



28  
2e'  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

AMALGAMAS ADHESIVAS

TESINA

Que para obtener el título de  
Cirujano Dentista  
presenta:

REYNA PATRICIA ARROCENA GONZÁLEZ

Coordinador del seminario de titulación:  
C.D. GASTÓN ROMERO GRANDE

Asesor:  
C.D. MAURICIO ZALDIVAR PÉREZ



MÉXICO, D.F.

Ciudad Universitaria, 1998.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

262808



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**

**Tesis Digitales**

**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN                                        | 1  |
| I.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS (ADHESIÓN)              | 3  |
| II.- TEJIDO DENTARIO. PROPIEDADES FÍSICAS           | 7  |
| A.-COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA                 | 7  |
| B.-CAMBIO DIMENSIONAL                               | 8  |
| III.- ACONDICIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DENTALES | 10 |
| A.-ESMALTE                                          | 10 |
| B.-DENTINA                                          | 13 |
| IV.- ADHESIÓN A ESTRUCTURA DENTARIA                 | 19 |
| A.-ADHESIVOS A ESMALTE                              | 22 |
| B.-ADHESIVOS A DENTINA                              | 23 |
| V.- RESTAURACIONES ADHESIVAS (RESINAS)              | 27 |
| A.-CLASIFICACIÓN DE LOS COMPOSITES                  | 29 |
| B.-COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMPOSITES | 30 |
| VI.- AMALGAMAS                                      | 33 |
| A.-COMPOSICIÓN                                      | 33 |
| B.-PARTÍCULAS Y QUÍMICA                             | 35 |
| C.-PROCESAMIENTO                                    | 35 |
| D.-PROPIEDADES                                      | 36 |
| VII.- AMALGAMA ADHESIVA                             | 38 |
| A.-RESTAURACION CON AMALGAMA ADHESIVA               | 42 |
| CONCLUSIONES                                        | 47 |
| BIBLIOGRAFÍA                                        | 49 |
| HEMEROGRAFÍA                                        | 51 |

## INTRODUCCION

La finalidad de la restauración dental es mantener la salud, la función y la estética de los dientes y sus tejidos de soporte, en armonía con la boca y con el organismo en general, por lo tanto, el odontólogo necesita contar con materiales restauradores de propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas a la función que van a ejecutar.

Con el paso del tiempo los materiales de restauración han ido mejorando considerablemente ya que uno de los grandes problemas de la odontología era la inexistencia de materiales capaces de adherirse a la estructura dentaria de manera confiable y duradera asegurando tanto la permanencia de las restauraciones en la cavidad oral como la impenetrabilidad bacteriana y de sus productos a través de la interfase diente-material restaurador.

Se ha buscado que estos materiales tengan, aparte de una adhesión mecánica, como en el caso de la amalgama, una adhesión química, como el ionómero de vidrio, a las estructuras dentales. Aunque la retención mecánica es excelente para la preservación de las restauraciones y desalojo, especialmente en cavidades extensas, involucra la remoción de estructuras dentales sanas y subsecuentemente una preparación de cavidad menos conservadora.

Con el uso de materiales que no se adherían al diente, como las resinas acrílicas, se permitía que los fluidos orales penetraran en la interfase restauración-diente ocasionándonos con esto reincidencia de caries. Al evolucionar llegaron las resinas compuestas y se consiguió con ellas la adhesión química que tanto se había buscado, sin embargo, aún con esta adhesión su diferencia, en cuanto a coeficiente de expansión térmica, con el diente nos produce fallas en cuanto a sellado marginal.

Un material que carece de adhesión química al diente es la amalgama, sin embargo ha sido el elemento más utilizado por el profesional durante décadas, ya que al ser el único material que se "autosella" disminuye sus deficiencias y nos ayuda a corregir las fallas que podamos cometer, al ser el material que perdona más errores, con esto no entendamos que los podemos cometer intencionalmente.

Buscando como corregir las fallas de estos materiales para mejorar sus propiedades lo mejor fué unirlos y reunir sus buenas características y disminuir, con ésto, las propiedades indeseables.

Así se llegó a las amalgamas adhesivas que nos ofrecen varias ventajas, ya que haciendo uso de la adhesión química de la resina y las excelentes propiedades de la amalgama se nos ha permitido ser más conservadores en cuanto a tejido dentario al no ser necesaria la extensión para que se logre retención mecánica. Se ha evitado un poco la filtración o percolación marginal con el sellado de la interfase diente-amalgama, se ha disminuido la sensibilidad posoperatoria y nos permite hacer reparación de restauraciones donde no es necesario cambiar la amalgama o cuando el paciente no tenga posibilidades de pagar un nuevo tratamiento.

## I. ANTECEDENTES HISTORICOS (ADHESION)

*Adhesión*, del latín: Adhaesio, adhaesionis, que significa adherencia, unión; pegarse una cosa con otra.(4)

Después de que Buonocore ideó la técnica de grabado ácido del esmalte y de que Bowen desarrolló la molécula BIS-GMA, la adhesión de resinas al esmalte se generalizó y hasta hoy día se sigue empleando con éxito.(16)

En 1955, Buonocore reportó, en un artículo en el Journal of Dental Research titulado "Un método simple para incrementar la adhesión de los materiales de obturación acrílicos a la superficie del esmalte", que el periodo de retención de una resina acrílica podía prolongarse significativamente si el esmalte era sometido a un proceso de grabado. Atribuyó tal efecto a un incremento en la superficie de contacto, a la remoción del esmalte viejo, enteramente reactivo, y a la eliminación del material orgánico. Sus observaciones iniciaron una nueva era en odontología.

En 1962, Bowen desarrolló un material restaurador constituido por resina compuesta, la matriz es un dimetilmetacrilato de glicidilo (bis GMA) y el relleno es por lo general un material de vidrio, cuarzo o cerámica.(6)

Sin embargo, en muchos casos clínicos no es suficiente que el material de obturación quede adherido al esmalte, sino que se requiere también adhesión a dentina. Esto planteó un reto para los investigadores que desarrollaron un adhesivo eficaz a dentina.

Hay gran diferencia entre unir a esmalte y dentina. El esmalte contiene más material inorgánico (96%) y se puede secar totalmente sin causar dolor pulpar. La dentina es un tejido menos mineralizado (70%) y contiene más agua, los túbulos dentinarios están llenos de un fluido

intratubular. Al producirse cambios hidrodinámicos en tal fluido, hay dolor. Las resinas líquidas empleadas para la unión a esmalte son hidrofóbicas, por lo que no podían adherirse con la misma eficacia en dentina húmeda, por tanto, fue necesario desarrollar un material hidrofílico que funcionara eficazmente en tejido húmedo.

Los actuales adhesivos a dentina cuentan con *primers hidrofílicos*, en los que una parte de su molécula es de tipo polar (es un polo cargado eléctricamente con afinidad por el agua). Esta también es una molécula polar (un polo positivo y uno negativo). La otra parte de la molécula es hidrofóbica y es apolar (no tiene carga eléctrica), con afinidad hacia las resinas de tipo metacrilato.

Por otra parte, había el temor de grabar la dentina de la misma manera que el esmalte. Los estudios previos parecían indicar que la aplicación de ácido fosfórico u otros ácidos sobre dentina, llevaría ineludiblemente a irritación y muerte pulpar.

Kanka, en 1989, después de estudiar y revisar cuidadosamente las conclusiones de estudios anteriores sobre el grabado con ácido fosfórico, planteó una hipótesis original en la que afirmaba que el grabado ácido en dentina podía emplearse sin efectos negativos, siempre y cuando los túbulos y la cavidad quedaran sellados en su totalidad con los primers y resinas adhesivas. Señaló que más importante que el método empleado para grabar, lo es el evitar la subsecuente penetración de bacterias a través de la interfase diente-material restaurador, es decir, sellar la obturación de una manera hermética. Kanka es el creador de la llamada "*técnica de grabado total*" (a esmalte y dentina en forma simultánea).(16)

Los resultados favorables obtenidos en base a la adhesión lograda en ambos sustratos (esmalte y dentina), ha permitido que el uso de este sistema, se vaya popularizando en combinación con sistemas modernos de resina y actualmente también con amalgama.

La amalgama dental constituye aún el material para restauración más utilizado en operatoria dental. Esta afirmación se hace por el hecho de que aproximadamente el 80% de las obturaciones que se colocan en boca de pacientes son amalgamas. Además continúa siendo un material excelente de restauración en especial cuando el operador respeta los principios de preparación de cavidades y lo manipula en forma adecuada. La amalgama se usaba en Francia y E.U. desde 1833.

Flagg, en 1881, fue el primero que comenzó a utilizar una aleación de plata con estaño mezclándola con mercurio. Black, a fines del siglo pasado, en sendas comunicaciones científicas (1895-1896), expresó que los mejores resultados se obtenían con una aleación compuesta por aproximadamente 67% de plata, 26% de estaño, un máximo de 6% de cobre y de 2% de zinc, mezclándola con 50% de mercurio.

La composición de esta aleación fue uno de los requisitos presentes en la primera "Norma para Amalgamas Dentales" que apareció y que fue obra de la Asociación Dental Norteamericana.

