituración depende del tipo de partículas de la aleación y de las indicaciones del fabricante, con los amalgamadores mecánicos disminuye el tiempo de la mezcla y la amalgama que se obtiene presenta menos propiedades de resistencia compresiva y de densidad final. No debe quedar seca ni desmenuzable para lograr una restauración homogénea y bien adaptada a las paredes cavitarias.<sup>9</sup>

En resumen, se debe tener presente que la aleación para amalgama dental debe ser complementada con una correcta técnica de dosificación y preparación, además previo a su colocación haber diseñado y realizado una preparación cavitaria apropiada. Si todo esto se combina con un diagnóstico clínico correcto, puede preverse un resultado final satisfactorio.<sup>13</sup>

### **3.6 Indicaciones de uso para las restauraciones con amalgama**

La amalgama dental siguen siendo el material de elección para restaurar dientes posteriores temporales y permanentes en lesiones que se encuentran en los puntos y las fisuras de molares y premolares, en lesiones medianas o grandes que involucran las caras proximales del sector posterior y en pacientes en los que la higiene bucal no es satisfactoria.<sup>8</sup>

### **3.7 Ventajas y desventajas**

En la actualidad la amalgama es el material de restauración directa más empleado con éxito en dientes posteriores, sin embargo comienzan a caer en desuso y prohibición por la toxicidad mercurio incluido en su composición.

Hoy en día se debe considerar que el uso de este material debe tener una disminución gradual y en caso necesario utilizar la presentación en cápsulas predosificadas ya que con ello se eliminan las posibles fallas en su dosificación, pero también se busca reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente de acuerdo con lo señalado en el *Convenio de Minamata*.<sup>9, 14, 15, 16</sup>

Sus principales ventajas son la facilidad de manipulación, el bajo costo, su resistencia y altas propiedades mecánicas en preparaciones cavitarias con adecuada retención y su comprobada longevidad en boca. Además con el paso del tiempo presentan el proceso de oxidación y pasivación que contribuyen a evitar la aparición de caries secundaria.

Su principal desventaja es la falta de estética, además de que al ser un conductor térmico y eléctrico requiere de la colocación de una base cavitaria como aislante térmico.<sup>8</sup>

#### **4. Resina compuesta**

Las resinas compuestas son materiales estéticos de restauración directa que ayudan a devolver función y estética natural al diente, a principios de la década de 1960 fueron utilizadas solo para restaurar dientes anteriores, fue al final de esta década y hasta la actualidad que la resina ha sido un

material de restauración universal tanto para dientes anteriores como para dientes posteriores.<sup>3, 17</sup>

La composición de las resinas es a base de material orgánico e inorgánico, así se constituye por moléculas BIS-GMA, UDMA o bien una mezcla de ambas como material orgánico, además de partículas finas de material inorgánico como sílice, zirconio, bario, etc., recubierto con un agente acoplador a base de un silano organofuncional, así como activadores iniciadores e inhibidores de la reacción de polimerización.<sup>1</sup>

El material de relleno inorgánico le da propiedades físicas, mecánicas, químicas y ópticas a la resina. Los aspectos que afectan el comportamiento final de una restauración de composite con el relleno son: la cantidad, el tipo de relleno, el tamaño de las partículas, la composición y la forma.<sup>13</sup>

#### **4.1 Antecedentes históricos**

Durante la primera mitad del siglo XX los primeros materiales del color del diente eran los silicatos, que fueron reemplazados debido a su baja resistencia mecánica, alta solubilidad y un pobre resultado estético, además de que requerían retención mecánica para adaptarse en la preparación cavitaria.

Después fueron sustituidos por las resinas acrílicas a finales de los años 40 y a principios de los 50 las cuales también presentaron resistencia baja al desgaste con el tiempo, así como una gran contracción de polimerización y un coeficiente de expansión lineal térmico (CELT) demasiado elevado. Las primeras resinas compuestas basadas en el polimetilmetacrilato (PMMA) no tuvieron mucho éxito.<sup>3</sup>

Hasta antes de los años sesenta los silicatos y resinas acrílicas eran los únicos materiales utilizados para restauración estética de dientes anteriores. La acidez tan alta de los cementos de silicato y la inestabilidad volumétrica tan grande de las resinas acrílicas fueron la principal razón para buscar materiales sustitutos.

El estadounidense Rafael L. Bowen desarrolló en los años sesenta una molécula orgánica polimérica que tiene menores cambios dimensionales llamada Bisfenol A glicidil dimetacrilato (BIS-GMA) y que con el agregado de partículas inorgánicas reduce aún más el cambio dimensional aumentando su resistencia. Esta mezcla de material orgánico y material inorgánico con un agente de conexión de silano orgánico que produce la adhesión entre las partículas de relleno y la matriz de resina es lo que recibe el nombre de resina compuesta.<sup>3, 8</sup>

Desde su aparición hasta la fecha han sufrido muchos cambios en su formulación, todos ellos encaminados a dar los productos con mejores propiedades físicas sobre todo en lo que se refiere a reducir el cambio volumétrico que es actualmente el fenómeno más sensible de este tipo de material. Es conveniente recordar que en este material el cambio dimensional es directamente proporcional al volumen del material empleado: restauraciones en preparaciones cavitarias pequeñas tendrán menos cambios dimensionales que en las preparaciones cavitarias grandes.

Los mecanismos que se desarrollaron para lograr un mejor sellado y permanencia del material fueron el grabado ácido, el desarrollo de adhesivos y los procesos de polimerización sin los cuales no se podría obtener los resultados clínicos actuales.<sup>1, 18</sup>

#### **4.2 Evolución del grabado ácido**

El Dr. Michael G. Bounocore en 1955 señaló que una de las principales deficiencias de los materiales acrílicos y otros materiales de relleno era la falta de adhesión a la estructura de los dientes, de esta forma inicia con la idea de que probablemente un tratamiento ácido de la superficie del esmalte podría hacerlo más receptivo a la adhesión, de la misma manera que se hace con los metales.<sup>19</sup>



En aquel momento proponía además que un material de relleno capaz de formar enlaces fuertes a las estructuras de los dientes ofrecería muchas ventajas. Así con el intento de obtener la unión entre los materiales de relleno y la estructura del diente, exploró varias posibilidades, estas fueron: 1) el desarrollo de nuevos materiales de resina que tuvieran propiedades adhesivas; 2) la modificación de los materiales que ya existían para hacerlos adhesivos; 3) el uso de recubrimientos como materiales de interfaz adhesivos entre el relleno y el diente; y 4) la alteración de la superficie del diente mediante tratamiento químico para producir una nueva superficie a la cual los materiales que existían ese momento fueran capaces de adherirse.

En el mismo año Buonocore describió el uso del ácido grabador para aumentar la adhesión e introdujo el concepto de tratar el esmalte para alterar químicamente sus características superficiales y permitir la adhesión de los materiales restauradores a la superficie de esmalte dentario.

El acondicionamiento ácido de la superficie de esmalte inició la vía de las técnicas de grabado y lavado, en las que ambas superficies, esmalte y dentina, se acondicionan con ácido, para permitir que la resina se adhiriera a la superficie dental.<sup>20</sup>

- Grabado selectivo del esmalte

Consiste en la aplicación de ácido fosfórico solo sobre el esmalte dental, promoviendo la desmineralización selectiva de los prismas del esmalte, creando microporosidades, aumentando el área de superficie disponible para la adhesión y, en consecuencia, permite una mejor difusión y penetración de los agentes adhesivos en este sustrato.<sup>21</sup>

- Grabado total de esmalte y dentina

Técnica que a través del uso de ácido fosfórico al 37%, el cual prepara la superficie del esmalte, removiendo el material orgánico, logrando una superficie irregular con microporosidades, para que por capilaridad penetre el adhesivo formando así los TAGS resinosos. Así el tiempo de grabado comprende:

En esta técnica de acondicionamiento, el tiempo de aplicación del ácido fosfórico se estableció en 30 segundos para el acondicionamiento del esmalte y 15 segundos en la dentina, se debe procurar no exceder este tiempo, ya que un tiempo prolongado de aplicación puede conducir a la modificación estructural del colágeno expuesto, la apertura excesiva de los túbulos dentinarios, a un aumento significativo de la permeabilidad de la dentina, lo que dificulta así la adhesión.<sup>22</sup>

El concepto de acondicionamiento fue creado en 1979 por Fusayana y colaboradores quienes concluyeron que el grabado ácido aumentaría la adhesión de la resina compuesta, no sólo al esmalte sino también a la dentina. Esta técnica de grabado con el ácido fosfórico sobre dentina permitió eliminar la capa de barro dentinario, abrir los túbulos dentinarios y aumentar la permeabilidad dentinaria, por eso después del retiro del ácido mediante el lavado, la dentina no debe ser desecada, ya que es el agua la que mantendrá sustentadas en posición las fibras colágenas al perder su base mineral. La técnica de grabado total ha sido utilizada durante décadas, con excelentes y comprobados resultados clínicos.<sup>20, 23</sup>

- Autograbado

Esta técnica fue desarrollada en 1994 por Chirigay y Watanabe como consecuencia de que el grabado ácido total daba sensibilidad posoperatoria. El sistema autograbante es un sistema que no requiere un grabado ácido previo a su aplicación por lo que no requiere lavado, debido a que la fase de acondicionamiento con ácido se realiza en una sola etapa.<sup>23</sup>

Estos sistemas actúan acondicionando, desmineralizando e infiltrando esmalte y dentina de forma simultánea. La capa de barrillo se altera pero no se elimina y no está indicado el lavado. La eliminación del paso de grabado y lavado puede disminuir el riesgo de sobre acondicionamiento

de la dentina, minimizando el problema de la inadecuada penetración de los monómeros adhesivos y reduciendo el riesgo de sensibilidad postoperatoria.

