



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN DE LA FUERZA DE ADHESIÓN POSTERIOR AL
ACONDICIONAMIENTO ÁCIDO DE LOS TEJIDOS DENTARIOS
POR MEDIO DE GRABADO TOTAL Y AUTOGRABADO.

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

MARISOL MAGAÑA PEÑA

TUTORA: C.D. MARÍA DEL ROSARIO GONZÁLEZ QUIREZA

ASESORA: MTRA. MARÍA MAGDALENA BANDÍN GUERRERO.



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.



Agradezco a mi padre que sin su paciencia y apoyo incondicional tanto moral como económico no hubiera podido ver culminada mi formación profesional, y gracias a él logre ser lo que soy hoy....

A mi madre por siempre estar conmigo tanto en las buenas como en las malas, por sus consejos, por creer en mi, y sobre todo por sus palabras de aliento en los momentos de recaída que me impulsaron a seguir adelante.....

A mis hermanos por su compañía en una que otra desvelada, y por apoyo y comprensión en los momentos en los que los necesite....

A mis amigos y futuros colegas que fueron como mi mano derecha en momentos de dificultad.....

A todos los maestros que contribuyeron a mi formación profesional.

ÌNDICE

INTRODUCCIÓN.	5
1. ANTECEDENTES.	8
2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS TEJIDOS DENTARIOS.	13
2.1 Esmalte	13
2.2 Dentina	17
3. ACONDICIONADORES ÁCIDOS	24
3.1 Propiedades de los acondicionadores	24
3.1.1 Ácido Fosfórico	25
3.1.2 Ácido maléico	26
3.1.3 Ácido cítrico	26
3.1.4 EDTA	27
4. EFECTOS DE LOS ÁCIDOS GRABADORES SOBRE LOS TEJIDOS DENTARIOS. ACONDICIONAMIENTO TOTAL.	28
4.1 Acondicionamiento del esmalte	28
4.2 Acondicionamiento de la dentina	34
4.2.1 Remoción del smear layer	35
4.2.2 Hibridación de la dentina	40
4.3 Procedimiento del Acondicionamiento total	48
5. AUTOACONDICIONAMIENTO	50
5.1 Composición de los agentes autoacondicionadores	51
5.2 Efectos sobre los tejidos dentarios	54
5.3 Procedimiento del autoacondicionamiento.	57

6. ESTUDIOS REALIZADOS PARA MEDIR LA FUERZA DE ADHESIÓN.	58
CONCLUSIONES.	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se le ha dado gran auge al concepto de estética en todos los ámbitos sociales, y la odontología no queda excluida. Si nos referimos a estética en la odontología tenemos que referirnos simultáneamente al concepto de adhesión ya que estos están íntimamente relacionados, incluso se le ha denominado *Odontología Adhesiva*.

La adhesión tiene por objeto un mejoramiento en los tratamientos restauradores ya que permiten una mayor conservación de tejido dentario por la creación de un cuerpo único entre diente y material de restauración. Para dicho proceso de adhesión se requiere la modificación de los tejidos dentarios, tanto esmalte como dentina, ya que estos presentan propiedades en su estructura que lo dificultan.

Esta modificación se logra a través de agentes acondicionadores de pH ácido que buscan la creación de microretenciones (traba mecánica), igualmente que la aproximación con la colágena de la dentina para formar redes que provean de una fuerte unión.

Para comprender de que manera actúan estos agentes de pH ácido sobre los tejidos dentarios es necesario conocer a fondo su composición y estructura.

El esmalte es un tejido casi en su totalidad mineral, con escasa materia orgánica; su unidad funcional estructural es el prisma del esmalte formado a su vez por cristales de hidroxiapatita, estos pueden ser fácilmente modificados por la acción de un ácido, creando porosidades que actúan como microretenciones del material restaurador. Mientras tanto en la dentina el procedimiento se hace mas complejo por la presencia de abundante materia orgánica y su intimidad que guarda con la pulpa. La presencia de humedad, su disposición tubular y la presencia de fibras colágenas condicionan la formación de una capa híbrida

(colágeno- resina) que determinara la correcta unión del material restaurador con la dentina. La formación de dicha capa, además, tiene la función de sellar perfectamente los túbulos dentinarios y disminuir de esta manera el paso de fluidos y por consiguiente la sensibilidad pulpar.