Estas especificaciones estuvieron vigentes hasta la década del 70, cuando surgen en el mercado odontológico aleaciones con una composición diferente, de un mayor contenido relativo de cobre. Algunos de los fracasos de las restauraciones realizadas con las aleaciones de fórmula convencional hacían pensar que eran por fallas en la técnica de manipulación. Más tarde, la evaluación clínica de obturaciones, en las cuales se habían controlado rigurosamente las preparaciones y la técnica de manipulación del material, permitió llegar a la conclusión de que la propia amalgama presentaba fallas de comportamiento clínico, las cuales se manifestaban en lo que se conoce actualmente como fractura o deterioro marginal.

En efecto, las investigaciones ratificaron observaciones en las cuales el aumento del porcentaje de cobre en la composición de la amalgama que se venía usando casi desde principios

del siglo XX, mejoraba notablemente su comportamiento clínico. Es así como nacen las llamadas *amalgamas de alto contenido de cobre*, actualmente las más usadas.(3)

La realización de un tratamiento en operatoria dental representa, en la mayoría de los casos, la utilización de una técnica que permita colocar en contacto con una estructura dentaria (esmalte, dentina y, a veces, cemento) un material que debe cumplir una función fisiológica y/o cosmética.

El trabajo técnico debe, por lo tanto, asegurar que el contacto entre ambas partes, diente y material, se mantenga durante el uso, o sea, que ambas partes no se separen. Esto significa que esta técnica debe asegurar que se genere algún mecanismo de adhesión entre ambas, entendiéndose por adhesión cualquier mecanismo que permita que dos partes se mantengan en contacto.

## II. TEJIDO DENTARIO. PROPIEDADES FISICAS.

### A.- COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA.

Los materiales dentales restauradores están sometidos en boca a cambios de temperatura y estos cambios se traducen en cambios dimensionales en ellos, así como también en la estructura dentaria vecina. Como la expansión térmica de la restauración no concuerda con la de la estructura dentaria, la diferencia produce desajuste en interfase y filtración de fluidos bucales entre la restauración y el diente.

La relación entre los coeficientes de expansión térmica de los dientes humanos y de los materiales restauradores es importante.(7)

Un cuerpo al calentarse sufre una expansión o dilatación, de mayor o menor magnitud, dependiendo de la naturaleza del cuerpo. Al bajar la temperatura, el cuerpo experimenta una contracción. La siguiente tabla muestra como la amalgama de plata sufre comparativamente una dilatación o contracción del doble a la experimentada por el tejido dentario. La porcelana entre la mitad y un tercio y en las aleaciones de oro aproximadamente igual al del diente humano.

### COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LINEAL

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| Tejido dentario   | 10-15 mm/mm x - C x 10-6 |
| Amalgama dental   | 22-28 mm/mm x - C x 10-6 |
| Resina acrílica   | 81 mm/mm x - C x 10-6    |
| Resina compuesta  | 25-40 mm/mm x - C x 10-6 |
| Aleaciones de oro | 12-15 mm/mm x - C x 10-6 |
| Porcelana         | 4-14 mm/mm x - C x 10-6  |

El significado clínico de esta propiedad es de gran importancia. Las diferencias térmicas que se presentan en el medio oral, desde la bebida helada, hasta la ingestión de un té o café caliente inducirá tales cambios en los materiales restauradores de alto coeficiente, que producirán una franca desadaptación, y el paso de infiltrado o percolación marginal. Debemos definir la percolación marginal y diremos que se define como el infiltrado de fluidos y micro-organismos que presentan la mayoría de materiales para obturación, los cuales no poseen capacidad adhesiva al tejido dentario.(4) Se produce en mayor o menor grado en todos los materiales restauradores de acuerdo con la relación entre el coeficiente de expansión térmica del material y el del diente. La solución de continuidad creada a nivel del ángulo cavo superficial y paredes laterales, será camino fácil para fluidos y microorganismos hacia la dentina y fondo de la cavidad. La irritación pulpar permanente, conducirá a patología pulpar, además de la presentación de caries recurrente.

#### B.- CAMBIO DIMENSIONAL

Un segundo factor predisponente de la desadaptación del material obturante lo constituye la variación volumétrica del material dentro de la cavidad, al pasar del estado plástico al rígido.

Las amalgamas, por ejemplo, sufren un cambio volumétrico en el proceso de cristalización. A medida que endurece la amalgama se produce un cambio dimensional que hace que ella tienda a expandirse o contraerse de acuerdo con su manipulación. No son deseables ni la expansión ni la contracción si son excesivas. Demasiada expansión en una preparación de Clase I puede producir sensibilidad postoperatoria o protrusión de la restauración hacia el exterior de la cavidad. Una contracción excesiva en una preparación de Clase I puede separar a la amalgama de las paredes cavitarias y permitir la filtración marginal. Este cambio dimensional ha sido establecido en la especificación No.1 de la ADA entre 0 y 20 micrones al término de las 24 horas.

La amalgama dental es un caso singular en el sentido de que en ella disminuye la filtración a medida que transcurre el tiempo después de su inserción, presumiblemente debido a que el espacio se llena con los productos de corrosión de la amalgama.(7)

Las resinas acrílicas muestran, quizás, el mayor grado de percolación marginal, inducido por la falta de sellado. Indudablemente la contracción de polimerización inicial y el subsiguiente cambio volumétrico ocasionado por su alto coeficiente de expansión térmica son las causas fundamentales de la falta de sellado.

La incorporación de refuerzo inorgánico en las resinas compuestas modernas, así como la inclusión de diferentes copolímeros, reducen en gran magnitud los problemas de contracción volumétrica de polimerización, así como el coeficiente de expansión térmica. Nos encontramos, así, con materiales restauradores que desde el principio sufren variaciones de volumen que inducen desadaptaciones y, en consecuencia, permitirán la percolación marginal, aunque una preparación cavitaria modificada, el uso de condicionadores ácidos, de imprimadores y agentes de unión permiten el logro de una restauración que desafía la percolación marginal, obteniéndose un sellado propio del fenómeno adhesivo.(4)

### III. ACONDICIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DENTALES

#### A.- ESMALTE

Buonocore describió un método sencillo para incrementar la durabilidad de la unión, que consiste en el empleo de ácido fosfórico para modificar las propiedades físicas y químicas del esmalte. Comúnmente se conoce como la técnica de grabado ácido. El método se probó primero clínicamente en una serie de sellado exitoso. Desde entonces se ha empleado extensamente en varias disciplinas dentales, incluyendo la odontología restauradora.

La clave para comprender el protocolo clínico reside en conocer la naturaleza de los cambios logrados por el acondicionamiento con el ácido y la relación entre las superficies tratadas y la resina aplicada a continuación.

En el laboratorio se han evaluado varios ácidos diferentes, de distinta potencia. El ácido fosfórico, en una de sus diversas concentraciones, se ha convertido en el agente de elección.

Expendido como gel o en solución, con amortiguador o sin él, el agente acondicionador produce varios cambios morfológicos importantes en las capas externas del esmalte.(6)

El grabado ácido que aquí interesa se produce a un pH muy bajo (0,2), durante un tiempo de aplicación corto, comprendido entre 30 seg y 2 min. Se considera que la duración media de 60 seg es la que determina los efectos más favorables, como es la eliminación de una capa superficial de 3 a 5  $\mu\text{m}$ . La capa subyacente presenta una estructura heterogénea porosa, y dentellada después del ataque inicial del cristal por parte del ácido, el cual destruye su centro. La estructura ahuecada que permanece se disuelve seguidamente, pero de una forma más lenta.

La variación en la orientación de los cristales en relación a la superficie atacada determina el modo de destrucción. Silverstone describió 3 tipos de relieve:

Tipo I, el más frecuente, denominado en "nido de abejas", corresponde a la destrucción del esmalte intraprismático.

Tipo II, el menos frecuente, determinado por la destrucción de las zonas interprismáticas, el corazón del prisma se mantiene indemne.

Tipo III, se debe a la coexistencia de los dos tipos precedentes. Se observa una ausencia de relieve, consecuencia de la fusión uniforme de los cristales orientados todos ellos según el mismo eje o de un esmalte especialmente resistente a la acción del ácido, esmalte fluorótico, por ejemplo.

Los tipos I, II y III pueden encontrarse a poca distancia en un mismo diente.(2)

El acondicionamiento con ácido crea y aumenta la porosidad existente del esmalte. La profundidad en que se verifican los cambios en la porosidad y la pérdida importante de tejido dependen del tipo de ácido usado y de su concentración. Se han realizado numerosos estudios para medir y comparar los efectos de los diferentes ácidos a diversas concentraciones sobre la superficie del esmalte, como los ácidos clorhídrico, cítrico, nítrico, maleico, fosfórico. Este último es el que se utiliza generalmente, ya que consigue los resultados más constantes: una corrosión uniforme y una profundidad conveniente en concentraciones comprendidas entre el 30 y 40%. La porosidad aumenta a una mayor profundidad en el esmalte, conforme se reduce la potencia del ácido fosfórico. Por ejemplo, el ácido fosfórico a 50% produce cambios en el esmalte que terminan a una profundidad de 19 micrones, comparados con los 30 micrones de la concentración a 30%. Concentraciones de ácido fosfórico a 15% o menos, producen cambios semejantes a las concentraciones a 70% y más altas. El ácido fosfórico en solución acuosa al 37% parece ser el más eficaz. Esta presentación es la que predomina actualmente en los geles ácidos comercializados.(6)

Existen variaciones de relieve en función de la edad y de la zona estudiada.