Una desventaja del autograbado de dentina y el esmalte, es que presenta una incapacidad para acondicionar el esmalte a la misma profundidad que el ácido fosfórico, lo que probablemente sea causa de las tasas de falla más altas en los márgenes del esmalte debido a su menor acidez, además de que se sabe que los adhesivos de autograbado dan como resultado la formación de vesículas de agua en la superficie, lo que puede comprometer la durabilidad y la adhesión del esmalte.<sup>21</sup>

### **4.3 Composición de la resina**

Las resinas restauradoras se basan en la misma formulación descrita por Bowen, pero con algunas modificaciones introducidas posteriormente.

- Matriz Resinosa (polímero orgánico)

Generalmente está constituida por Bis-GMA (bisfenol A glicidil metacrilato) o por dimetacrilato de Uretano (UDMA), aunque Bis-GMA es el monómero más generalizado en las formulaciones actuales.<sup>1</sup> Estos componentes orgánicos son la parte activa de las resinas compuestas ya que son los monómeros que establecen la ligadura en el momento de la polimerización, dando resistencia al material.

El Bis GMA y el UDMA son muy viscosos a temperatura ambiente lo que dificulta la incorporación de carga a la matriz resinosa por lo que los fabricantes para contrarrestar esta viscosidad añaden diluyentes a base de dimetacrilato que favorecen que el material sea más fluido al usarlo.

La incorporación de estos diluyentes aumenta la contracción de la polimerización de las resinas compuestas. Además se le añade un inhibidor de polimerización para garantizar una mayor vida útil del material. Las funciones principales de la matriz orgánica son actuar como aglutinante, permitir la unión entre las diferentes capas, aportar el mecanismo de endurecimiento e intervenir en los mecanismos de adhesión a otras estructuras.<sup>3, 6, 12</sup>

- Partículas de carga (relleno inorgánico)

Con el desarrollo del Bis-GMA por Bowen, se hizo posible la incorporación de partículas inorgánicas a la porción orgánica, lo que optimizó las propiedades físicas del material.

El cuarzo fue el primer tipo de carga incorporado a los materiales resinosos, reduciendo la contracción térmica y el coeficiente de expansión. Este material se usa hasta la actualidad con la mayoría de las resinas compuestas. Otros tipos de carga han sido incorporados como el sílice coloidal y el vidrio de fluorsilicato de aluminio. El bario y el estroncio se usan para conferir radiopacidad al material.

En el 2003 aparecieron las resinas compuestas con nanopartículas presentando mayor lisura y resistencia a la abrasión que aquellas resinas compuestas híbridas y microhíbridas.

La incorporación de material de carga disminuye la cantidad de matriz orgánica, que es la parte sensible de la resina compuesta, ya que se sabe que cuanto mayor cantidad de relleno tenga una resina menor será su contracción y sus cambios dimensionales, la *sorción* de agua disminuye<sup>1</sup>, sin embargo se da un aumento de la resistencia al desgaste como consecuencia.

Las partículas de carga de menor tamaño presentan mayor área de superficie dentro del mismo volumen del material, lo que imposibilita la incorporación de grandes cantidades por el riesgo de aumentar la viscosidad del material dificultando su uso clínico. Además, la incorporación excesiva de carga perjudica las características estéticas del material.<sup>3, 4, 6</sup>

- Silanos (agentes de acoplamiento)

Para que las resinas compuestas presenten un comportamiento mecánico satisfactorio es necesario que las partículas de carga estén unidas a la matriz orgánica, esta unión se logrará gracias a los silanos.

Los silanos son moléculas que poseen la capacidad de unirse químicamente a la superficie de carga, así como a la matriz orgánica y propiciar una interfase adhesiva muy sólida y confiable lo cual permite que la resina actúe como una unidad cuando es sometida a tensiones las cuales son disipadas a lo largo de la interfase adhesiva creada por el silano.

La introducción de estos agentes superó el problema de la falta de unión, matriz/carga, lo que proporcionaba la formación de puntos de fractura y comprometía la longevidad clínica del material.<sup>3</sup>

- Iniciadores (sistema iniciador – acelerador)

Son agentes que cuando se activan desencadenan la reacción de polimerización de las resinas compuestas. En el caso de las resinas químicamente activadas, es el momento en que la pasta base y el catalizador la amina terciaria segmenta el peróxido de benzoílo y da inicio el proceso de autopolimerización. Mientras que en el caso de las resinas compuestas fotoactivas, el uso de luz visible activa la canforoquinona (iniciador).<sup>6, 12</sup>

## 4.4 Clasificación de las resinas compuestas

### Según el método de activación

- Tipo I. De reacción química o quimiopolimerizables.  
También llamadas autopolimerizables, estas resinas polimerizan al mezclar sus componentes (base-catalizador).
- Tipo II. De Fotocurado o Fotoactivadas.  
Sus componentes se activan por la exposición a energía externa o fuente lumínica azul de fotocurado.
- Resinas Duales. Una parte se polimeriza por autocurado (químico) y la otra por fotocurado (físico "luz").<sup>1, 6</sup>

### Según su consistencia (viscosidad)

El siguiente cuadro sintetiza las diferentes consistencias de la resina:

**Cuadro 4**

TIPO DE RESINA	VISCOSIDAD	CARACTERÍSTICAS <sup>6</sup>
Resinas condensables	Alta	-Viscosidad similar a la amalgama -Es necesario condensar el material para lograr su adaptación a la preparación -Son resistentes al desgaste y la fatiga -Dificultad de manipulación y poca estética en dientes anteriores
Resinas convencionales	Intermedia	-Bajo índice de desgaste -Alta elasticidad -Resistencia a la fatiga
Resinas fluidas	Baja	- Disminución del relleno - Tienen elasticidad - Fácil pulido - Baja resistencia al desgaste - Son estéticas



## Según el tipo de relleno

- **Resinas de macrorrelleno**

Resinas convencionales o tradicionales, estas estaban constituidas por grandes partículas de relleno inorgánico e irregular, se caracterizaban por su porosidad superficial, baja traslucidez y dificultad al pulido.

- **Resinas de microrelleno**

Resinas de acabado fino, el tamaño de sus partículas es más uniforme que el de las resinas convencionales. Estas partículas, incrementan en gran medida el área de su superficie en contacto con los monómeros, por tal razón no se agrega en un gran porcentaje ya que aumentaría su viscosidad y esto reduciría las propiedades mecánicas de la resina.

Se caracterizan por su apariencia superficial muy suave, logrando una gran estética. Es la resina de elección para dientes anteriores y área subgingival donde no se requiere de una gran resistencia mecánica.

- **Resinas híbridas**

Combina las propiedades físicas y mecánicas de los sistemas de partículas convencionales y la capacidad de pulido de los sistemas de microrelleno. Esta tecnología híbrida permite una alta carga de relleno en la resina compuesta, lo que permite recuperar gran parte de las propiedades mecánicas que se habían perdido con el sistema de microrelleno, aunque no logran igualar su capacidad para ser pulido y mantener la lisura

superficial son empleadas en restauraciones posteriores sometidas a tensión.

- **Resinas microhíbridas**

Están formadas por una combinación de macropartículas, presentan una excelente estética, una alta capacidad de pulido y buena resistencia al desgaste. Tienen diferentes grados de dureza, además por la heterogeneidad del tamaño de las partículas de relleno está indicada para el sector anterior y posterior.

- **Resinas de nanopartículas**

La nanotecnología ha desarrollado una nueva resina compuesta, que se caracteriza por la presencia de nanopartículas. Son resinas con partículas de relleno cada vez más pequeñas, presentan buena resistencia al desgaste gracias al tipo de relleno de estroncio vítreo que poseen. Este relleno, nanométrico genera un pulido de larga duración de la resina compuesta, manteniendo las propiedades de resistencia mecánica. Los nanoclusters están formados por partículas de zirconia/sílica o nanosílica. Los clusters son tratados con silano para lograr entrelazarse con la resina y muestran un alto contenido de carga en su composición. De esta manera se ha logrado incrementar la resistencia y la obtención de una mejor resina.

- **Resinas nanohíbridas**

Poseen partículas nanométricas en su composición inorgánica, pero a diferencia de las de nanorrelleno no poseen un nanocluster el cual está formado por nanopartículas a manera de racimo. Estas partículas actúan como soporte para las nanométricas y otorgan viscosidad al material, regulan la consistencia, dan el color y la radiopacidad.<sup>3, 6, 8, 24</sup>

- **Alkasite**

Es un material de restauración directa o subgrupo de las resinas compuestas con material de relleno alcalino, de autocurado con opción de fotopolimerización que libera iones de fluoruro, calcio e hidróxido. Es un material de obturación del color del diente para restauración directa que se puede utilizar de una sola intención (*bulk fill*).