Por ello es importante destacar la imperante necesidad del grabado ácido de las estructuras dentarias para la correcta impregnación del material adhesivo y lograr así un correcto sellado marginal y disminuir la microfiltración por la interfase entre superficie dental y material restaurador que puede ser causante de caries secundaria y dolor postoperatorio.

Por mucho tiempo se han venido mejorando las técnicas en el empleo de sistemas adhesivos, incluyendo el método de acondicionamiento, desde sus principios el acondicionamiento total, es decir de esmalte y dentina, con el uso de ácido fosfórico al 37%, ha dado muy buenos resultados, sin embargo con la finalidad de simplificar el trabajo al odontólogo han surgido los sistemas autoacondicionantes en los cuales el primer contiene monómeros ácidos que desempeñaran la función del acondicionador, y su eficacia aun sigue siendo analizada.

El objeto de esta revisión bibliográfica es poner de manifiesto las ventajas y desventajas que presentan los nuevos sistemas adhesivos con el concepto de autoacondicionamiento sobre el acondicionamiento ácido convencional en cuanto a su profundidad de adhesión, resistencia de unión y eficacia en el sellado marginal.

Agradezco a la C.D. Rosario Gonzáles Quireza y a la Maestra Magdalena Bandín Guerrero por poner empeño y dedicación para ver culminado este trabajo.

1. ANTECEDENTES.

Para poder conocer y aplicar las nuevas técnicas restauradoras adhesivas se deben comprender algunos conceptos que forman parte de este proceso.

La adhesión se puede definir como la fuerza de atracción molecular que hace que dos sustancias de distinta estructura se unan cuando están en íntimo contacto entre sí. Cuando la atracción molecular se da entre moléculas de un mismo cuerpo esta se denomina cohesión.¹

Aplicando estos conceptos a la odontología nos encontramos que para llevar a cabo la adhesión diente-material de restauración se requiere de 3 componentes básicos:

Acondicionador: es una solución ácida que tiene por finalidad la desmineralización superficial del sustrato dentario, además de la remoción del smear layer o barrillo dentinario, generalmente esta compuesto por ácido maléico, cítrico o fosfórico siendo este último el de mayor uso.

Primer: Solución compuesta por monómeros hidrofílicos disueltos en solventes orgánicos como acetona, etanol o agua, a los que se les agrega fotoiniciadores. Su utilidad es impregnar la red de fibras colágenas expuestas para formar la capa híbrida.

Adhesivo o bond: Es una mezcla de monómeros hidrofóbicos e hidrofílicos y fotoiniciadores; tiene la función de hacer la conexión entre el colágeno impregnado y el material restaurador resinoso²

Por otra parte, el íntimo contacto entre ambos sustratos dependerá de 1) la humedad del sustrato dentinario, 2) la viscosidad del adhesivo y 3) la morfología y rugosidad del esmalte.³

Está en las manos del odontólogo el control del primer y último punto que se logra por medio del acondicionamiento de los tejidos dentarios, tanto esmalte como dentina, de composición diferente y que presentan propiedades físicas y químicas complejas que interfieren para dicho propósito. Como es el alto contenido mineral del esmalte en contraste con la composición orgánica y presencia de humedad en la dentina.

El primer investigador en observar y describir la modificación de la superficie del esmalte para mejorar su adhesión fue Michael Buonocore, quien publicó un artículo titulado "Un método simple para aumentar la adhesión de resinas acrílicas a la superficie del esmalte"⁴ en 1955, en donde describió que cuando el esmalte era inicialmente tratado con un ácido y subsecuentemente lavado con agua se formarían microporosidades en su superficie las cuales permitirían la penetración de resinas acrílicas autopolimerizables, que se encajarían en las microporosidades creadas promoviendo una fuerte unión mecánica.⁵

Mientras los procedimientos de acondicionamiento ácido del esmalte cambiaron completamente la práctica de la odontología restauradora, se continuaba investigando un método por el cual las resinas pudieran adherirse también a la dentina.