El relieve conseguido será menos acentuado en los individuos jóvenes, especialmente en la zona cervical, debido a la presencia de una fase orgánica más importante que inhibe la disolución. Este fenómeno disminuye con la edad. Por otra parte, en los dientes maduros algunas zonas son menos reactivas que otras, dependiendo de la dirección de los prismas en la región considerada.

El flúor reduce la sensibilidad del esmalte al ácido; esta inhibición se debe al recambio de iones-flúor en los grupos de hidroxapatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ).

Gracias a los iones el esmalte es menos soluble y, por lo tanto, menos sensible a un ataque ácido.(2)

Esta propiedad ha resultado muy útil en la prevención, pero en el momento de realizar un tratamiento con grabado ácido se traduce en una disminución de la profundidad del ataque del ácido, con conservación de la superficie de los prismas y de la sustancia interprismática. Por lo tanto, debemos tener la precaución de interrumpir todo tratamiento local con flúor. Sin embargo, es importante que se aplique profilaxis dental antes del acondicionamiento con al ácido para remover la placa y otras excrecencias macroscópicas, ya que el acondicionamiento sólo no las eliminará totalmente.

Las resinas de baja viscosidad que se usan directamente sobre el esmalte grabado se denomina en general agentes de unión (*bonding agents*). Se aplican sobre la superficie del esmalte grabado de las preparaciones cavitarias en una capa fina. Estas resinas ligeras pueden fluir al interior de los canales que ha formado el ácido en el esmalte. La resina se polimeriza entonces y forma los flecos de resina (*resin tags*). El engranaje de estos flecos de resina en los

canales creados en el esmalte proporciona una importante retención mecánica (no se forma enlace químico alguno). Sobre esta capa de unión se coloca el composite con relleno (matriz de resina más partículas de relleno). Entre estas capas sí que se forma un enlace químico y de esta manera el composite queda unido al diente.

La técnica de grabado ácido ayuda a compensar la contracción que ocurre durante la polimerización de los composites. Reduce la retracción del material de los márgenes que podría conducir a la filtración y a la caries. Cuando en la cavidad existen márgenes de esmalte grabados, la contracción del composite durante la polimerización es dirigida hacia ellos, resultando un despegamiento del material de las paredes axiales.(3)

Durante algún tiempo se pensó que la superficie del esmalte grabada recuperaba sus características originales cuando quedaba expuesta a los fluidos orales. Los primeros estudios llevados a cabo con el microscopio electrónico de barrido parecían demostrar que la superficie grabada quedaba totalmente remineralizada y sin efectos aparentes del ácido tras dos semanas en contacto con los fluidos orales. Posteriormente se ha demostrado que esta remineralización temprana no es tal, sino el relleno de los canaliculos del esmalte por una mucoproteína de la saliva, y que la remineralización en sí puede llevar dos o más meses de tiempo. Así pues, es mejor grabar sólo aquellas superficies que se unirán al material de restauración.(3)

## B.- DENTINA

La adherencia a la dentina crea problemas complejos debidos a la coexistencia de dos componentes: uno orgánico y otro inorgánico. Estos dos componentes no tienen la misma energía de superficie. La unión exige una superficie limpia y seca y, por el contrario, la dentina permanece siempre húmeda; es inútil pretender que se seque, ya que una desecación un poco

acentuada provoca inmediatamente un movimiento de fluido transdentinario desde la pulpa hacia la superficie.

Prácticamente todos los adhesivos contienen un grabador para dentina. Por razones psicológicas, algunos fabricantes omiten nombrar este compuesto como "ácido grabador", y así observamos que algunos productos tienen "acondicionador" o "limpiador". Cualquiera que sea su nombre, usualmente son de naturaleza ácida comúnmente ácido fosfórico, nítrico, oxálico, edta, cítrico, maleico. El objetivo del ácido es eliminar la capa de barrillo dentinario.(16)

Cuando se trabaja sobre la dentina con instrumentos rotatorios se forma una textura especial en la superficie que se denomina barrillo dentinario (*Smear layer*). (3) En los adhesivos antiguos esta capa no se eliminaba, pues se consideraba que el barrillo "protegía la pulpa", obliterando los túbulos dentinarios. Empero, el barrillo estaba suelto sobre la superficie dentinaria. Así, el adhesivo se unía más al barrillo que a la dentina y no podía penetrar en los túbulos. La unión entre barrillo y dentina era el eslabón más débil de esa cadena y se rompía fácilmente. De ahí que la resistencia adhesiva fuera baja.(16)

En términos generales, se ha demostrado que con diferentes tipos de ácidos el barrillo dentinario puede ser rápidamente eliminado. Por ejemplo, una aplicación durante 60 seg de ácido cítrico al 1% elimina por completo el barrillo. Por el contrario, la aplicación de polvo de piedra pómez y posterior lavado con peróxido de hidrógeno al 3% elimina sólo algunas porciones del barrillo. El contacto con la dentina del agua de lavado del ácido fosfórico al 35% colocado en el esmalte según procedimientos habituales, puede eliminar el barrillo dentinario simplemente con la pequeña cantidad de gel de ácido contenida en el agua de lavado.

Algunos sistemas de unión a dentina, tales como los ionómeros de vidrio, muestran mayor capacidad de unión a la dentina si se ha eliminado el barrillo dentinario con un lavado con

ácido poliacrílico. Otros sistemas de unión a dentina, como los agnetes de unión fosforados, pierden la mitad de su fuerza de unión a dentina cuando se elimina el barrillo dentinario.

Las razones por las que el barrillo dentinario mejora la fuerza de unión de los agentes fosforados (por ejemplo, Scotchbond, Dentin Bonding Agent y Bondlite) a la dentina son múltiples. El principal mecanismo de unión de estos agentes es por quelación del calcio, y hay cuatro motivos principales por lo que el barrillo dentinario mejora la unión a la dentina.

1. El barrillo dentinario tiene mayor contenido en calcio que la dentina normal. Esto es debido a que la dentina pierde calcio habitualmente por acción de los ácidos de la boca. Un mayor contenido de calcio proporciona un mayor asiento para la unión fosfato.
2. El barrillo dentinario proporciona mayor área de superficie cubriendo los túbulos dentinarios y además conforma una superficie rugosa.
3. El barrillo dentinario, al bloquear los túbulos dentinarios, reduce su flujo habitual en casi un 30 a 40%. Con ello se mejora la unión de los agentes fosforados, que de otro modo podrían ser disueltos o al menos debilitados por acción del fluido dentinal. Por lo general, los momposites son hidrofóbicos y se unen mejor en ausencia de agua.
4. El barrillo dentinario protege al tejido pulpar de una invasión bacteriana, al bloquear mecánicamente los túbulos odontoblásticos que conducen a la pulpa. Sin embargo, algunos estudios concluyen que las bacterias también pueden vivir en el barrillo dentinario, aunque se desconoce su efecto clínico, ya que en este estudio no se aplicó sobre el barrillo dentinario un éster fosforado que a su vez podría inhibir el crecimiento bacteriano. Una vez más se necesita mayor información con una base científica para determinar los beneficios y los riesgos de las interfases resina-dentina con estos sistemas específicos de unión.(3)

**Consecuencias.** El barro dentinario disminuye la energía de superficie, disimulando la estructura dentinaria subyacente. Puede perjudicar la unión de los materiales adhesivos que

reaccionan químicamente con el tejido mineralizado; éste es el caso de numerosos adhesivos amelodentinarios de primera generación y también de los ionómeros de vidrio. Impide, además, la estanquidad y cobija las bacterias.

La capa de restos dentinarios debe retirarse o ser modificada con agentes biocompatibles para conseguir una adhesión frente a la dentina; también debe descontaminarse.

El problema de la conservación o de la eliminación de este barro ha sido muy controvertido y actualmente la investigación se orienta hacia su utilización en el proceso de unión siempre que sea posible.

Son 4 los procedimientos diferentes, muy bien descritos por Pashley.

*Primera solución.* Eliminar la capa, lo que supone la ventaja de acabar con las bacterias, prisioneras en un medio en el que encuentran los elementos nutritivos necesarios para su supervivencia; sin embargo, al mismo tiempo, el barro dentinario constituye una barrera física a la invasión bacteriana de los túbulos. Si estos tapones son eliminados, la permeabilidad dentinaria aumenta de forma considerable y la difusión de las toxinas se ve favorecida.

*Segunda solución.* Eliminar el barro dentinario y colocar por precipitación, en la superficie dentinaria, un material de naturaleza cristalina que reaccione con el adhesivo.

*Tercera solución.* Modificar la estructura del barro dentinario para fijarla a la dentina y aumentar su cohesión con sustancias mineralizantes que refuercen los puentes entre las fibras de colágeno del barro y las de la dentina.

*Cuarta solución.* Buscar y utilizar un material capaz de infiltrarse a través de toda la capa de barro con el fin de que se una a la dentina.(2)

**Eliminación del barro dentinario.** *Ácidos y agentes quelantes.* El ácido cítrico al 50% ha sido utilizado durante mucho tiempo como acondicionador. Por su parte, el ácido fosfórico se rechazó debido a su poder altamente descalcificante. El EDTA (etilendiamonotetraacetato) debe emplearse con prudencia y en una solución diluida. Su uso está reservado al pretratamiento desmineralizante exigido por algunos adhesivos tipo glutaraldehído HEMA.

*Solución de ácido de oxalato férrico al 6,8%.* El colágeno desnudado por el ácido asegura una superficie dentinaria microporosa que puede recibir el agente adhesivo, dando como resultado una adhesión muy considerable, pero el protocolo de aplicación es largo y complejo.