Este material está diseñado para restauraciones de dientes temporales y permanentes con preparaciones clase I, II, V. Se puede usar sin adhesivo o con grabado y adhesivo previo a su colocación. En caso de usarlo sin adhesivo no es necesario el grabado de la cavidad con ácido fosfórico.

La preparación de la cavidad es de acuerdo con los criterios que se usan para la colocación de obturaciones de amalgama (preparación retentiva y con forma de resistencia) y los márgenes del esmalte no se biselan, se deben evitar porciones de esmalte no soportadas por dentina.

Si se usa con adhesivos se prepara de acuerdo con los principios modernos de la odontología mínimamente invasiva y siguiendo las instrucciones de uso del sistema adhesivo en cuanto al acondicionamiento y a la aplicación.<sup>23</sup>

La composición del alkasite consta de monómeros iniciadores, catalizadores y otros aditivos los cuales forman la parte reactiva restauradora de la base de resina. Estos monómeros componen la matriz final del material. La parte monomérica orgánica del alkasite se encuentra en el líquido. Este material consiste en un polvo y líquido envasados por separado que se mezclan a mano directamente antes de su uso. Se usa una cucharada de polvo por 1 gota de líquido (relación en peso polvo / líquido de 4.6 a 1).<sup>25</sup>

El alkasite no contiene Bis-GMA, HMA o TEGDMA, el componente principal de la matriz monomérica es el dimetacrilato de uretano (UDMA). El líquido tiene dimetacrilatos e iniciadores, mientras que el polvo está compuesto de varios rellenos de vidrio, iniciadores y pigmentos. El relleno alcalino aumenta la liberación de iones hidróxido para regular el valor del pH durante el ataque ácido, con el que se puede prevenir la desmineralización.<sup>26</sup>

Este material presenta características como: viscosidad moderada, fuertes propiedades mecánicas, estabilidad a largo plazo, buena adaptación

marginal, menor contracción al polimerizar, mayor estética y una reducción del tiempo de trabajo.

Según los hallazgos de las últimas investigaciones estos materiales de restauración bioactivos han surgido en la odontología operativa como materiales inteligentes de gran calidad.

Se ha observado que las restauraciones con alcasite (Cention N) colocado con adhesivo han sido clínicamente superiores por presentar una mínima microfiltración en la interfase esmalte restauración y se ha señalado que es un material restaurador con éxito clínico que, podría considerarse como una alternativa a la amalgama, la resina o cementos de ionómero de vidrio.<sup>25, 27</sup>

## 4.5 Propiedades de las resinas compuestas.

El siguiente cuadro sintetiza las diferentes propiedades de la resina:

**Cuadro 5**

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN <sup>5</sup>
<b>Contracción por polimerización</b>	Esta propiedad se relaciona directamente con el contenido de partículas inorgánicas. De esta manera las resinas flow y las microparticuladas son las que presentan mayor contracción de polimerización ya que poseen la menor cantidad de carga inorgánica.
<b>Resistencia al desgaste</b>	Deben ser las resina microhíbridas o condensables ya que presentan un elevado porcentaje de partículas inorgánicas en su composición.
<b>Pulido superficial</b>	Las resinas microparticuladas son las que presentan mayor capacidad de lisura superficial tras el acabado debido al tamaño de las partículas y de la mayor cantidad de matriz orgánica. Las resinas microhíbridas o nanohíbridas actuales presentaron una condición de pulido bastante superior, las resinas nanoparticuladas proporcionan una mejor conservación del pulido superficial a largo plazo en comparación con las resinas microhíbridas.
<b>Grado de conversión</b>	Representa la cantidad de monómero convertida en polímero y tienen relación directa con las propiedades físicas del material tras concluir la restauración. Las resinas fotoactivables presentan un mayor grado de conversión en relación con las químicamente activas.
<b>Estabilidad del color</b>	Las resinas químicamente activadas son menos estables en el mantenimiento del color. La lisura superficial es otra variable que determina el color. Las que presentan partículas inorgánicas de mayor tamaño tienen mayor riesgo de manchas superficiales.
<b>Características ópticas</b>	Actualmente existen en el mercado resinas que además de presentar una inmensa variedad de colores y diferentes grados de opacidad y translucidez, reproducen las características ópticas de la opalescencia y fluorescencia encontradas en los dientes naturales.

#### **4.6 Presentaciones comerciales**

Las resinas compuestas se encuentran disponibles en las siguientes presentaciones para poder viabilizar su aplicación o uso de acuerdo al tratamiento:

- Jeringas
- Compules
- Jeringas de resina fluida
- Líquido/polvo de autocurado (alkasite)

#### **4.7 Indicaciones de uso para las restauraciones con resina**

En casos de restauraciones en dientes anteriores y posteriores, dientes temporales, restauraciones en dientes fracturados, en casos de cierre de diastemas, recuperación o transformación anatómica, lesiones no cariosas (erosión, afracción y abrasión), restauraciones a nivel gingival (por sensibilidad dentinaria) en restauraciones con defecto en el esmalte, facetas o carillas directas de resina compuesta.<sup>6</sup>

Algunas de sus ventajas son que el tipo de preparación cavitaria permite conservar mayor cantidad de tejido dentario sano realizando una preparación mínimamente invasiva determinada por la lesión, aunado a su capacidad de microretención y adhesión.

Además de tener una apariencia natural gracias a su gran variedad de tonos, una baja conductividad térmica, radiopacidad, considerando que

la restauración de resina se puede someter a fuerza de masticación de forma inmediata.<sup>28, 29</sup>

En relación a sus desventajas encontramos que la técnica de colocación requiere un mayor número de pasos, la contracción posterior a la polimerización, siendo el principal motivo del reemplazo de la restauración y la presencia de caries secundaria seguida de la fractura. Además de que una polimerización inadecuada o incompleta puede generar problemas tales como: sensibilidad posoperatoria, decoloración, baja resistencia, desgaste excesivo, deterioro marginal, agresión pulpar por monómero residual, cambios de color y propiedades físicas disminuidas.<sup>5, 6,</sup>

18, 29, 30, 31.



## **5. Investigaciones que analizan las características clínicas de ambos materiales**

Se ha realizado investigación en diferentes países acerca de los materiales dentales de restauración directa (amalgama y resina compuesta) obteniendo diferentes resultados, dichos estudios muestran el comportamiento de estos materiales brindando información relevante para la toma de decisiones en la práctica clínica. Los avances de la ciencia en materiales dentales han logrado cambios importantes sobre todo en lo que se refiere a las resinas compuestas. En el caso de la amalgama a partir del 16 agosto de 2017 con la entrada en vigor del *Convenio de Minamata* sobre el mercurio, el cual tiene por objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio, varios países se unieron a este para lograr que a finales de 2020 se disminuya en forma progresiva y voluntaria el uso de la amalgama de plata para ser sustituida por las resinas compuestas como material de restauración.<sup>14</sup>

Sin embargo la revisión de la literatura nos ha mostrado ventajas y desventajas a nivel clínico de ambos materiales como se muestra en las siguientes investigaciones.

En 2007 Opdam y cols. realizaron un estudio retrospectivo mediante en el cual evaluaron la longevidad de las restauraciones clase I y II obturadas con amalgama y resinas que colocaron dentistas de práctica general.

A partir de expedientes revisados en 2002 se analizó la longevidad y las razones del fracaso de 2,867 restauraciones, las cuales fueron colocadas en 621 pacientes por dos dentistas entre 1990 y 1997.

Durante este periodo se colocaron 912 restauraciones de amalgama (502 por el operador 1 y 410 por el operador 2) y 1,955 restauraciones de resina compuesta (1,470 por el operador 1 y 485 por el operador 2). En donde 182 restauraciones de amalgama y 259 resinas fallaron durante el período de observación. Las principales razones de fracaso fueron caries secundaria (34%), tratamiento endodóntico (12%) y fractura del diente (13%).

Las tablas de vida calculadas a partir de los datos revelan una supervivencia para la resina de 91.7% a los 5 años y 82.2% a los 10 años, mientras que, para la amalgama, la supervivencia fue del 89,6% a los 5 años y del 79,2% a los 10 años. La cantidad de superficies restauradas reporta un efecto significativo en la supervivencia de las restauraciones.

No se encontró efecto significativo entre operadores, el material, así como la combinación de material y operador. Lo que significa que los dos dentistas de práctica general obtuvieron una longevidad comparable para las restauraciones de amalgama y resina compuesta.<sup>32</sup>

En 2010 Opdam y cols. realizaron otro estudio retrospectivo para comparar la longevidad de las restauraciones de amalgama y resina en relación con el riesgo de caries, para lo cual evaluaron 1,949 restauraciones clase II grandes (1,202 amalgama / 747 resina). Se registraron las fechas de colocación, reemplazo, fracaso y riesgo de caries de los pacientes. Después de 12 años habían fallado, 293 restauraciones con amalgama y 114 con resina. Las grandes restauraciones de resina mostraron una mayor supervivencia en el grupo de bajo riesgo. Para las restauraciones de tres superficies en pacientes de alto riesgo, la amalgama mostró una mejor supervivencia.<sup>33</sup>

En 2019 Uttarwar y cols. realizaron una revisión sobre la longevidad de la amalgama y la resina, reportando que la amalgama presenta superioridad como material restaurador comparado con la resina, sin embargo las amalgamas están siendo sustituidas por la resina como material de restauración de primera elección. Debido a la preocupación que se tiene sobre su toxicidad y a la falta de estética, la amalgama está casi al borde de la extinción. La resina sin embargo representa la generación futura de materiales de relleno con tecnología en constante evolución en términos de mejor adhesión, estética y propiedades mecánicas. Por lo tanto, se debe dar más énfasis en los planes de estudio y en la formación odontológica hacia una mejor aplicación de las resinas compuestas en la práctica clínica.<sup>34</sup>

Kaur y cols. en 2011 evaluaron el rendimiento clínico de restauraciones de resina combinada con amalgama en dientes posteriores, para lo cual tomaron 100 dientes posteriores cariados, dividieron al azar en cuatro grupos de 25 dientes cada uno. En el Grupo A, los dientes se restauraron con resina Z250 y amalgama FusionAlloy. En el Grupo B, se utilizaron Surefil composite y amalgama. En los grupos C y D, los dientes se restauraron con resina Surefil y amalgama FusionAlloy, respectivamente. Las restauraciones se evaluaron a los 3, 6, 12 y 15 meses.