Los primeros intentos por unir una resina acrílica al esmalte y a la dentina se iniciaron al comienzo de los años 50 con la introducción de un producto llamado Sevriton Cavity Seal de la compañía Amalgamated Dental Company el cual era un producto basado en ácido dimetacrilato glicerofofórico; Mclean y Kramer (1952) mostraron que dicho ácido aumento la adhesión en la dentina a través de la penetración a la superficie dentinaria de la resina formando una capa intermedia que muchos años después fue llamada zona híbrida, en este momento se consideraba que existía una unión química. Se mostraban valores de resistencia adherente no superior a los 3MPa (1 MPa = 10 K/cm²).(1ra generación)² Posteriormente para 1965 se empezó a comercializar Cervident que actuaba a través de acondicionamiento ácido a base de ácido cítrico, el procedimiento removía el barrillo dentinario (smear layer) y abría los túbulos dentinarios permitiendo el influjo de los materiales restauradores además de poseer un potencial de adhesión al componente cálcico de la dentina por agentes quelantes, sin embargo los resultados no fueron buenos y las restauraciones fracasaron en un corto periodo.⁵

En 1979 Fusayama y sus colaboradores publicaron un estudio en el cual observaron que la utilización de ácido fosfórico al 40% durante 30 segundos

simultáneamente en esmalte y dentina aumentaba significativamente la fuerza de adhesión, por tal razón son considerados los pioneros del acondicionamiento ácido total. Ellos argumentaron en su artículo que las reacciones pulpares observadas por otros autores durante la aplicación del ácido en la dentina, ocurría a causa de las consecuencias del inadecuado sellado marginal proporcionado por los materiales de esa época. Así en 1980 continuaron surgiendo otros productos que contenían ester fosfato y poliuretanos asociados a monómeros Bis-GMA y HEMA, se suponía que los grupos fosfato de la base ester-fosfato reaccionaban con el calcio de la dentina y el uretano/isocianato formaba una unión con los grupos hidroxilo de la fase orgánica e inorgánica de la dentina, sin embargo no atendían las expectativas ya que presentaban valores bajos de adhesión esto debido a la composición hidrofóbica del primer, ya que no se podía eliminar la humedad de la dentina por completo y esto condicionaba la adhesión. Estos sistemas adhesivos presentaban una resistencia adherente de 5 a 7 MPa.(2da generación)

Posteriormente surgieron sistemas adhesivos que se basaban en la actuación sobre el smear layer (barrillo dentinario) ya sea removiéndolo, sustituyéndolo o cambiándolo.

Un ejemplo de sistemas que removían el smear layer es el sistema Gluma de Bayer que contenía un acondicionador dentinario compuesto de EDTA al 17% el cual era aplicado sobre la preparación y después lavado, así el smear layer era removido para que el primer, solución acuosa de HEMA al 35% mas 5% de glutaraldehído entrara en contacto directo con la dentina. Gluma fue el primer adhesivo dentinario con un porcentaje de éxito muy alto documentado. Sin embargo al hacer estudios de laboratorio mostró inestabilidad ya que el glutaraldehído es un compuesto reactivo que se polimeriza con el tiempo, por lo que el actual Gluma 2000 no contiene glutaraldehído.

Un sistema que sustituía el smear layer era el sistema Tenure en el que el acondicionador era una solución ácida de oxalato de aluminio que removía el smear layer para sustituirlo inmediatamente por una capa de cristales insolubles de fosfato de aluminio y oxalato de calcio, posteriormente una

solución al 5% de NTG-GMA (N-toluilglicina-glicidil metacrilato) en acetona, formaba complejos con iones de aluminio y calcio de la superficie dentaria.

Un sistema que modificaba al smear layer era el Scotchbond 2 el cual contenía un primer llamado Scotchprep, compuesto por una solución acuosa de ácido maléico al 2.5% y HEMA al 55%, cuando el primer era aplicado sobre la superficie dentaria había una desmineralización parcial del smear layer y enseguida era infiltrado por la solución de HEMA. En estos sistemas se obtenía una fuerza de adhesión de 10MPa y a partir de aquí fueron considerados valores aceptables y obtuvieron un sello de aceptación de la Asociación Dental Americana. (3ra generación)².