*Ácido poliacrílico.* Dotado de un potencial de desmineralización más débil. Se utiliza como pretratamiento de los ionómeros de vidrio.

*Eliminación superficial del barro dentinario.* Existe una solución acuosa de un monómero hidrófilo de metacrilato y de ácido maleico, comercializada con el nombre de Scotchprep (3M). Esta solución solubiliza parcialmente el barro dentinario y favorece la unión con el Scotchbond 2 (3M). El Scotchprep, por mediación del ácido maleico que contiene, efectúa un ligero grabado de la dentina peritubular.

**Modificación del barro dentinario sin eliminación.** El Dentin Primer, presentado con el Prisma Universal Bond 2 (Caulk Dentsply), responde a este enfoque. Se compone de un 30% de peso de HEMA, 64% de etanol y 6% de Penta (promotor de adhesión patentado), y modifica el barro dentinario haciéndolo impermeable. Este acondicionamiento favorece la adhesión del Prisma Universal Bond 2, compuesto de éster fosforado, de Penta y de glutaraldehído (menos del 1%). Se establece entonces una unión iónica covalente con el colágeno y la hidroxiapatita de la dentina y, paralelamente, una unión química con el Dentin Primer por mediación del Penta/HEMA.(2)

Las ventajas clínicas del enlace de los materiales de restauración a la dentina son evidentes. Sin embargo, las características físicas, químicas y biológicas de la dentina plantean para la adhesión problemas diferentes a los que presenta el esmalte. El acondicionamiento por ácido de la dentina preparada operativamente a veces produce consecuencias patológicas.

El pretratamiento de la dentina y especialmente, la eliminación del barro dentinario siguen siendo cuestiones controvertidas, que darán lugar aún a numerosas propuestas. En la práctica se impone la regla de respetar los protocolos estrictos propuestos para cada producto sin omitir ninguna etapa.

#### IV. ADHESION A ESTRUCTURA DENTARIA

Pueden reconocerse distintos mecanismos que permiten lograr adhesión. El más elemental es el que puede denominarse *adhesión mecánica* y consiste simplemente en que las dos partes queden trabadas en función de la morfología de ambas. Esta traba puede lograrse a nivel macroscópico o microscópico (traba mecánica en pequeñas irregularidades superficiales de las partes puestas en contacto).

También pueden generarse fuerzas que impidan la separación de ambas partes sobre la base de la interacción de los componentes íntimos de sus estructuras. Estos componentes íntimos son, en definitiva, los átomos o moléculas que constituyen toda porción de materia. La unión lograda en función de la generación de fuerzas interatómicas o intermoleculares se acostumbra a denominar *adhesión específica* o bien *adhesión química* ya que, en definitiva, la interacción entre átomos y moléculas determina lo que se reconoce como uniones químicas primarias o secundarias.

Cualquiera que sea el mecanismo de adhesión a que se recurra es indispensable lograr, como requisito necesario, que ambas partes a adherir lleguen a ponerse inicialmente en contacto. La magnitud de ese "contacto" necesario, sin embarso, es variable, según el mecanismo de adhesión que se pretenda generar. Así, para lograr adhesión mecánica, sólo será necesario obtener un contacto apreciable a la visión humana si únicamente se pretende trabar las partes en base a un aspecto morfológico macroscópico. Si, en cambio, se pretende que esa traba mecánica sea obtenida en función de trabas microscópicas, el contacto debe ser más íntimo.

El que se pueda generar o no ese contacto entre las partes depende de la constitución íntima de ambas. En principio, es casi imposible, salvo en contadas excepciones, lograr contacto entre partes sólidas a un nivel más allá del que permite lograr adhesión mecánica macroscópica.

Sólo con un líquido puede intentarse lograr una aproximación suficiente a un sólido como para acercarlo a un orden de magnitud adecuado para obtener adhesión mecánica microscópica o adhesión específica. Las técnicas adhesivas, por ese motivo, incluyen casi siempre el empleo de una sustancia líquida que se pone en contacto con un sólido y que luego se hace endurecer por algún mecanismo físico o químico.

El trabajo odontológico en operatoria dental no es excepción a estos principios generales y por ello se utilizan en esta actividad pastas obtenidas a partir de la mezcla de un sólido en polvo con un líquido. Puede interpretarse que este último es el encargado de permitir el contacto del materia con la estructura dentaria. Su posterior transformación en sólido determina el endurecimiento o fraguado y debe tener lugar sin que el contacto logrado se pierda. Por ejemplo, de naturaleza metálica -la amalgama- el componente líquido es el mercurio.(5)

**Elementos básicos de la adhesión.** Todo procedimiento adhesivo debe reunir ciertas condiciones para tener éxito, entre ellas está la humectación del adhesivo sobre el sustrato. Es decir, requerimos que nuestro adhesivo, al ser aplicado sobre el sustrato lo moje completamente, se extienda lo más posible sobre su superficie, y no deje huecos de aire en la interfase. Si la humectación es incompleta habrá zonas de concentración de tensiones donde comenzará la falla del adhesivo.

Para que el "adhesivo" humecte bien el sustrato, los requisitos que se deben cumplir son:

1- *Alta energía superficial del sustrato.* Los contaminantes reducen la energía superficial de los sustratos.

En el caso de los adhesivos a dentina, los de segunda generación se colocaban sobre la llamada "capa de barrillo" o "Smear Layer", que contiene polvo de esmalte, dentina, bacterias, saliva, etc. Los resultados de investigaciones indicaron que los adhesivos de segunda generación

sólo alcanzaban resistencias de unión tangencial del orden de 5 a 10 megapascals (un megapascal{MPa}=10.2 kilogramos/cm), mientras que los de cuarta generación que eliminan la capa de barrillo logran valores de más de 20 MPa fácilmente, llegando a veces hasta casi 30.

Las superficies metálicas limpias tienen alta energía superficial y son apropiadas para la adhesión. Recordemos que esmalte y dentina tienen alto contenido de iones metálicos, así que, si se limpian perfectamente, son tejidos apropiados para la adhesión. Además, se debe considerar que su área superficial se incrementa después del grabado ácido, lo que también favorece la adhesión, pues permite un mayor contacto del adhesivo con el sustrato.

Ángulo de contacto; es un indicativo de buena o mala humectación. Este es el ángulo que forma un adhesivo al ser colocado sobre un sustrato. Si el adhesivo es muy espeso(viscoso) o tiene alta tensión superficial, similar a la del mercurio, el ángulo de contacto será muy alto(90 ó más); pero si es muy fluido(poco viscoso), con baja tensión superficial(como el agua jabonosa), tenderá a formar un ángulo de contacto mínimo, cercano a cero(que sería indicativo de una humectación perfecta).

*2- Baja viscosidad del adhesivo.* Los mejores adhesivos son muy fluidos, para humedecer lo mejor posible el sustrato, ya que así no dejarán huecos en la interfase, y se extenderán ampliamente sobre el sustrato.

Si el adhesivo es muy viscoso, no humedece bien, y además deja una película de gran espesor como interfase. Y recordemos que un requisito para los materiales usados como agentes cementales es tener un espesor de película reducido.

Los agentes de unión comunes para esmalte grabado son resinas de tipo Bis-BMA, sin relleno o con poco relleno, pero aun así son muy espesos como para penetrar eficazmente en los

túbulos dentinarios, por lo que no son adecuados como agentes de unión a dentina. Además, son hidrofobos, por lo que el fluido dentinal los rechaza. Los adhesivos de cuarta generación a dentina son resinas de mínima viscosidad, y la mayoría se aplican sobre imprimadores (*primers*) que son también resinas disueltas en acetona, etanol, y otros solventes que les reducen la viscosidad y les permiten una mejor humectación sobre los sustratos.

3- *Baja tensión superficial del adhesivo.* Esta propiedad está directamente relacionada con la anterior. El agua tiene una tensión superficial de 75 dinas/cm<sup>2</sup>, pero la acetona y el etanol tienen menor tensión (alrededor de 25 dinas/cm<sup>2</sup>), lo que los convierte en mejores humectantes. Además, la resina de los *primers* puede disolverse en acetona o etanol, pero no en agua.

Por tanto, los modernos adhesivos a dentina tienen por lo general imprimadores disueltos en algún alcohol o acetona. Por ello, es bueno recomendar abrir los recipientes sólo el tiempo necesario para su uso clínico, y de inmediato cerrar los avíos para evitar la evaporación de los solventes con el consecuente "espesamiento" del *primer*, que disminuiría su efectividad.(15)

#### A.- ADHESIVOS A ESMALTE

Los adhesivos de esmalte constituyen una interfase entre el material y el esmalte grabado, y se insinúan en las microanfractuosidades creadas sobre el esmalte.

Estos adhesivos de uno o dos componentes se conocen con el nombre comercial de *Enamel Bond*. Su poder de adhesión sobre el esmalte grabado se sitúa alrededor de los 15 MPa, medido como resistencia al arrancamiento.

La infiltración del monómero de resina en el esmalte es la clave para la retención de la masa de resina que permanece en la superficie. La polimerización final in situ del monómero crea un enlace durable, aunque principalmente mecánico, y una interfase impermeable. Los poros del esmalte que existen en forma natural son demasiado pequeños para acomodar moléculas grandes. Estos poros son ensanchados por el acondicionamiento del ácido para facilitar la penetración de las moléculas relativamente grandes de las resinas.