Obteniendo como resultado que las restauraciones combinadas y las restauraciones de amalgama mostraron un mejor sellado o adaptación marginal y contorno que las restauraciones de resina. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos y solo tres restauraciones de amalgama mostraron pérdida de retención. Así concluyen que las restauraciones combinadas de resina y amalgama se comportaron mejor para el sellado, el contorno y la retención que las restauraciones de resina y amalgama, respectivamente.<sup>35</sup>

Tolidis y cols. en 2013 evaluaron el sellado marginal y la microfiltración en las interfaces diente-material y material-material en la caja proximal en restauraciones combinadas de amalgama y resina, en cavidades MOD en 35 premolares y molares permanentes. Reportando que a pesar de que aún no se ha explicado por completo el mecanismo de unión entre la amalgama y la resina, la interfaz de amalgama-resina presenta las

puntuaciones de microfiltración más bajas que la interfaz diente-resina en la zona cervical, así concluyen que las restauraciones combinadas pueden considerarse como una alternativa biológica y estética a las restauraciones convencionales de resina compuesta o amalgama.<sup>36</sup>

Khalaf y cols. en 2014 analizaron el uso y colocación de restauraciones de amalgama y resina en dientes posteriores, a partir de factores asociados al dentista, al paciente y tamaño de la lesión cariosa. En el estudio incluyeron 1,000 restauraciones posteriores colocadas por una muestra representativa de dentistas generales que trabajan en el Ministerio de Salud (MOH), Kuwait. Dentro de los resultados reportados señalan que de las 1,000 restauraciones los dentistas eligieron la amalgama en un 30,8%. Aquellos dentistas con una experiencia laboral más larga (> 15 años) eligieron con mayor frecuencia la amalgama, mientras que los dentistas más jóvenes ( $\leq$  30 años) la eligieron menos. Fue más elegida la amalgama para pacientes con mala higiene bucal y en restauraciones con preparaciones grandes, mientras que la resina para preparaciones cavitarias pequeñas.

Así concluyen que como refleja la tendencia mundial, el uso de resina es la elección dominante entre los dentistas en Kuwait. Sin embargo, los odontólogos aún consideran el uso de la amalgama para dientes posteriores por la carga que soportan y en la población con alto riesgo de caries.

Así mismo señalan la importancia clínica a resaltar y es que los factores que influyen en el uso del material en diferentes condiciones clínicas proporcionan información sobre las deficiencias percibidas de la resina en el entorno del odontólogo de práctica general. Lo que contribuye a identificar las barreras para el uso de los nuevos materiales de restauración, pero sobre todo para encontrar formas de superar las deficiencias percibidas.<sup>37</sup>

En 2015 en Paraguay Fischer y cols. realizaron una investigación para determinar la frecuencia del uso de biomateriales restauradores en dientes posteriores, en donde observaron que la resina es el material de uso más frecuente en dientes posteriores. Las restauraciones con resina tuvieron un porcentaje de 77%, las de ionómero 18% y las de amalgama un 4.2%.

Es evidente mencionar que el objetivo de la investigación es mostrar la disminución de uso de las restauraciones de amalgama para dientes posteriores, dando preferencia a la resina compuesta en los mismos.<sup>38</sup>

En 2015 Mondelli y cols. realizaron en cinco regiones de Brasil (Norte, Sur, Centro, Oeste, Noreste y Sureste), una encuesta para saber cuáles son los materiales más usados en el sector posterior.

Este estudio señala que la amalgama cuando es utilizada con conocimiento, adecuadamente condensada, esculpida y pulida exhibe supervivencia y un desempeño mayor, mejor que los materiales contemporáneos. Además de que es todavía el único material restaurador que mejora con el transcurso del tiempo, mientras que los demás empeoran.

Por tal razón es un material que ha sido el patrón de comparación para todos los materiales dentales.

La encuesta realizada a los 486 odontólogos entrevistados reportó que el 56.6% opinó que fue mejor el comportamiento clínico de la amalgama mientras que el 32.7% consiero que fue la resina.

En este estudio concluyen que la amalgama es el material de restauración directa más usado en el sector posterior en casi todas las regiones de Brasil, excepto en la región sur donde se usa la resina compuesta.<sup>39</sup>

En Reino Unido Lynch y cols. en 2018 realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar la frecuencia de uso de amalgamas dentales y materiales alternativos en atención dental básica, a partir de un cuestionario aplicado a 667 dentistas, así mismo buscaron identificar la actitud y la confianza de los dentistas respecto a la colocación de compuestos de resina como alternativa a la amalgama.

Así los resultados observados en este estudio fueron: altos niveles de confianza en la colocación de resina en dientes posteriores, sin embargo los niveles de confianza se redujeron a medida que aumentaba la complejidad de la preparación cavitaria (tres superficies ocluso-proximales), además mencionaron que no existe seguridad con la obturación de resina en dientes posteriores con cavidades profundas cercanas a la pulpa y que una barrera para el uso de resina en dientes posteriores es el financiamiento del estado.

Los encuestados señalaron que la colocación de resina se realiza en un tiempo mayor y que la amalgama sigue siendo el material seleccionado para restaurar dientes posteriores en adultos ya que son restauraciones más duraderas, económicas y de fácil de colocación en comparación con la resina. Así se obtuvo que el 42.6% estuvo de acuerdo que con amalgama experimentan menos sensibilidad postoperatoria y 35.9% presentan menos problemas a nivel gingival (interdental) con la amalgama.<sup>40</sup>

Forss y col. en 2001 realizaron en Finlandia un estudio que tuvo como objetivo obtener información sobre el cuidado dental, además de analizar los cambios en el tratamiento durante un período de 5 años. Se extrajo una muestra aleatoria de dentistas de registros de las autoridades sanitarias y de la asociación dental de Finlandia, y en la primavera de 1997 se envió un cuestionario solicitando a los dentistas que registraran la información de



cada restauración colocada durante un período determinado. Se estableció contacto con un total de 1,229 dentistas y respondieron 659. Los dentistas trataron a 5,305 adultos durante el período de estudio y colocaron 6,322 restauraciones. Reportando que el material de restauración más común fue la resina compuesta, que se utilizó en el 74,9% de las restauraciones, mientras que la amalgama se utilizó en el 4,8% y el ionómero de vidrio en el 9,4% de las restauraciones. La media de duración de las restauraciones que fallaron fue de casi 12 años para la amalgama, un poco menos de 5 años para la resina y un poco más de 4 años para el ionómero de vidrio. Los resultados indicaron que la odontología clínica en Finlandia ha dado un paso definitivo hacia la era posterior a la amalgama. Sin embargo, los períodos funcionales de las restauraciones de color diente fallidas fueron decepcionantemente cortos y merecen una seria consideración.<sup>41</sup>

Bernardo y cols. en 2007 realizaron un ensayo clínico aleatorizado, en donde compararon la supervivencia y motivos de fracaso entre amalgama y resina en restauraciones de dientes posteriores, en 472 sujetos con edades entre los 8 y los 12 años, para lo cual asignaron al azar en la mitad de la población, restauraciones de amalgama y la otra mitad restauraciones de resina compuesta. Los sujetos al inicio del estudio recibieron 1,748 restauraciones teniendo un seguimiento anual durante siete años, los cuales fueron evaluados con radiografías interproximales.