En 1982 Nakabayashi utilizó un agente acondicionador constituido por ácido cítrico al 10% y cloreto férrico al 3% durante 30 segundos, este removió al smear layer y los smear plugs, dejando expuesta la red de fibras de colágena de la dentina intertubular y una disolución mas intensa de la dentina intratubular que es mas mineralizada, aplicó posteriormente un adhesivo 4-Meta (4 metacriloxietil metacrilato) hidrofílico, que tenía como solvente acetona, este penetró por los espacios nanométricos de entre las fibras colágenas y en el interior de los túbulos dentinarios y con ello demostró claramente la formación de una capa híbrida que se mostraba insoluble en ácidos y resistente a la penetración bacteriana, propiciando altos valores de adhesión a la dentina.⁵ A partir de aquí se continuaron haciendo investigaciones en el sentido de acondicionar a la dentina para obtener la hibridación. Ya para estos tiempos se había observado un aumento en la resistencia adhesiva de hasta 25 MPa.(4ta generación) .²

En 1991 Jhon Kanca informó que la fuerza de unión era mayor en la superficie de dentina húmeda que en la dentina seca, razón por la cual además los sistemas adhesivos cambiaron su composición a razón de tener una naturaleza hidrofílica conteniendo agentes volátiles tales como acetona, agua o alcohol los cuales evaporan la humedad de la dentina permitiendo así la adhesión húmeda.(4ta generación). En esta filosofía se basan los sistemas adhesivos modernos, sin embargo con la finalidad de facilitar y disminuir el tiempo de

trabajo se han creado sistemas autoacondicionantes que además de presentar las características antes mencionadas, poseen en la composición del primer monómeros ácidos que desempeñan la función de acondicionamiento, permitiendo la limpieza o la facilidad de penetración dentro de la capa de smear layer y lograr así la formación de la capa híbrida sin la necesidad de aplicación de ácido fosfórico previo.(5ta generación)² Estos sistemas proponen que el grabado y la infiltración de la resina se lleven a cabo simultáneamente, ya que extraen minerales de la superficie de la dentina y estos son sustituidos al mismo tiempo por monómeros de resina⁶

2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS TEJIDOS DENTARIOS.

2.1 Esmalte

El esmalte, derivado del ectodermo, es el tejido más duro del organismo debido a que posee un porcentaje muy elevado de matriz inorgánica, 95%, constituida por cristales de hidroxiapatita

($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) formados por fosfatos y carbonatos de calcio, se diferencia de los otros tejidos mineralizados por que no posee fosfatos amorfos, también presenta oligoelementos tales como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso, cobre, entre otros. Presenta un muy bajo porcentaje de matriz orgánica, 0.36-2%, formada por proteínas, tales como amelogeninas que se denominan proteínas del esmalte inmaduro, enamelinas que resultan de la degradación de las amelogeninas, ameloblastinas o amelinas, tuftelina paraalvumina; y polisacáridos, éste no presenta colágeno en su composición química.

Y del 3-5% esta constituido por agua, se localiza en la periferia del cristal formando la capa de hidratación o capa de agua absorbida.

Las células que se encargan de formar el esmalte, los ameloblastos, involucionan y desaparecen durante el proceso de erupción por medio de apoptosis (muerte celular programada) por lo que después de la erupción no hay crecimiento ni aposición del esmalte, ni posee poder regenerativo aunque puede darse el fenómeno de remineralización. Por la misma razón se considera una estructura acelular, avascular, y sin inervación.

Por su parte externa se encuentra en relación directa con la cavidad oral y por su parte interna con la dentina, cubriendo el complejo colagenoso dentino-pulpar de la corona dentaria. El espesor del esmalte no es constante y varía de pieza en pieza e incluso en un mismo diente. Su espesor mínimo se encuentra en la porción cervical donde termina en borde afilado, y en los surcos y fosas pudiendo faltar. Su espesor máximo (2-3mm) se encuentra en las cúspides y

bordes incisales que son zonas de grandes impactos masticatorios. Presenta mayor espesor por vestibular que por lingual.