"Fragmentos" o prolongaciones grandes de resina penetran en el esmalte excediendo frecuentemente 50µm de longitud. Silverstone informó que la longitud de las prolongaciones depende de la concentración del ácido fosfórico, observándose los fragmentos más largos en las concentraciones entre 20 y 30%. La geometría de las prolongaciones imita a menudo el patrón selectivo de grabado, en el cual la penetración en los centros y la periferia de los prismas porosos aparece como un diseño cónico o tubular, respectivamente.

Los investigadores concluyeron que la penetración de la resina no es el único factor que interviene en la resistencia del enlace. Sin embargo, destacaron que la penetración de la resina es necesaria para lograr una adhesión durable bajo condiciones clínicas.(6)

Actualmente se han propuesto otros sistemas de adhesión, que también implican la dentina.

## B.- ADHESIVOS A DENTINA

El primero en desarrollar un producto con este objetivo fue Ray Bowen, que a principios de los años 60 introdujo un compuesto llamado NPG-GMA(N-fenilglicina glicidil metacrilato) que sirvió como base para los productos Cervident y Cosmobond. La resistencia de unión era muy pobre debido a que la humedad de la dentina tendía a rechazar más que atraer a los

adhesivos, que además tenían mayor viscosidad que los actuales. Estos productos se consideran la primera generación de adhesivos a dentina. A principios de los años 80 salió al mercado la segunda generación, que se caracterizó por basarse en compuestos organofosforados que lograban adhesión química a la dentina a través de uniones iónicas entre los grupos fosfato de su molécula, cargados negativamente, y los iones calcio de la estructura dental. No obstante que fueron un buen avance en la odontología adhesiva, su resistencia de unión tangencial era aún insuficiente para evitar la microfiltración marginal; además, las uniones logradas se debilitaban a través del tiempo debido a un proceso de hidrólisis.

Algunos productos típicos de esa generación fueron Scotchbond, Bondlite y Universal Bond.

La tercera generación de adhesivos surgió varios años después. Estos tienen buena resistencia de unión a dentina, pero no tan alta como la lograda por los productos de la cuarta generación.

Los parámetros para evaluar la eficacia de un adhesivo a dentina son: resistencia tangencial de unión, y microfiltración. Lógicamente a mayor resistencia de adhesión, es menos probable la filtración marginal, que a la larga produciría recidiva de caries.

Se incluyen entre la cuarta generación a aquellos que ofrecen adhesión a sustratos múltiples y no sólo a dentina y esmalte; es decir, la cuarta generación es más versátil y cumple además casi en la totalidad con los requerimientos que serían deseables para el adhesivo "ideal".

Otra característica típica de la cuarta generación es que se adhieren a superficies húmedas.(16)

**Características del adhesivo "ideal" a dentina.** El adhesivo ideal para dentina debe reunir las siguientes características según Jordan:

- 1) Tener alta resistencia de unión *in vivo* e *in vitro*.
- 2) Que selle totalmente los túbulos dentinarios.
- 3) Que sea adhesivo a superficies húmedas (el estado fisiológico natural de la dentina es húmeda).
- 4) Que sea biocompatible.
- 5) Que sea autopolimerizable o de polimerización dual.
- 6) Que forme película de poco espesor.
- 7) Que la unión sea prácticamente instantánea
- 8) Que se adhiera a múltiples superficies.
- 9) Que haya sido probado clínicamente.
- 10) Que la unión quede libre de espacios, sin microfiltración.(15)

**Ventajas de los adhesivos a dentina.** Los avances recientes de los adhesivos dentinarios, especialmente los de "cuarta generación", ofrecen al odontólogo algunas ventajas como:

- 1) Alta resistencia a la solubilidad.
- 2) Alta resistencia adhesiva a dentina, esmalte, cerámica o composite y sustratos metálicos (inclusive amalgamas). En este caso se tiene la ventaja de evitar un debilitamiento de la pieza dentaria al no ser imprescindible hacer la "forma de retención". La técnica consiste en colocar un adhesivo autopolimerizable inmediatamente antes de condensar la amalgama. Simultáneamente, la resina adhesiva polimeriza y la amalgama cristaliza, quedando unidas en su interfase. Como la resina y su primer penetración antes en los túbulos dentinarios y en esmalte grabado, la retención queda asegurada. También es posible la reparación colocando amalgama nueva sobre otra antigua, tratada con el adhesivo.
- 3) Disminución de sensibilidad posoperatoria en muchos casos.

4) Cementación de trabajos cerámicos(incrustaciones, coronas, carillas laminadas). Los cementos de fosfato, silico-fosfato, zoc, ionómero de vidrio y poliacarboxilato no tienen adhesión química a la porcelana, pero sí las resinas por medio de los silanos.

5) Aplicación en tratamientos de hipersensibilidad cervical.

En 1992, Jordan informó que algunos adhesivos como tenure(Den-Mat), Bayer 2000(Bayer) y All Bond(Bisco) tienen una adhesión fuerte a dentina, suficiente para evitar la formación de brechas marginales y posterior microfiltración, y que reúnen características deseables en un "adhesivo ideal".(18)

Los conocimientos actuales indican que estos sistemas permiten mejorar la adhesión lograda a los tejidos dentarios tanto en los que respecta a capacidad de retención como en sellado marginal, aunque no existan evidencias directas del logro de adhesión específica.

## V. RESTAURACIONES ADHESIVAS(RESINAS)

En la odontología general o en la restaurativa, siempre se busca que el material a utilizar tenga propiedades o características ideales. Sobre todo, es importante la respuesta que tengan el órgano dentinario y los tejidos blandos que circundan cualquier resturación realizada. Por tanto, todo material que se coloque en boca debe ser biocompatible, es decir, bioinerte hasta donde sea posible.(16)

Los sistemas de resinas son los que más se utilizan en las restauraciones anteriores estéticas o de color del diente. Durante años se han ido mejorando las propiedades físicas de las resinas y en el momento presente son de hecho los materiales de mayor difusión entre los materiales estéticos.(3)

Los materiales de restauración adhesivos del color de los dientes se hacen, en general, adherentes respecto al esmalte con ayuda de la técnica de grabado ácido.

Los adhesivos para esmalte de baja viscosidad a base de Bis-GMA desarrollan su efecto por medio de un anclaje mecánico en las rugosidades microscópicas del esmalte grabado.(17)

La estructura de las resinas compuestas está conformada por tres partes: material líquido o viscoso, relleno y un medio por el cual se unen esas dos partes.

La parte viscosa se llama matriz orgánica o monómero y es lo que da cuerpo a la resina, además es la parte que da movimiento al momento de condensar el material.

Un monómero ideal debe ser sumamente rígido, pero a su vez flexible; reactivo, porque estará en contacto con diversas partículas y otros medios; que absorba poca agua, porque ésta provoca que el material se expanda y al momento de eliminarla se contraiga.

Asimismo, la viscosidad tiene que ser adecuada y presentar expansión durante la polimerización.

La segunda parte de la química de las resinas compuestas es la denominada matriz inorgánica o fase de relleno; ésta se utiliza para reducir ciertas propiedades de la viscosidad, de excesiva contracción al momento de la polimerización.

Se ha identificado el tamaño de las partículas de relleno: por ejemplo, existen partículas de macrorrelleno, microrrelleno e híbridas.

Las propiedades ideales con las que deben contar estas partículas de relleno son: dureza limitada, porque no se desea que raye el esmalte, el oro ni la cerámica; estable, biocompatible e inerte.

La última parte de la composición química de las resinas es el silano, medio por el cual se unirán partículas de relleno y monómero. Una parte de éste (metacrilato) se unirá al monómero dada su composición, y el silano se unirá al relleno. Es importante no confundir con agentes de unión ni adhesivos dentinarios, etc.(18)

A esto, habrá que añadir los coadyuvantes, sustancias que influyen en la reacción de polimerización(activadores, aceleradores e inhibidores) o bien que intervienen en la estética del material(estabilizadores: pigmentos,etc.)

## A.- CLASIFICACION DE LOS COMPOSITES

Se realiza en función de la fase del relleno que modifica las propiedades e interviene directamente en los criterios de elección. Se distinguen generalmente tres grupos.

- Los composites convencionales, tradicionales o de macrorrelleno.
- Los composites de microrrelleno: homogéneos y heterogéneos.
- Los composites híbridos.

### *Composites de macrorrelleno.*

El vidrio, la cerámica o el cuarzo presentes en los primeros composites, denominados tradicionales, presentan granulometrías superiores a 0,1  $\mu\text{m}$ : de 5 a 30  $\mu\text{m}$  para los considerados más antiguos y de 1 a 5  $\mu\text{m}$  para aquellos más recientes.

Estas resinas poseen unas características físicas y mecánicas generalmente consideradas como adecuadas, pero presentan una resistencia a la abrasión insuficiente y una mala capacidad de pulido, lo que da lugar al arrancamiento de partículas minerales en la superficie. Esto determina una porosidad que será el origen de retenciones y de alteraciones en el color.

### *Composites de microrrelleno.*

La sílice coloidal, que presenta la ventaja de ser fácilmente fragmentable, permite la obtención de partículas muy pequeñas, de tamaño inferior a 0,1  $\mu\text{m}$  (0,04  $\mu\text{m}$  en muchos materiales en uso): son los microrrellenos. Estos rellenos también se denominan frecuentemente aerosils, así como sílice pirolítico o pirógeno en relación con su forma de obtención.