En general, el 10,1% de las restauraciones iniciales fallaron. La tasa de supervivencia de las restauraciones de amalgama fue del 94,4%; el de las restauraciones de resina fue del 85,5 %. Las tasas de fracaso anual variaron del 0,16 al 2,83% para las restauraciones de amalgama y del 0,94 al 9,43% para las restauraciones de resina. La caries secundaria fue la principal causa de falla en ambos materiales. El riesgo de caries secundaria fue 3,5 veces mayor en el grupo de restauraciones con resina. Así concluyeron que las restauraciones de amalgama se comportaron mejor que las restauraciones de resina. La diferencia de rendimiento se acentuó en restauraciones grandes y en aquellas con más de tres superficies involucradas.<sup>42</sup>

Según Rasines y cols. en una revisión realizada en 2014 sobre la tasa de fracaso de restauraciones con resina y amalgama encontraron que el fracaso en las resinas compuestas es más alto ya que conducen a mayores tasas de riesgo de caries secundaria que el de las restauraciones de amalgama, así mismo señalan que, si se prohíbe el uso la amalgama, existirá la necesidad de mejorar las características de las resinas y las técnicas utilizadas para su colocación. La revisión actual sobre la longevidad de la amalgama y la resina demuestra que la amalgama muestra superioridad en comparación con la resina como material restaurador y que la evidencia actual es insuficiente para respaldar o refutar cualquier efecto adverso que la amalgama pueda tener en los pacientes, además de que es poco probable que una nueva investigación

cambie la opinión sobre su seguridad debido a la decisión de una eliminación global de la amalgama (Convenio de Minamata sobre Mercurio) así esta opinión general sobre su seguridad es poco probable que cambie.<sup>43</sup>

Moraschini y cols en 2015 evaluaron mediante una revisión sistemática y un metanálisis la hipótesis de que no hay diferencias en las tasas de fracaso entre las restauraciones posteriores de amalgama y resina compuesta. Los criterios de elegibilidad incluyeron ensayos clínicos en humanos con al menos 12 meses de seguimiento comparando las tasas de fallas entre restauraciones oclusales y ocluso-proximales de amalgama y resina. Después de una evaluación inicial y una lectura cuidadosa, se incluyeron en esta revisión 8 estudios publicados entre 1992 y 2013.

De acuerdo con la evaluación del riesgo de sesgo, todos los estudios se clasificaron como de alta calidad. Los resultados de esta revisión sugieren que las restauraciones de resina compuesta en los dientes posteriores todavía tienen menos longevidad y mayor probabilidad de caries secundarias en comparación con las restauraciones de amalgama. En relación con las fracturas, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los dos materiales restauradores con respecto al tiempo de seguimiento.

Así mismo señalaron que actualmente existe una tendencia mundial hacia la sustitución de las restauraciones de amalgama por materiales sin mercurio, que son adhesivos y promueven la estética, sin embargo, es importante realizar una revisión periódica actualizada sobre el desempeño clínico de estas restauraciones a largo plazo.<sup>44</sup>

En 2016 Naghipur y cols. realizaron un estudio retrospectivo para determinar la supervivencia y razones de fracaso de restauraciones directas con resina y amalgama en preparaciones de 2 superficies en premolares, colocadas por estudiantes de odontología canadienses. Durante 12 años, se colocaron 1,695 resinas y 1,125 restauraciones de amalgama, de estas fallaron 134 resinas compuestas (7.9%) y 66 amalgamas (5.9%). Las fallas a corto plazo (2 años o menos) fueron 57 restauraciones de resina (4%) y 23 de amalgama (2.3%).

Las fallas a largo plazo (más de 2 años) fueron 77 restauraciones de resina (4.5%) y 43 de amalgama (3.8%). Después de 12 años de servicio, la probabilidad de supervivencia de las restauraciones de resina compuesta fue del 86% y la de las restauraciones de amalgama del 91,5%.<sup>45</sup>

En 2017 en Cuba López de Castro y cols. realizaron una investigación para determinar los posibles fracasos en las restauraciones de resina y amalgama de pacientes tratados en la Facultad de Estomatología.

Entre los fracasos que se reportan relacionados con las restauraciones están: las propiedades de los materiales, la manipulación, la habilidad

técnica del profesional en su selección y uso, el grado de destrucción del diente, la profundidad y la localización de la lesión así como factores relacionados con el paciente como la edad, higiene oral, riesgo de caries dental, nivel de exposición a fluoruros, edad y consumo o uso de sustancias que puedan teñir el diente.

Los tipos de fracasos encontrados en el estudio fueron recidiva de caries, fracturas, desprendimiento y sintomatología dolorosa. Se revisaron las historias clínicas de 67 pacientes femeninas y 38 pacientes masculinos. A los que se les realizó 844 restauraciones. Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes: de 526 (62.32%) restauraciones con amalgama 149 (28.3%) fracasaron y 377 (71.7%) fueron exitosas; mientras que de 318 (37.67%) restauraciones con resina, 130 (40.9%) fracasaron y 188 (59.1%) fueron exitosas. Las causas y frecuencia de los casos fracaso fueron: recidiva de caries (208), fractura (28), sintomatología (23), desprendimiento(12), recidiva de caries y sintomatología (8).<sup>46</sup>

En 2018 en Costa Rica Gutiérrez realizó una investigación en la que tomó una muestra de amalgama y una de resina compuesta con la finalidad de comparar la dureza superficial que presentan estos materiales de restauración, tomando en cuenta los factores que influyen en el rendimiento, durabilidad y longevidad de las restauraciones dentales.

La dureza de un material es una de las propiedades mecánicas que más influyen en la durabilidad de las restauraciones dentales. La evidencia respecto a la durabilidad y el mayor éxito de las resinas contra las amalgamas es contradictorio. Existen investigaciones que reportan una supervivencia de amalgamas de 94.4% en contraste con un 85.5% de las restauraciones de resina.

En el caso de la amalgama la dureza está directamente relacionada con su velocidad de cristalización y la proporción de sus componentes metálicos, (alto contenido en cobre disminuye la dureza y una menor cantidad de mercurio la aumenta).

La resina presenta menor dureza superficial a pesar de esto ha tenido mayor auge en los últimos años. Los valores de microdureza, están dados por la composición de la matriz orgánica, el volumen y el porcentaje de las partículas de carga.

Ambos materiales son una buena opción para restaurar dientes con pequeña o mediana destrucción. Sin embargo el promedio de la dureza de la amalgama es superior al de la resina.<sup>47</sup>

En 2014 Chandwani y cols. evaluaron el efecto histológico que generan en la pulpa dental humana la amalgama y la resina, para lo cual realizaron un estudio comparativo en cien premolares sanos programados para extracción de ortodoncia, los cuales fueron divididos en dos grupos: grupo

A, dientes restaurados con amalgama de plata, y grupo B, dientes restaurados con resina compuesta. Cada grupo se subdividió igualmente en dos subgrupos [los dientes fueron extraídos después de 24 horas (A-1 y B-1) o 7 días (A-2 y B-2)], posteriormente se estudiaron en los dos intervalos los cambios histológicos en la pulpa relacionados con los dos materiales. Se encontró que después de 24 horas, la respuesta inflamatoria de la pulpa en los dientes restaurados con amalgama y resina compuesta fue similar. Sin embargo, después de 7 días, la gravedad de la respuesta inflamatoria de la pulpa en los dientes restaurados con amalgama fue menor en comparación con la de los dientes restaurados con resina.

Este estudio confirmó que la amalgama sigue siendo el material restaurador más competente tanto de forma mecánica como biológica y que la resina compuesta podría ser un material restaurador prometedor para satisfacer las necesidades estéticas durante un período de tiempo considerable.<sup>48</sup>

En 2019 en la India Padmakumar y cols. realizaron un estudio para comparar y demostrar que la cantidad de mercurio que contiene la amalgama de plata no es un determinante para prohibir su uso ya que la variación de los niveles de mercurio inorgánico de la amalgama es mínimo comparado al mercurio orgánico en el pescado que comen los niños, este estudio se realizó antes y después de la colocación de la restauración de amalgama. Aunque las evidencias recientes sugieren que la amalgama en

el ambiente oral libera constantemente pequeñas cantidades de productos de corrosión citotóxica y vapor de mercurio por acciones abrasivas leves como la masticación, el cepillado y la ingestión de bebidas calientes; se sabe que la amalgama no representa una amenaza y es relativamente segura.

La amalgama que se ha utilizado con fines restaurativos tiene alta resistencia, durabilidad y estabilidad dimensional. Los estudios han demostrado que la amalgama tiene una mayor tasa de supervivencia que la resina compuesta. A pesar de todas estas ventajas la amalgama dental está perdiendo popularidad como material dental restaurador por contener mercurio.<sup>49</sup>

En una revisión realizada por Gómez en 2020 señala que desde el punto de vista ambiental, la amalgama no es la principal fuente de contaminación por mercurio y que sus residuos son completamente reciclables. Adicionalmente, con el fin de disminuir el impacto de los residuos generados por su uso, hay que tomar conciencia sobre la importancia que tiene no eliminar en los pacientes las restauraciones clínicamente funcionales simplemente por estética, ya que esto no sólo aumenta la generación de residuos, sino que expone al profesional y al paciente a vapores de mercurio, además de que este último sacrificará una restauración funcional por otro material que, en un menor tiempo, posiblemente requiera de un nuevo reemplazo.



Y es que, desde el punto de vista del desempeño clínico, biocompatibilidad y toxicidad para el paciente, la evidencia disponible no sólo muestra tasas de supervivencia mayor para las restauraciones de amalgama, sino que las liberaciones de mercurio desde éstas son tan bajas que no alcanzan a llegar a niveles tóxicos y, por ende, no hay evidencia concluyente sobre claras afectaciones a nivel sistémico.<sup>50</sup>

Finalmente es importante a partir de la revisión realizada señalar algunos aspectos considerados por FDI World Dental Federation y expertos de la OMS en el informe de 2010 en el marco del Programa de Salud Bucodental, en donde ambas instancias proponen las siguientes recomendaciones sobre la utilización de materiales alternativos a la amalgama en relación con la situación en países de ingresos medio y bajos.

- El abandono progresivo de la amalgama dental dependerá de la existencia de materiales alternativos de restauración de calidad adecuada. Puesto que los materiales alternativos de restauración dental distan mucho de ser ideales a raíz de sus limitaciones en términos de durabilidad, resistencia las fracturas y al desgaste, a estas alturas sería prudente considerar una *“reducción gradual”* en lugar de una *“eliminación gradual”* de la amalgama dental .