La corona del diente recién erupcionado se encuentra cubierta por una película denominada cutícula primaria o membrana de Nashmit la cual corresponde a la última secreción de los ameloblastos; se encuentra fuertemente adherida a la superficie del esmalte y su función es protegerlo durante el periodo de erupción dentaria pero desaparece cuando el diente entra en oclusión. Es sustituida posteriormente por una película clara, acelular y exenta de bacterias que vuelve a formarse pocas horas después del cepillado, se le denomina película adquirida y si esta no es continuamente eliminada se coloniza de bacterias y da lugar a la formación de la placa bacteriana.⁷

Propiedades físicas.

Alta dureza. 5 en la escala de Mohs (es una relación de 10 materiales ordenados en función de su dureza, de menor a mayor, comenzando por el talco y terminando con el diamante, es utilizado para señalar la dureza de una sustancia.), la cual decrece de la superficie libre hacia la unión amelodentinaria en relación directa con el grado de mineralización. Dicha dureza depende, de la orientación del prisma (Anisotropía), mayor en los prismas en dirección paralela (3.9 ± 0.3 GPa) que perpendicular (3.3 ± 0.3 GPa); además de la cantidad de cristales en el prisma.

Escasa elasticidad. Debido a la poca cantidad de agua y de sustancia orgánica, es un tejido frágil, susceptible a la fractura, su elasticidad estará dada por el apoyo dentinario. Sus valores del módulo elástico de Young (capacidad elástica de un material o deformación que sufre al incidir sobre el una fuerza.) es de 87.5 y 72.7 GPa en paralelo o en perpendicular del eje de los prismas.

Baja permeabilidad. En el esmalte existen vías submicroscópicas de transporte molecular y funcionan como membrana semipermeable permitiendo la difusión de agua y algunos iones presentes en el medio bucal, dando lugar a la remineralización. Dicha permeabilidad reduce en dientes viejos.

Alta radiopacidad. Es la estructura mas radiopaca del organismo debido a su alto grado de mineralización.

Traslucidez (propiedad de los cuerpos de dejar pasar los haces de luz a través de ellos, pero no permite ver lo que hay atrás.) el esmalte es traslucido, su color varía de blanco amarillento a blanco grisáceo sin embargo este no es propio del esmalte y depende de la dentina en relación con su espesor. A mayor mineralización mayor es la translucidez.

La unidad estructural básica del esmalte son los prismas que están compuestos por cristales de hidroxiapatita los cuales tienen distinta orientación en el seno del prisma que generalmente presentan forma hexagonal, y se encuentran constituidos a su vez por unidades básicas de asociación iónica llamadas células unitarias que presentan una configuración química y cristalográfica también de forma hexagonal que en sus vértices contiene iones calcio y en su centro un grupo OH^- y entre los iones calcio se localizan iones fosfato.⁷

El espesor promedio de los prismas del esmalte es de $4\mu\text{m}$, su longitud es mayor que el espesor del esmalte debido a que tienen un trayecto sinuoso desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte. El diámetro de los prismas varía de $4-10\mu\text{m}$, es menor en el punto de origen y va aumentando a medida que se dirige a la superficie libre. El número de prismas varía de 5-12 millones dependiendo del tamaño de la corona.

En un corte longitudinal se observan como bandas irregularmente paralelas, mientras que en un corte transversal se observan en forma hexagonal u ovoide, su morfología depende de la ubicación del corte e incluso se han llegado a observar en forma de cerradura de llave antigua, que de esta manera se presenta como un sistema de engranaje por la diferenciación de una cabeza y una cola en estrecha relación ubicándose las cabezas entre las colas de los prismas suprayacentes y las colas entre las cabezas de los prismas subyacentes, esta propiedad le confiere mayor resistencia al esmalte. Sus dimensiones son $5\mu\text{m}$ de diámetro en la cabeza y $9\mu\text{m}$ de longitud.

El escaso material orgánico se encuentra en la periferia del prisma y se denomina vaina de los prismas la cual es una zona muy delgada de 50-100nm (1 nm= es una milmillonesima parte de un metro es decir 10^{-9} m); presenta un muy disminuido número de cristales por lo tanto estos se encuentran muy separados y por consecuencia la vaina tiene una mayor elasticidad que el prisma.