Composites homogéneos. Por el hecho de poseer una gran cantidad de resina, estos materiales presentan una buena translucidez. Por su aspecto estético y por la posibilidad de

conseguir un excelente pulido, son el material de elección para las restauraciones visibles que no tengan una implicación oclusal.

**Composites heterogéneos.** Se componen de monómero y partículas de microrrelleno y complejos tipo macrorrellenos pero hechas de resinas de microrrelleno; es decir, el fabricante utilizaba una resina como la anterior, la polimerizaba, pulverizaba a una micra y la incorporaba a una resina sin polimerizar; el riesgo de estrés se evitaba, porque por su tamaño estos complejos prepolimerizados controlaban la acumulación de fuerzas.

#### *Composites híbridos.*

Los microrrellenos y macrorrellenos pueden combinarse en el interior de un composite, que se denomina entonces "híbrido". La ventaja de este tipo de composición es el aumento del porcentaje de relleno, lo que le confiere unas propiedades mecánicas y físicas superiores.(2)

#### **B.- COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMPOSITES**

**Resistencia a la compresión.-** Se pone a prueba durante la masticación. Sólo los composites híbridos (310-384 MPa) aguantan una comparación con la amalgama (318 MPa) y con la dentina (297 MPa).

**Resistencia a la tracción.-** Los composites híbridos presentan las mejores características de funcionamiento. Su manera de comportarse podría justificar una economía de tejidos a nivel de la amplitud de las preparaciones oclusales y especialmente en los istmos.

**Módulo de elasticidad.-** Es la relación entre la tensión y la deformación; cuanto menor sea la deformación para una tensión dada, mayor es el valor del módulo de elasticidad y más rígido, el material. Esta propiedad es importante en clínica para el buen comportamiento de la

interfase material/diente. La amalgama presenta mayor módulo (21 GPa) que los composites híbridos (13,8 GPa) y que la dentina (18,5 GPa).

*Dureza.*- Es la resistencia del material a la deformación plástica. Este parámetro es importante porque condiciona el desgaste de la superficie. La dureza de un composite no alcanza nunca la de la amalgama, sobre todo si se toma como referencia una amalgama de alto contenido en cobre (de aprox. 120 Vickers).

Esta propiedad, que resulta esencial para las restauraciones posteriores, sigue siendo insuficiente incluso en los composites híbridos mejor considerados (P-30: 107 Vickers; Occlusin: 97,6 Vickers).

*Resistencia a la abrasión.*- Es el punto débil de los composites y es inferior a la de la amalgama. El desgaste se explica por la pérdida de sustancia de la matriz situada más en superficie, seguida de la exfoliación del relleno.

Algunas situaciones clínicas son capaces de acelerar el proceso: la oclusión traumática, la situación muy posterior de la restauración y la extensión de la restauración, lo que contraindica las cavidades grandes que presentan una mala resistencia a la atrición; la calidad de la manipulación del material y su terminación resultan también determinantes.

*Expansión térmica.*- La importancia clínica de esta propiedad es significativa, ya que debido a las diferencias térmicas que se presentan en la cavidad oral, tanto frío como calor, nos producen filtración o percolación marginal.

El coeficiente de expansión térmica debería ser similar al del tejido dentario ( $10-15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ), sin embargo, las resinas presentan un coeficiente muy elevado ( $25-40 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) comparado con la amalgama ( $22-28 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ).<sup>(2)</sup>

La eficacia de los composites está relacionada con cierto número de parámetros que incluyen: los materiales usados para limpiar la superficie del diente antes del grabado; la eficacia del grabado en sí; la naturaleza química y física del esmalte dental; el área y la superficie del esmalte a ser grabado y las propiedades de las resinas utilizadas para sellar y enlazar el material de restauración del diente.<sup>(6)</sup>

## VI. AMALGAMAS

La amalgama de plata ha constituido uno de los materiales más útiles en odontología.

Las amalgamas bien diseñadas condensadas y apropiadamente talladas y pulidas hasta obtener una textura uniforme, proporcionan al paciente restauraciones funcionales y duraderas.(6)

Una amalgama es un tipo especial de aleación en la que uno de sus componentes es el mercurio. Si bien éste es un metal líquido o en "fusión" a la temperatura ambiente, al alearse con otros metales puede solidificarse. Este proceso de aleación se conoce con el nombre de *amalgamación*.

El mercurio se combina con muchos metales, pero desde el punto de vista dental, la unión que más interesa es la que se produce con una aleación de plata-estaño con pequeñas cantidades de cobre y zinc. Técnicamente esta aleación se denomina *aleación para amalgama dental*.

### A.- COMPOSICION

Las aleaciones para la preparación de la amalgama dental pueden clasificarse, ampliamente, en dos grupos: en primer lugar, las aleaciones convencionales que contienen menos del 6% de cobre; en segundo lugar, las aleaciones enriquecidas con cobre, (se refieren a ellas como aleaciones con alto contenido en cobre).

**Aleaciones convencionales.** Las aleaciones convencionales contienen los siguientes componentes principales:(1)

|               |            |
|---------------|------------|
| plata 67-74%  | cobre 0-6% |
| estaño 25-27% | cinc 0-2%  |

La plata, que es el principal componente, aumenta la resistencia de la amalgama y disminuye su escurrimiento. Su efecto general es causar expansión, pero si existe en exceso, ésta puede resultar de mayor magnitud que la necesaria y hasta perjudicial. La plata contribuye a que la amalgama sea resistente a las pigmentaciones. En presencia del estaño, acelera el tiempo de endurecimiento requerido por la amalgama.

Como ya se vio, si el contenido de plata es demasiado bajo o el del estaño demasiado elevado, la amalgama se contrae. El estaño se caracteriza por reducir la expansión de la amalgama o aumentar su contracción. Disminuye la resistencia y la dureza y aumenta el tiempo de endurecimiento. Debido a que posee mayor afinidad con el mercurio que con la plata y el cobre tiene, además, la apreciable ventaja de facilitar la amalgamación de la aleación.

El cobre se añade en pequeñas cantidades reemplazando a la plata. En combinación con ésta tiende a aumentar la expansión de la amalgama. La incorporación del cobre aumenta la resistencia y la dureza de la amalgama y reduce su escurrimiento.

El empleo del zinc en la aleación para amalgama es con frecuencia motivo de controversia. Es raro que intervenga en una proporción superior al 1%, por lo que es probable que esta pequeña cantidad sólo ejerza una ligera influencia en la resistencia y escurrimiento de la amalgama, aunque contribuye a facilitar el trabajo y la limpieza de la amalgama durante la trituración y la condensación.(9)

**Aleaciones ricas en cobre.** Ésta consta de la habitual aleación de plata, estaño, cobre y zinc en combinación con un eutéctico de plata-cobre de composición 71,9% de plata y 28,1% de cobre. Esta aleación eutéctica se transforma en partículas esferoidales de menos de 44 micrometros. Estas partículas se agregan a la aleación convencional para amalgama dental. El eutéctico es la

fase dispersa. Impide la formación de gamma dos y trae como resultado menor pigmentación, corrosión y fractura marginal. La composición total es, aprox.:(10)

|            |           |
|------------|-----------|
| plata 69%  | cobre 13% |
| estaño 17% | cinc 1%   |

#### B.- PARTÍCULAS Y QUÍMICA.

Las partículas a ser trituradas son cortadas por torno (limaduras), esféricas (o esferoides) o una mezcla de ambos. Hace aprox. 10 años todas las partículas eran predominantemente cortadas con torno. Esencialmente son  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ .

Es importante considerar la reacción de la amalgama al escoger la aleación adecuada. Durante la amalgamación, la superficie de las partículas reaccionan con el mercurio para formar una matriz de fijación o cementación. La fase matriz predominante es la  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$  (o gamma-1). Todas las amalgamas contienen este componente.

Las aleaciones de tipo antiguo no poseen cobre reactivo. En consecuencia, una de las aleaciones (o fases) matrices es estaño-mercurio ( $\text{Sn}_7\text{Hg}$ ). Esta aleación se denomina gamma-2. La fase gamma-2 causa la fractura temprana y el fracaso de las aleaciones de tipo más antiguo. La amalgama exenta de la fase nociva gamma-2 contiene estaño en forma de cobre-estaño ( $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ). En esta forma el estaño se halla menos predispuesto a la corrosión. Es esta corrosión la que debilita la amalgama y torna susceptibles los márgenes a la fractura secundaria por fuerzas oclusales.(6)

#### C.- PROCESAMIENTO.

**Relación aleación-mercurio.** Un 50% de mercurio es casi ideal. A medida que se aumenta el mercurio, se aumenta también la expansión de fraguado, se disminuye la resistencia, aumenta el "creep" y puede aumentar la fractura marginal.

**Trituración.** La sobretrituration trae como resultado una contracción excesiva; la trituración insuficiente lleva a una alta expansión de fraguado y a una mayor corrosión. La sobretrituration es menos perjudicial que la trituración insuficiente.

**Condensación.** Debe emplearse una fuerza de condensación tan alta como sea posible. La presión es determinada por el tamaño de la cabeza del condensador. Los objetivos de la condensación son a) compactar la amalgama y b) exprimir todo el mercurio posible. El aumento de la presión de condensación disminuye la expansión de fraguado y el escurrimiento y aumenta la resistencia.

**Tallado, bruñido y pulido.** El tallado del exceso de amalgama de los márgenes y la conformación de los contornos de la obturación puede comenzar aprox. 5 min después de la trituración.