Si bien la resina compuesta es un material prometedor en lo que se refiere a los tratamientos de restauración dental del futuro, sigue imperando la necesidad de promover el desarrollo de materiales de restauración de calidad para su uso en los programas de salud pública.

- La OMS subrayó la urgencia y necesidad que los investigadores de salud bucodental fortalezcan la investigación operativa para propiciar el desarrollo y la utilización de nuevos materiales de restauración dental.
- Se reconoce que la profesión odontológica está comprometida a cambiar el actual paradigma y es menester de esta lograr una mejora en la salud de los pacientes y el medio ambiente. <sup>51</sup>

## **Planteamiento del problema**

La terapéutica dental es parte del día a día de la práctica estomatológica, y a pesar de que el avance en el conocimiento sobre los materiales dentales de restauración directa ha permitido dar atención basada en los principios de la mínima invasión, la utilización de la amalgama y la resina sigue siendo tema de actualidad ya que son los materiales de primera elección en la restauración del órgano dentario, los cuales nos ayudan a reconstruir, recuperar la función y en el caso de la resina la estética del diente afectado por la caries dental o bien por la pérdida estructura dentaria por algún otro motivo no relacionado a caries. Por lo tanto surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las principales características que presentan la amalgama y la resina como materiales de restauración directa en la terapéutica dental?

## **Objetivo general**

Analizar las características de la amalgama y la resina compuesta como materiales de restauración directa en la terapéutica dental.

## **Objetivos específicos**

- Identificar las características que presenta la amalgama dental y la resina compuesta como materiales de restauración directa en la terapéutica dental.
- Analizar las diferencias que presenta la amalgama dental en comparación con la resina compuesta como materiales de restauración directa en la terapéutica dental.

## **Material y métodos**

La presente investigación es un trabajo de revisión bibliográfica para el cual se consultaron libros y artículos. La metodología empleada en la presente revisión tuvo como criterios la selección de artículos con los términos de búsqueda: amalgama dental, resina compuesta en las bases de datos *Scielo* y *Redalyc*; con los términos mencionados en inglés: dental amalgam, amalgam, dental composite, composite, enamel acid-etching, alkaline fillers, Cention N, en las bases de datos *PubMed*, *EBSCOhost* y *SCOPUS*.

### **Recursos humanos:**

- Tesista
- Director de tesis
- Asesores de tesis

### **Material y equipo:**

- Equipo de cómputo
- Bases de datos
- Red de internet
- Office: Word y Power Point

## Discusión

Los avances de la ciencia en materiales dentales y la operatoria dental han tenido cambios significativos, dando al Cirujano Dentista de práctica general la opción de seleccionar los materiales de restauración directa como son la amalgama y la resina compuesta, no sólo a partir del criterio clínico, ya que con base a la evidencia científica hoy es posible determinar cuál es el material restaurador ideal para cada caso clínico. No cabe duda que la experiencia y el conocimiento del clínico siempre tendrá un mayor valor si este se apoya de una actualización permanente, por tal razón es importante revisar los cambios y la evolución que los materiales dentales han tenido y tendrán con el paso del tiempo.

A través de la revisión de la literatura realizada hemos visto que la amalgama dental es el material de restauración más antiguo que ha sido usado por más de un siglo, en el transcurso de este tiempo ha sufrido cambios en su composición y ha mostrado ser un material que proporciona resistencia al desgaste, durabilidad y un bajo costo, que si se combina con una buena técnica de manipulación ha dado buenos resultados clínicos.

Sin embargo comienza a quedar en desuso por detalles como falta de estética y el efecto tóxico del mercurio que se utiliza en su preparación. Sin dejar a un lado que con la entrada en vigor en 2017 del Convenio de

Minamata (primer acuerdo ambiental mundial) se deberá dejar de utilizar la amalgama en forma gradual para ser reemplazada por la resina.

Por otro lado a partir de la base y estructura de la resina compuesta se han desarrollado una gran variedad de resinas y subresinas como son los alcasites que presentan propiedades de manipulación y técnica de colocación favorable, que buscan reemplazar a la amalgama.

Las investigaciones que describen la situación, comparan las características y resultados clínicos de la amalgama y la resina como materiales de restauración directa nos permiten analizar sus características clínicas en busca de hacer una adecuada selección del material acorde a las necesidades del caso.

En lo que se refiere a su longevidad como material de restauración directa en 2007 Opdam y cols.<sup>32</sup> evaluaron longevidad de la amalgama y la resina en restauraciones clase I y II encontrando una longevidad comparable en ambos materiales; en 2010<sup>33</sup> compararon la longevidad de restauraciones clase II en relación con el riesgo de caries, encontrando que la resina mostró una mayor supervivencia en el grupo de bajo riesgo a caries, mientras que las de amalgama mostraron una mayor supervivencia en el grupo de alto riesgo. Los resultados encontrados en ambos estudios reportan una diferencia en relación a la supervivencia de ambos materiales, ya que presentaron un comportamiento distinto en relación

con el nivel de riesgo de caries que presentaron los casos estudiados en 2010.

Estos resultados contrastan con lo reportado por Uttarwar y cols.<sup>34</sup> quienes reportaron que la amalgama presenta superioridad como material restaurador en comparación con la resina.

Otras investigaciones en donde se evaluaron restauraciones combinadas de amalgama y resina en dientes posteriores como las de Kaur y cols. en 2011 y Tolidis y cols. en 2013 encontraron que las restauraciones combinadas y las de amalgama, mostraron un mejor sellado, adaptación marginal y contorno que las restauraciones que fueron solo de resina; así como las puntuaciones de microfiltración más bajas, así sugieren considerar las restauraciones combinadas como una alternativa biológica y estética, pero además otra opción a las restauraciones convencionales de resina y amalgama.<sup>35, 36</sup>

Otra característica descrita fue la frecuencia de uso de amalgama y resina en dientes posteriores, así en estudios como el de Khalaf y cols. en 2014<sup>37</sup> señalaron en relación con la amalgama que los dentistas con una experiencia laboral mayor (> 15 años) eligieron con más frecuencia la amalgama, mientras los dentistas más jóvenes ( $\leq$  30 años) la eligieron menos, que es el material más utilizado en pacientes con mala higiene



bucal y en preparaciones grandes, mientras que la resina es más utilizada en preparaciones cavitarias pequeñas.

Lo que es posible contrastar con el estudio de Fischer y cols.<sup>38</sup> realizado en 2015 en donde determinaron que la resina es el material de uso más frecuente (77%), le sigue el ionómero de vidrio (18%) y las restauraciones de amalgama (4.2%), así concluyen que hay una disminución en uso de las restauraciones de amalgama.

Mientras que Mondelli y cols.<sup>39</sup> en 2015 realizaron una encuesta a 486 odontólogos, encontrando que el 56.6% opino que la amalgama tuvo el mejor el comportamiento clínico, mientras que el 32.7% considero que fue la resina, con lo que concluyen que la amalgama es el material más usado en las restauraciones posteriores. Lo que contrasta con lo reportado con Lynch y cols.<sup>40</sup> en 2018 a partir de un cuestionario aplicado a 667 dentistas para identificar la actitud y confianza que los dentistas tienen respecto a la colocación de restauraciones de resina, así observaron que existen altos niveles de confianza en la colocación de resina en dientes posteriores, sin embargo resulta interesante ver que los niveles de confianza se redujeron a medida que aumentaba la complejidad de la preparación y en dientes posteriores con preparaciones muy profundas cercanas a la pulpa. De tal forma que estos datos nos dejan ver que la amalgama sigue siendo el

material con mejor comportamiento clínico ante preparaciones amplias, con retención mecánica y próximas a la cámara pulpar.

En otro estudio realizado por Forss y col.<sup>41</sup> en 2001 reportaron que el material de restauración más común fue la resina compuesta ya que se utilizó en el 74,9% de las restauraciones, la amalgama en el 4,8% y el ionómero de vidrio en el 9,4%, y que la media de duración de las restauraciones que fallaron fue de casi 12 años para la amalgama, un poco menos de 5 años para la resina y un poco más de 4 años para ionómero de vidrio. Estos datos son similares con lo reportado por Bernardo y cols.<sup>42</sup> en 2007 quienes compararon la supervivencia y motivos de fracaso en amalgama y resina, reportando una tasa de supervivencia para las restauraciones de amalgama de 94,4% y de la resina del 85,5 %, cuyos resultados son similares a los de Naghipur y cols.<sup>45</sup> quienes reportaron una supervivencia para la amalgama del 91,5% y de resina del 86% por lo cual Bernardo y otros investigadores<sup>42,43,44</sup>, concluyen que las restauraciones de amalgama se comportaron mejor que las restauraciones de resina, y al igual que en la investigación de Lynch y cols.<sup>40</sup> la diferencia de rendimiento se acentuó en restauraciones grandes y en aquellas con más de tres superficies involucradas.

Los estudios anteriores si duda brindan elementos importantes en la selección del material de restauración, sin embargo, dentro del análisis de

estas características también resalta lo reportado en 2014 por Chandwani y cols.<sup>48, 40</sup> quienes evaluaron el efecto histológico que generan en la pulpa dental humana la amalgama y la resina, estos investigadores observaron que después de 24 horas, la respuesta inflamatoria de la pulpa en los dientes restaurados con amalgama y resina fue similar.