También existe el denominado esmalte aprismático en el cual no hay presencia de prismas. Se localiza en la superficie externa del esmalte prismático con un espesor de 30 μ m (1 μ m= 1 milímetro dividido entre mil, 0.001mm), este está presente en los dientes desiguos y en los dientes permanentes en las regiones cervicales y en zonas de fosas y fisuras, en este tipo de esmalte los cristales de hidroxiapatita se encuentran paralelos entre si y perpendiculares a la superficie externa. Este tipo de esmalte representa un problema en el grabado ácido ya que al no haber prismas no se crean las microretenciones esperadas.

Otro tipo de esmalte presente en los órganos dentarios es el esmalte nudoso que no es más que una zona de esmalte prismático que se localiza en las cúspides dentarias y esta formado por una compleja interrelación de prismas del esmalte en donde hay un entrecruzamiento que aumenta la resistencia del esmalte y esta ubicado precisamente en las zonas más expuestas a las fuerzas masticatorias.

Cabe mencionar también que la superficie del esmalte no es completamente lisa, suele presentar microfisuras también denominadas cracks del esmalte, son formaciones similares a fallas geológicas que se extienden en forma rectilínea desde la superficie del esmalte hasta la dentina e incluso pueden penetrar en ella; están constituidas básicamente por tejido poco o nada mineralizado. Se ha demostrado que a través de las microfisuras existe el paso de fluido en ambas direcciones por lo que son zonas propensas a la caries y mediante su sellado o remineralización se podría evitar su formación.

Con todo lo mencionado anteriormente podemos concluir que la superficie del esmalte preparada o no, es física y químicamente compleja, hecho que

interfiere significativamente en la interacción entre esmalte y material restaurador por lo que es necesario modificarla con el fin de promover una adhesión óptima y duradera.

2.2 Dentina

La dentina, tejido originado en el ectomesenquima y derivado del mesodermo, presenta una composición distinta y más compleja que la del esmalte. Este también es un tejido mineralizado pero presenta un mayor contenido de materia orgánica. Por su interior delimita la cámara pulpar y se ha considerado que se encuentra formando un complejo con la pulpa por su íntima interrelación. En la corona dentaria se encuentra recubierta por el esmalte y en la región radicular esta tapizada por el cemento.⁷

La dentina está conformada en un 70% por sustancia inorgánica conformada de la misma manera que en el esmalte, contiene un 18% de materia orgánica y un promedio de 12% de agua, mayor que en el esmalte; sin embargo este varía de 1% cerca del límite amelodentinario hasta un 22% cerca de la pulpa²

La materia orgánica está compuesta principalmente por colágeno tipo I en un 90%, este es sintetizado por los odontoblastos y en la predentina forma las fibras. Se han encontrado también en pequeñas proporciones otros tipos de colágeno: III en la dentina peritubular, IV en momentos iniciales de la odontogénesis cuando existe una membrana basal que separa la dentina no mineralizada de los ameloblastos secretores, V y VI en distintas regiones de la predentina. Además del colágeno se han encontrado proteínas semejantes a las existentes en el hueso, como osteonectina, osteopontina y la proteína Gla de la dentina que es similar a la osteocalcina que contiene ácido α -carboxiglutámico; proteínas específicas de la dentina como son fosforina dentinaria (DPP), la más abundante, proteína de la matriz dentinaria 1 (DMP1) y la sialoproteína dentinaria (DSP), las dos primeras intervienen en el proceso de mineralización, y la última es secretada por odontoblastos jóvenes y por ameloblastos y participa en el proceso de interrelación epitelio-mesenquima

presente en el desarrollo de las piezas dentarias. También se han identificado proteoglicanos, proteínas del suero y factores de crecimiento.⁷

Los cristales de hidroxiapatita de la matriz inorgánica que conforman la dentina son mas pequeños y delgados que los del esmalte, tienen mayor similitud con los encontrados en el tejido óseo. Sus dimensiones son 36nm de longitud, 25nm de anchura y 10nm de altura. Su orientación es paralela a las fibras de colágeno y se disponen entre las fibras y dentro de las mismas. Además de la hidroxiapatita existe una cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos tales como flúor, cobre, hierro, zinc, magnesio, entre otros. Y calcio como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita.