El bruñido de la superficie en particular cerca del margen, puede realizarse con cierto beneficio para el margen siempre que no se genere calor durante el bruñido. El bruñido debe hacerse empleando un instrumento de mano liso y de extremo redondeado.

El pulido es un alisamiento de la superficie. Las operaciones de pulido deben hacerse siempre con agua para evitar que aumente la temperatura de la aleación. El pulido puede reducir la fractura y la corrosión.

## **D.- PROPIEDADES.**

### **1-Causas de fractura marginal.**

- a) Alto contenido de mercurio en la amalgama.
- b) Calentamiento del margen durante el bruñido y el pulido.

- c) Composición de la aleación y tamaño de las partículas. Algunas aleaciones de micropartículas muestran más fractura marginal que las de corte fino o las de fase dispersa.
- d) Diseño cavitario incorrecto, como por ejemplo márgenes biselados.
- e) Tallado incorrecto. La amalgama se extiende sobre los márgenes y se fractura con facilidad.

## **2-Causas de fracturas totales.**

- a) Incorrecto diseño cavitario tal como un istmo poco profundo y ancho.
- b) La falta de pulido aumenta la posibilidad de fractura.
- c) Contacto prematuro del diente antagonista sobre la amalgama no endurecida.

## **3-Causas de pigmentación y corrosión.**

- a) Efectos de la dieta(por ej., el azufre de los alimentos provoca ennegrecimiento).
- b) Exceso de gamma dos, debido a un alto contenido de estaño en la aleación.(Nota: las aleaciones de fase dispersa reducen la fase gamma dos y por lo tanto se pigmentan y se corroen menos).

## **4-Causas de porosidad.**

- a) Mala condensación como resultado de una baja presión(debido a un gran tamaño en la cabeza del condensador) o una masa muy líquida(debido a un alto contenido de mercurio).
- b) Excesivo contenido de mercurio.
- c) Poca plasticidad, debido a una insuficiente trituración o a un excesivo intervalo de tiempo entre la trituración y la condensación.(10)

## VII. AMALGAMA ADHESIVA

Se ha usado la amalgama para restaurar los dientes posteriores desde 1861, debido a sus propiedades físicas, costo, esperanza de vida, biocompatibilidad y su insolubilidad a los líquidos bucales.(13) Por otra parte, se trata de un material relativamente fácil de usar y es el único de restauración "autosellable" que existe. No obstante, una de sus principales limitaciones es que, al no ser adhesivo, requiere la extracción de una cantidad de diente intacto mucho mayor que la necesaria. Por tanto, debilita la estructura dental restante en lugar de reforzarla, razón que explica la frecuencia con que se observan al cabo del tiempo fracturas de las cúspides en las restauraciones efectuadas con esta amalgama(8).

Debido a que la amalgama no se adhiere o une a la estructura dental, puede existir una brecha interfacial entre la pared de la cavidad y la restauración de amalgama. Consecuentemente, la microfiltración en la interfase restauración-diente puede causar hipersensibilidad postoperatoria, desmineralización de la estructura dental y, eventualmente, inflamación pulpar. Para superar estas desventajas han sido usados los cementos de ionómero de vidrio, los barnices para cubrir la cavidad preparada antes de la colocación de la amalgama cuyo objetivo es proporcionar un sello marginal mejorado.(14)

Al pintar la cavidad con alguno de estos barnices queda adherida una película. Esta película tiene por objeto sellar los túbulos dentinarios e impedir la penetración de elementos extraños a través de la obturación o el material cementante.

Por lo común, los barnices son gomas naturales, tales como copal y resina disueltos en cloroformo, acetona o éter. Su principal cualidad es la de coadyuvar en la prevención de la filtración alrededor de algunos materiales para obturación. (9).

Recientemente se ha generado una solución propuesta en la forma de agentes adhesivos que pueden unir la amalgama al diente(12). Las obturaciones de amalgama adherida por medio de resina adhesiva se han presentado en los últimos tiempos como una opción restauradora válida frente a otras alternativas frecuentemente menos conservadoras.

Las restauraciones con amalgama adhesiva tienen varias ventajas:

1. Excelente retención, por lo tanto, realizamos una cavidad más conservadora.
2. No son necesarios los pins.
3. Reforzamiento de las cúspides restantes, como consecuencia del proceso de adhesión, que hace improbable una futura fractura de las cúspides.
4. Ausencia de sensibilidad postoperatoria(8).

La amalgama adherida presenta dos interfases diferentes: la interfase amalgama-resina y la interfase resina-tejidos dentarios.(11)

En el caso de la amalgama y la estructura dental, si ocurre la falla en la interfase amalgama-adhesivo pero si el adhesivo continua unido al diente, los túbulos de dentina pueden ser sellados y la sensibilidad postoperatoria debida al efecto hidrodinámico puede ser negativa. Con el tiempo, los productos de la corrosión pueden llenar la interfaz entre la amalgama y el adhesivo.

Si el adhesivo continua unido a la amalgama y si ocurre una falla en la unión en la interfaz adhesivo-diente los túbulos dentinarios pueden no estar sellados y puede ocurrir sensibilidad postoperatoria. Las bacterias pueden infiltrarse entre la superficie del adhesivo y la dentina desprotegida con un incremento en la incidencia de caries secundaria.(12)

La reciente introducción de materiales de resina adhesiva, como Amalgam Bond y All Bond Liner F, para amalgama de plata ha despertado mucho interés en los profesionales, ya que ofrecen la oportunidad de efectuar reparaciones amalgama-amalgama, amalgama-resina y restauraciones de amalgama adherida. Amalgam Bond consiste en ácido cítrico al 10% y cloruro férrico al 3%, como acondicionadores de la dentina, hidroxietil metacrilato acuoso(HEMA), como agente humidificador y 4-meta, HEMA y metil metacrilato, como agente adhesivo. All Bond Liner F utiliza ácido fosfórico al 10% o anhídrido succínico y HEMA, como agentes acondicionadores de la dentina, NTG-GMA en acetona, como preparador, y una resina adhesiva que contiene flúor, como base de catálisis. En un estudio llevado a cabo por Hadavi F,Hey se comparó la fuerza de unión de la amalgama con dos nuevos sistemas de unión (Amalgambond Plus y All-Bond 2) y pins Minim TMS a la interfaz amalgama-dentina. Se obtuvo que el grupo All-Bond 2 demostró una fuerza de unión significativamente mayor( $11.106 \pm 3.585$  MPa) a la dentina que el sistema de unión Amalgambond( $6.343 \pm 3.564$  MPa) o los pins TMS( $6.868 \pm 0.794$  MPa). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos con el sistema de unión Amalgambond Plus y los pins TMS. Las ventajas potenciales de los sistemas de unión All-Bond 2 y Amalgambond Plus son una mayor fuerza de unión a la dentina y capacidad de sellado, con una probable reducción en la microfiltración e incremento en la resistencia a la fractura para los dientes restaurados.(13)

Para la colocación de muchos agentes que unen amalgamas, se recomienda que la amalgama sea condensada dentro del set adhesivo y aplicada inmediatamente después de que el adhesivo es aplicado a la cavidad en preparación. Presumiblemente, esto asegura una estrecha adaptación de la amalgama por el adhesivo. Sin embargo, la acción de condensación de la amalgama puede desplazar al adhesivo y removerlo de algunas superficies dentales, dejando a la superficie desprotegida.(12) En un estudio realizado por Arturo Martínez acerca de la "superficie de contacto de la resina adhesiva en la amalgama adherida" se vió como la superficie de la resina es un fiel negativo de la superficie de amalgama condensada sobre ella previamente a su

fraguado. Se observaron los "cráteres" dejados por las esferas de partículas disueltas, algunas de ellas profundamente incluidas en el seno de la resina. En el contorno de estas improntas de amalgama proyectada en la resina se hallan a su vez proyecciones de resina que se habría introducido en la amalgama.

Se pudo comprobar el espesor irregular de la capa de resina a lo largo de la interfase con la presencia de mayor cantidad de resina asociada a asperezas o irregularidades de la superficie impregnada o bien provocada por una presión irregular durante la condensación de la amalgama. No se pudo, sin embargo, observar ninguna superficie libre de una mínima capa de resina que reproduzca correctamente el negativo de la amalgama.

La conclusión que arrojó este estudio y otros realizados sobre la interfase amalgama-resina es que dada la diferencia de rigidez de ambos materiales dicha interfase actúa como el eslabón débil de la restauración, dado que será la superficie de concentración de tensiones si se la somete a un esfuerzo continuado.(11)

Una vez que se han visto las ventajas y desventajas de esta interfase se mencionarán las utilidades de estos materiales.

Las reparaciones adhesivas amalgama a amalgama pueden efectuarse en la actualidad con un alto grado de fiabilidad clínica. Pueden realizarse restauraciones amalgama-dentina con compuesto, pueden fabricarse núcleos (en lugar de realizar restauraciones de amalgama retenida con pins) previa a la colocación de coronas metálicas y restauración con amalgamas adhesivas.

## A.- RESTAURACION CON AMALGAMA ADHESIVA

En la figura 1 se muestra un segundo premolar con una cúspide lingual fracturada. Se consideró que la restauración MOD preexistente con amalgama de plata era inaceptable y fue extraída.



FIGURA 1

Un atento examen de la preparación muestra que la pared distoaxial se encuentra casi expuesta (fig. 2). Sobre esta zona, se aplicó una capa de Prisma VLC Dycal que se fotopolimerizó (fig. 3).