Sin embargo, después de 7 días, la gravedad de la respuesta inflamatoria de la pulpa en los dientes restaurados con amalgama fue menor en comparación con la de los dientes restaurados con resina, resultado que confirma el porque el clínico deberá realizar un análisis cuidadoso de cada caso para seleccionar el material que más que estético, sea el ideal y que genere una adecuada respuesta biológica.

Es necesario mencionar que si bien la amalgama ha generado controversia sobre su posible toxicidad por su contenido de mercurio se retoma lo señalado por Padmakumar y cols.<sup>49</sup> en 2019 quienes demostraron que la cantidad de mercurio que contiene la amalgama no es un determinante para prohibir su uso ya que la variación del nivel de mercurio inorgánico de la amalgama es mínimo comparado al mercurio orgánico en el pescado, y desde el punto de vista ambiental según Gómez en 2020 este material no es la principal fuente de contaminación por mercurio al ambiente, sin dejar del lado que la emisión de gases de mercurio de las restauraciones de amalgama son tan bajos que no

alcanzan a llegar a niveles tóxicos y, por ende, no hay evidencia concluyente sobre claras afectaciones a nivel sistémico.

Aunque ambos materiales son buena opción para restaurar los órganos dentarios es fundamental seleccionar alguno de estos con base a un diagnóstico pulpar adecuado. Sin embargo resulta lamentable que la restauración con amalgama tengan que desaparecer de forma gradual cuando aún no se cuenta con un material que la sustituya con las ventajas manifiestas de un material que ha demostrado por más de cien años su efectividad.

## Conclusiones

- El Cirujano Dentista tiene como prioridad devolver al órgano dentario la estructura perdida por caries dental o alguna lesión no cariosa, lo que se reflejará en el paciente con una mejor función del sistema estomatognático y en su estado emocional.
- Dentro de la disciplina odontológica los materiales dentales de restauración directa han evolucionado a través del tiempo, así la amalgama dental y la resina son las restauraciones más utilizadas a lo largo del tiempo.
- El Cirujano Dentista de práctica general debe a partir de la evidencia actual identificará las principales características de los materiales de restauración en la selección del material adecuado a cada caso particular, dando al tratamiento un pronóstico favorable.
- En las investigaciones realizadas en distintos países se observó que la amalgama es un material de restauración que sigue en uso en ambas denticiones en el sector posterior y muestra mayor longevidad, menor costo, fácil colocación y una mayor adaptación debido a que es el único material que mejora su sellado con el tiempo.

- La resina ha extendido su uso debido a su estética, a sus características de microretención a la estructura dental y la adhesión, sin embargo no ha logrado las características que superen a la amalgama, ya que aún presenta limitaciones en términos de durabilidad, resistencia a las fracturas, desgaste y aquellos relacionados con la contracción del material.
- Los dos materiales de restauración pueden ser usados con seguridad y confianza a partir de un buen diagnóstico y la técnica correcta de colocación, así mismo con ambos se pueden lograr resultados satisfactorios siempre y cuando el clínico realice la evaluación minuciosa de cada caso.

## Sugerencias y propuestas

- Lo ideal sería contar con el material restaurador biocompatible capaz de igualar las características de los tejidos dentarios, que logre recuperar el tejido perdido, su función y de ser posible también la estética.
- Hoy los alcasites buscan reemplazar a las restauraciones de amalgama, pero aún esta por comprobarse su efectividad con el tiempo.
- Esta revisión bibliográfica nos deja ver la necesidad imperante que la investigación en materiales dentales debe seguir en busca de la creación de un material de restauración directa con mejores características que logre reemplazar a la amalgama o bien reevaluar la pertinencia de continuar utilizandola.

## Referencias

1. Barceló SF, Palma CJ. Materiales Dentales. Conocimientos básicos aplicados. 3a ed. México: Trillas; 2008. p 13,104, 121, 127.
2. Zeballos LL, Valdivieso PA. Materiales dentales de restauración. Rev. Act. Clin. Med [revista en la Internet] 2013; 30 [citado 2020 Nov 21].  
Disponible en:  
[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2304-37682013000300005&lng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682013000300005&lng=es).
3. Anusavice KJ. PHILLIPS Ciencia de los materiales dentales. 11ª ed. Madrid: Elsevier; 2004. p 1-15, 250, 400, 401, 418, 426, 496, 497, 503, 513.
4. Jaramillo D, Pinto M. Revisión bibliográfica de la amalgama dental, su uso y seguridad como material restaurador en la cavidad oral de los niños menores de 12 años (tesis). Quito: Universidad San Francisco de Quito. 2017.  
Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6680>
5. Moradas M. ¿Es necesario la remoción preventiva de restauraciones de amalgama antigua en boca? Fundamentos en su composición y manipulación (1) Av. Odontoestomato [Artículo en línea] 2018. [Acceso 2019 mayo5]; 34 (1): 25-35.  
Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sciarttext&pid=so213-12852018000100004&lng=es>
6. Nocchi CE. Odontología restauradora salud y estética. 2ª ed. Argentina: Médica Panamericana; 2008. p 134, 135, 138, 140, 141, 406, 407.
7. Mutis MJ, Pinzón JC, Castro G. Las amalgamas dentales: ¿un problema de salud pública y ambiental? Revisión de la literatura. Univ Odontol. [Artículo en línea] 2011; 30 (65):63-70.  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2312/231221606008.pdf>
8. Peláez A, Borja CA, Carrillo SK. Amalgamas y Resinas en el sector posterior que recomienda la evidencia [Artículo en línea] 2015; 13 [Acceso 2019 junio 7].  
Disponible en:  
<http://bdigital.ces.edu.co:8080/jspui/bitstream/10946/1/Amalgamasresinas.pdf>



9. Bengtsson UG, Hylander LD. Increased mercury emissions from modern dental amalgams. *Biometals* [Artículo en línea] 2017; 2. [Acceso 2019 mayo 8]: 277-282.  
Disponible en:  
<http://www.semanticscholar.org/paper/Increased-mercury-emissions-frommodern-denta-Bentsson-Hylander/b35bd50887cf1e9786f3d1e2528eb6ce7591015e>
10. Ucar Y, Brantley WA. Biocompatibility of Dental Amalgams. *Int J Dent.* [Artículo en línea] 2011; 7. [Acceso 2020 febrero 14]. Disponible en: <http://doi.org/10.1155/2011/981595>
11. Macchi. *Materiales Dentales*. 4a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2007. p 234, 235.
12. Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials* [Internet]. 11a ed. United States of America: Mosby, 2002. p 233, 288-301. Disponible en: 84306995.pdf
13. Lanata EJ. *Operatoria dental*. 2ª ed. Buenos Aires: Alfa Omega Grupo Editor Argentino; 2011. p 316.
14. Convenio de Minamata sobre el Mercurio. ONU Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Septiembre 2017. p 58  
Disponible en:  
<http://mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP1%20version/Minamata-Convention-booklet-sp-full.pdf>
15. Gómez GJ. Perspectivas del uso de la amalgama dental bajo el Convenio de Minamata: Tendencias Nacionales e Internacionales. *Rev. CES Odont* 2020; 33(1): 53-63. Disponible en:  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiyn9CF-pTtAhWiw80KHebTDQQQFjAlegQIChAC&url=https%3A%2F%2Frevistas.ces.edu.co%2Findex.php%2Fodontologia%2Farticle%2Fdownload%2F5564%2F3151%2F27057&usq=AOvVaw3UW6yucYAUUoZJaq8mp7WJ>
16. The safety of dental amalgam and alternative dental restoration materials for patients and users. SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) 2015: 42. doi: 10.2772/42641  
Disponible en:  
[https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihro\\_046.pdf](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihro_046.pdf)

17. Christensen GJ. Should resin-based composite dominate restorative dentistry today? J. Am. Dent. Assoc. [Artículo en línea] 2010: 141. DOI: <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0112>
18. Ferracane JL. Resin composite - State of the art. Dental Materials [Internet]. 2011 [cited 2020 Nov 21]; 27(1): 29–38.  
Disponibile en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=57299758&site=ehost-live>
19. Carrillo SC. Michael G. Buonocore, padre de la Odontología adhesiva moderna, 63 años del desarrollo de la técnica del grabado del esmalte (1955-2018). ADM [Artículo en línea] 2018; [Acceso 2019 junio 20], 75 (3): 135-142.  
Disponibile en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2018/od183d.pdf>
20. Mandri MN, Aguirre GA, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. Odontoestomatología. 2015; 8(26): 50-56.  
Disponibile en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ode/v17n26/v17n26a06.pdf>
21. Avelar WV, Medeiros AF, Campos F, Vasconcelos RG, Vasconcelos MG. Sistemas Adesivos Universais: Composição, Indicações, Vantagens E Desvantagens. Revista Salusvita [Internet]. 2019 [cited 2020 Jul 8]; 38(1):155.  
Disponibile en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=137361591&site=ehost-live>
22. Jia Jun Zhu, Tang ATH, Matinlinna JP, Hägg U. Acid etching of human enamel in clinical applications: A systematic review. Journal of Prosthetic Dentistry [Internet]. 2014 Aug [cited 2020 Jul 8]; 112(2): 122.  
Disponibile en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edo&AN=97340771&lang=es&site=eds-live>
23. Cedillo J, Espinosa R, Farías R. Adaptación marginal e hibridación de los alcasites; estudio invitreo. RODYB. [Artículo en línea] 2019 [Acceso 2019 septiembre 4]; 8 (1) Disponible en: <http://www.rodyb.com/adaptación>.