FIGURA 2



FIGURA 3

Se inyectó All Etch hasta cubrir toda la dentina y el esmalte de la preparación (fig. 4), se mantuvo durante 15 a 20 segundos y después se lavó y secó (fig. 5).



FIGURA 4



FIGURA 5

All etch graba el esmalte, elimina la capa de placa dentinaria y abre los túbulos dentinales sin irritar la pulpa.

Se pasó a continuación un algodón humedecido por la superficie de la dentina.

Se mezclaron All Bond Primer A y B y se aplicaron de 3 a 5 capas sucesivas sobre el esmalte y la dentina, con un pincel blando de punta fina (fig. 6).



FIGURA 6



Tras el secado con aire, las superficies de la dentina y el esmalte deben quedar reflectantes y brillantes.

Seguidamente, se procedió a un suave secado con aire caliente. En este momento, las superficies del esmalte y la dentina deben quedar brillante y muy reflectantes. En caso contrario, se aplicarán otras 3 capas del preparador (fig. 7).

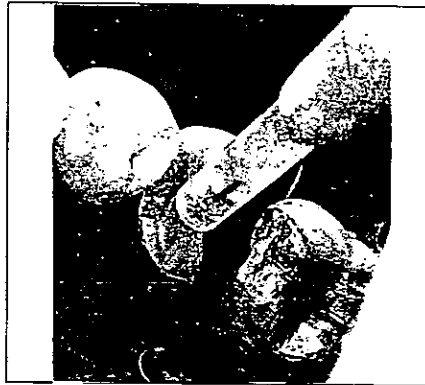


FIGURA 7

Se aplicó a continuación All-Bond Liner F a la superficie de la dentina y del esmalte, con un pincel blando de punta fina y, 30 segundos después, se efectuó un nuevo secado suave con aire (fig. 8).



FIGURA 8

Una vez colocada la banda matriz y acuña, se fue colocando poco a poco la amalgama de plata, dejándola condensar (fig. 9 y 10).



FIGURA 9



FIGURA 10

Se retiró después la banda y se efectuó un modelado anatómico de la amalgama.(8)  
(fig. 11)



FIGURA 11

## CONCLUSIONES

Como hemos visto la amalgama, a pesar de la evolución que ha tenido, aún plantea interrogantes sobre su unión con algunos elementos, como las resinas, en el cuidado de la salud dental.

Una de las razones por la que el odontólogo ha preferido la amalgama a otro tipo de restauración es por el hecho de que la amalgama tiene la tendencia a reducir la filtración marginal por su "autosellado", sin embargo, la misma evolución de las amalgamas nos ha llevado de las amalgamas con bajo contenido de cobre, que sufrían de mayor corrosión, a las amalgamas con alto contenido de cobre, en las que se ha disminuido la corrosión, por lo tanto la acumulación de productos de corrosión es algo más lenta en ésta, de manera que el uso de auxiliares como el barniz cavitario y ahora los adhesivos es más importante en los nuevos sistemas.

Como pudimos ver los materiales adhesivos se hacen adherentes al esmalte con ayuda de la técnica de grabado ácido, sin embargo, la técnica de grabado del esmalte por sí sola no basta para evitar grietas marginales, caries secundarias, pérdidas de retención o roturas de obturaciones adhesivas.

Los resultados de el estudio realizado por Alvaro Enrique García Barbero nos indican que la fuerza de adhesión lograda con los denominados "adhesivos para amalgama" no es superior a la conseguida con una resina líquida convencional, a la que no atribuyen propiedades adhesivas. Aunque las características de esta unión no se han determinado, puede deberse a que el mecanismo de unión a la amalgama tanto de los citados adhesivos como las resinas no adhesivas obedezca fundamentalmente a razones de tipo mecánico, por imbricación entre la resina y la superficie de la amalgama. Esto lo pudimos observar en el artículo publicado por Arturo Martínez Insúa, donde mencionó que la superficie de resina apareció como un fiel negativo de la superficie de amalgama condensada sobre ella previamente a su polimerización.

El uso tanto de resinas adhesivas a amalgama como resina líquida convencional redujo la filtración en la interfase amalgama-composite. En este sentido, las pruebas de

Filtración realizadas por Alvaro Enrique García Barbero indican que se produce un correcto sellado de la interfase mencionada.

No solo es necesario evaluar las propiedades físicas y químicas de los materiales, sino también los procedimientos de manipulación entre los odontólogos, ya que si varían se puede experimentar un incremento en la incidencia de sensibilidad postoperatoria, en el desajuste de la obturación con la consecuente filtración marginal, fracturas, etc.

Hemos visto la gran utilidad de la amalgama adhesiva al permitirnos ser más conservadores en la preparación de cavidades, ya que la amalgama de plata al no ser un material adhesivo requiere la extracción de una cantidad de diente intacto mucho mayor que la necesaria para conseguir retención a largo plazo. Se disminuye en gran cantidad la filtración marginal al sellar la interfase diente-amalgama con el adhesivo y se reduce la sensibilidad postoperatoria con el sellado de los lúbulos dentinarios con el adhesivo.

Algunos consideran que la reparación de amalgama a amalgama es como "poner un parche". Pero se ha visto que en verdad es útil en casos de "debilitación por la edad" o de dificultades económicas que contraindican cualquier otra alternativa. Se ignora aún la naturaleza exacta de la adhesión amalgama-amalgama (micromecánica, química o combinada).

La utilización combinada de amalgama-composite en una misma restauración ha resultado ventajosa, ya que permite aprovechar simultáneamente cualidades de ambos al emplear la amalgama en las zonas donde ofrece mejor comportamiento (obturación de pisos gingivales sin esmalte, realización de puntos de contacto) para finalmente completar la obturación con composite. También es útil la combinación de amalgama y composite en los casos en que queramos hacer un revestimiento "cosmético" de una amalgama, recubriéndola total o parcialmente con resina compuesta.

Ahora sólo depende del profesional, y de cada caso en particular, la utilidad que le dé a la unión de estos diferentes materiales.

## BIBLIOGRAFIA

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- 1.- E.C.Combe  
Materiales Dentales  
Ed. Labor, S.A.  
ed. 1a, Barcelona 1990.
- 2.- Francoise Roth  
Los Composites  
Ed. Masson, S.A.  
Barcelona, España.
- 3.- Harry F. Albers, D.D.S.  
Odontología Estética. Selección y Colocación de Materiales  
Ed. Labor, S.A.  
ed. 1a, Barcelona 1988.
- 4.- Humberto José Guzmán Báez  
Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico  
Ed. Cat editores  
ed. 1a, Bogotá, Colombia 1990.
- 5.- Julio Barrancos Mooney  
Operatoria Dental. Restauraciones  
Ed. Médica Panamericana  
ed. 1a, 1988.
- 6.- M.H.Reisbick  
Materiales Dentales en Odontología Clínica  
Ed. El Manual Moderno, S.A. de C.V.  
México, D.F. 1985.
- 7.- Dr. Robert. G. Craig  
Materiales Dentales  
Ed. Interamericana  
ed. 3a, México, D.F.
- 8.- Ronald E. Jordan  
Grabado Compuesto Estético Técnica y Materiales  
Ed. Mosby/Doyma libros  
ed. 2a, Barcelona, España 1994.

9.- Skinner, Ralph W. Phillips  
La Ciencia de los Materiales Dentales  
Ed. Interamericana, S.A. de C.V. ed. 4a.

10.- William J. O'Brien  
Materiales Dentales y su Selección  
Ed. Panamericana  
Buenos Aires, 1980.

## HEMEROGRAFIA

- 11.- Arturo Martínez Insúa/F. Guitián Rivera/U. Santana Penin  
Superficie de contacto de la resina adhesiva en la amalgama adherida. Un estudio microestructural.  
Revista Europea de Odonto-Estomatología  
vol.6, #5; 1994.
- 12.- David B. Mahler  
The amalgam-tooth interface  
Operative Dentistry  
vol.21, #6; 1996.
- 13.- F.Hadavi, DMD, MS/ J.H.Hey, DDS, MD/ R.B.Strasdin, DMD/ G.P.McMeekin, DMD.  
Bonding amalgam to dentin by different methods.  
J. Prosthet Dental  
vol. 72, #3; 1994.
- 14.- Jirasak Tangsgoolwatana/Michael A. Cochran/B.Keith Moore/Yiming Li  
Microleakage evaluation of bonded amalgam restorations: confocal microscopy versus radioisotope  
Dental Reserch Quintessence Internarional  
vol.28, #7; 1997.
- 15.- Miguel Angel Quintero Englembright/Federico H. Barceló Santana/Arcadio Barrón Zavala  
Actualización en adhesivos para esmalte y dentina y otros sustratos. 1a parte  
Práctica Odontológica  
vol.16, #2; 1995.
- 16.- Miguel Angel Quintero Englembright/Federico H. Barceló Santana/Arcadio Barrón Zavala  
Actualización en adhesivos para esmalte y dentina y otros sustratos. 2a parte.  
Práctica Odontológica  
vol.16, #3; 1995.
- 17.- Dr. Ralf E. Klaus  
¿Qué aportan los modernos sistemas adhesivos universales?  
Cortesía Degussa. Tirada aparte de Zahnarzt Magazin  
ed. 2/95.
- 18.- Dr. Sergio Gorodovsky  
Química de las resinas  
Práctica Odontológica  
vol.16, #3; 1995.