24. Rodríguez GD, Pereira SN. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta odontol. Venez* [Internet]. 2008 [citado 2020 Nov 21]; 46(3): 381-392.  
Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652008000300026&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026&lng=es).
25. Dhingra A, Sharma S, Singhal P. Can We Replace Amalgam with Cention N? *Guident* [Internet]. 2018 Mar [cited 2020 Jul 16]; 11(4): 22-4.  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=130488699&lang=es&site=ehost-live>
26. Cedillo VJ, Cedillo FV, Afrashtehfar K. Alkasites, a new alternative to amalgam. Report of a Clinical Case. *Acta Scientific Dental Sciences*. 2019; 3(10): 11.  
Disponible en: <https://actascientific.com/ASDS/pdf/ASDS-03-0637.pdf>
27. Meshram P, Meshram V, Palve D, Patil S, Gade V, Raut A. Comparative evaluation of microleakage around Class V cavities restored with alkasite restorative material with and without bonding agent and flowable composite resin: An study. *Indian Journal of Dental Research* [Internet]. 2019 [cited 2020 Jul 16]; 30(3): 403-7.  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=138027744&lang=es&site=ehost-live>
28. Quesada CJ, Oliver PR, Luna LC, Maldonado RM, Baez MA. Resistencia al desalojo de resina compuesta adherida a dientes temporales. *Oral* [Artículo en línea] 2014 [Acceso 2019 agosto 8] (49): 1159-1162.  
Disponible en:  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/oral/ora-2014/ora1449e.pdf>
29. Flury, S. Materiales de obturación para la restauración de dientes temporales. *Quintessenz Team-Journal* 2010; 40: 565-71.  
DOI: 10.1016/j.quint.2012.07.011  
Disponible en:  
<https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-pdf-S0214098512001511>
30. Carrillo SC. ¿Son las restauraciones de resinas compuestas inertes y seguras? *Revista ADM* 2011; 68(1): 25-29.  
Disponible en:  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2011/od111e.pdf>

31. FDI World Dental Federation. Declaración de Principios de la FDI. Reacciones Negativas a los Materiales a Base de Resinas para Obturaciones Directas [Internet]. Septiembre de 2009.  
Disponible en:  
<https://www.fdiworlddental.org/sites/default/files/media/documents/Adverse-reactions-to-resin-based-direct-filling-materials-2009-Sp.pdf>
32. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BAC. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dental Materials* [Internet]. 2007 [cited 2020 Jul 21]; 23(1): 2–8.  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=23351649&site=ehost-live>
33. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans. 12-year Survival of Composite vs. Amalgam Restorations. *Journal of Dental Research*. 2010;89(10):1063-1067. doi:[10.1177/0022034510376071](https://doi.org/10.1177/0022034510376071)  
Disponible en:  
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0022034510376071#articleCitationDownloadContainer>
34. Uttarwar V, Gunwal M, Sonarkar S, Pradhan M, Mokhade V, et al. Clinical Longevity of Dental Amalgam v/s Resins Based Composites- A Literature Review. *IOSR\_JDMS*, 2019;18 (5): 62-64.  
Disponible en: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jdms/papers/Vol18-issue5/Series-15/H1805156264.pdf>
35. Kaur G, Singh M, S. Ba C, P. Singh U. Comparative evaluation of combined amalgam and composite resin restorations in extensively carious vital posterior teeth: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry* [Internet]. 2011 [cited 2020 Nov 17];14(1):46–51.  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=60953368&site=ehost-live>
36. Tolidis K, Boutsouki C, Gerasimou P. Microleakage in combined amalgam/composite resin restorations in MOD cavities. *Brazilian Journal of Oral Sciences* [Internet]. 2013 [cited 2020 Nov 16];12(2):100–4.  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=90666126&site=ehost-live>

37. Khalaf ME, Alomari QD, Omar R. Factors relating to usage patterns of amalgam and resin composite for posterior restorations - a prospective analysis. *Journal of Dentistry* [Internet]. 2014 [cited 2020 Nov 20];42(7):785–92.  
Disponible en :  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=96379260&site=ehost-live>
38. Fischer I, Becker M. Frecuencia de restauraciones plásticas directas en dientes posteriores en tres centros públicos de Asunción. *Mem. Inst. Investig. Cinc. Salud.* [Artículo en línea] 2015 [Acceso enero 2020]; 13(2) 50-9. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v13n2/v13n2a09.pdf>
39. Mondelli J, Mondelli A, Mondelli R, Henostroza G, Medina J, Noborikawa A. Lo que el cirujano dentista que práctica odontología debe saber acerca de la amalgama dental. *RODYB.* [Artículo en línea] 2015; [Acceso 2020 febrero 11] 4(2):12-31.  
Disponible en:  
<https://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2015/04/2-Amalgama-3.pdf>
40. Lynch CD, Farnell DJ, Stanton H, Chestnutt IG, Bruton PA, Wilson NH. No more amalgams: Use of amalgam and amalgam alternative materials in primary dental care. *B D J.* [Artículo en línea] 2018; 7. [Acceso 2019 mayo 16]; 225 (2): 171-176.  
Disponible en: <http://www.nature.com/articles/sj.bdj.2018.538>
41. Forss H, Widström E. From amalgam to composite: selection of restorative materials and restoration longevity in Finland. *Acta Odontol Scand.* 2001 ;59(2):57-62. doi: 10.1080/000163501750157090. PMID: 11370750  
Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11370750/>
42. Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitão J, DeRouen TA. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2007 ;138(6):775-83. doi: 10.14219/jada.archive.2007.0265. PMID: 17545266.  
Disponible en:  
[https://jada.ada.org/article/S0002-8177\(14\)62395-3/fulltext](https://jada.ada.org/article/S0002-8177(14)62395-3/fulltext)

43. Rasines AM, Veitz-Keenan A, Sahrman P, Schmidlin PR, Davis D, Ihezor-Ejiofor Z. Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent or adult posterior teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014; 31(3).  
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD005620.pub2>  
Disponible en:  
<https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD005620.pub2/epdf/full>
44. Moraschini V, Fai CK, Alto RM, Dos Santos GO. Amalgam and resin composite longevity of posterior restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry [Internet]*. 2015 [cited 2020 Nov 20];43(9):1043–50. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.06.005>  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=109879849&site=ehost-live>
45. Naghipur S, Pesun I, Nowakowski A, Kim A. Twelve-year survival of 2-surface composite resin and amalgam premolar restorations placed by dental students. *Journal of Prosthetic Dentistry [Internet]*. 2016 [cited 2020 Jul 18]; 116 (3):336–9.  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=117913367&site=ehost-live>
46. López de Castro A, Acosta IA, López de Castro A. Factores relacionados con el fracaso de las restauraciones dentales de resina y amalgama. [Artículo en línea] 2017 [Acceso 2020 febrero 20]; 56 (265): 104-112.  
Disponible en:  
[http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16\\_04/article/view/601/pdf\\_139](http://www.rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/601/pdf_139)
47. Gutiérrez N. Comparación de la dureza superficial de resina y la amalgama estudio in vitro. *Revista Dental ULACIT*. [Artículo en línea] 2018; [Acceso 2020 febrero 20]; 10(1): 26-31  
Disponible en:  
[http://www.ulacit.ac.cr/files/revista/articulos/esp/articulo/140\\_articulodureza\\_superficial.pdf](http://www.ulacit.ac.cr/files/revista/articulos/esp/articulo/140_articulodureza_superficial.pdf)
48. Chandwani ND, Pawar MG, Tupkari JV, Yuwanati M. Histological Evaluation To Study the Effects of Dental Amalgam and Composite Restorations on Human Dental Polp: An in vivo Study. *Medical Principles & Practice [Internet]* 2013 [citado: 2020 julio 18]; 23(1): 40-4.

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=93274338&site=ehost-live>

49. Padmakumar V, Premkala R, Abdulla M, Ganapathy S, Sainudeen S, Nasim V, et al. Level of mercury in Fish-Eating Children, with and without Amalgam Restoration. J Pharm Biall Sci [Artículo en línea] 2019; [Acceso 2020 enero 20].11 (2) 397-401.

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31198376/>

50. Gómez GJ. Perspectivas del Uso de la Amalgama Dental bajo el Convenio de Minamata: Tendencias Nacionales e Internacionales. Rev. CES Odont 2020; 33(1): 53-63.

Disponible en:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiyn9CF-pTtAhWIW80KHebTDQQQFjAlegQlChAC&url=https%3A%2F%2Frevistas.ces.edu.co%2Findex.php%2Fodontologia%2Farticle%2Fdownload%2F5564%2F3151%2F27057&usg=AOvVaw3UW6yucYAUUoZJaq8mp7WJ>

51. Uso actual y futuro de los materiales de restauración dental. Kit de herramientas de incidencia política de la FDI. p 4. Disponible en:

[https://www.fdiworlddental.org/sites/default/files/media/images/use\\_of\\_materials\\_spanish.pdf](https://www.fdiworlddental.org/sites/default/files/media/images/use_of_materials_spanish.pdf)