Propiedades físicas.

Dureza menor que la del esmalte pero mayor que la del hueso y cemento, en relación directa con el grado de mineralización. Sus valores promedio oscilan entre 0.57 y 1.13 GPa.

Alta Elasticidad mayor que en el esmalte, esta va de acuerdo con el porcentaje de materia orgánica y la cantidad de agua, sus valores del modulo elástico de Young oscilan entre 17.6-22.9 GPa.

Alta permeabilidad mayor que la del esmalte por la presencia de los túbulos dentinarios que permiten el paso de distintos elementos o solutos (colorantes, medicamentos, microorganismos, etc.). Se han descrito dos mecanismos de transporte a través de los túbulos por difusión o por presión de los fluidos.

Menor radiopacidad que en el esmalte ya que esta también depende del grado de mineralización, sin embargo es mayor que en hueso y cemento.

Color el color de la dentina es blanco amarillento sin embargo este puede variar dependiendo de:

*Grado de mineralización

*Vitalidad pulpar

*La edad, se vuelve mas amarillenta con el paso del tiempo.

*Presencia de pigmentos endógenos como hemorragias o acción medicamentosa, o exógenos provenientes de obturaciones metálicas.

La unidad estructural básica de la dentina son los túbulos dentinarios los cuales atraviesan toda la dentina y tienen un trayecto en forma de “s” en dirección apical-coronaria, aunque en las cúspides y bordes incisales el trayecto es casi rectilíneo, en la porción radicular tiene una sola curvatura de convexidad apical y en el ápice prácticamente son rectos, estos alojan en su interior la fibra de Tomes o prolongación citoplasmática del odontoblasto, su diámetro es mayor cerca de la pulpa que en el límite amelodentinario en un diente joven cerca de la pulpa puede tener un diámetro de 2.5 a 4 μ m y va disminuyendo a medida que se dirige a la periferia hasta llegar a 1.5 μ m en ocasiones a esta altura el túbulo se bifurca.⁷

En la dentina que se encuentra junto a la pulpa existen 65000 túbulos por mm² a mitad del camino posee 35000 y al llegar al límite amelodentinario solo hay 15000 esto se debe a la mayor superficie dentinaria a medida que se avanza hacia el esmalte. En la región de la raíz el número es de 24000 cerca de la pulpa y 12000 en la región de la periferia.

La fibra de Tomes es la prolongación citoplasmática del odontoblasto que se encuentra en la periferia de la pulpa, se dice que en un diente erupcionado la fibra de Tomes ocupa en su totalidad al túbulo dentinario sin embargo se ha observado que solo se extiende 7mm de la pulpa y el resto del túbulo, espacio periprocésal, está ocupado por líquido rico en sodio y potasio lo que lo diferencia del contenido citoplasmático. Ambos son los responsables del mantenimiento y vitalidad de la dentina, En este espacio el líquido se difunde de manera bidireccional, utilizando la vía centrifuga para nutrir la periferia de la dentina y la vía centrípeta para conducir los estímulos. Entonces, debido a la presión pulpar estimada en aproximadamente 10mmHg estos túbulos están constantemente llenos de fluido generando un flujo lento pero continuo, por lo cual la humedad es un factor constante en la dentina, hecho que hay que tomar muy en cuenta para el proceso de adhesión.

La dentina intratubular mal llamada dentina peritubular que actúa dándole consistencia al túbulo se encuentra altamente mineralizada y carente de colágeno en contraste con la dentina intertubular que separa un túbulo del otro, esta se encuentra formada principalmente por una matriz orgánica especialmente fibras colágenas de tipo I. La primera suele tener un espesor de 400nm cerca de la pulpa mientras que hacia la periferia es de 750nm. La segunda ocupa un 12% en la predentina, mientras que cerca de la unión amelodentinaria ocupa un 96% lo cual explica el índice de permeabilidad, mayor cerca de la pulpa que en la periferia. En dientes jóvenes cerca de la pulpa no se observa dentina intratubular, aparece a 2 mm de la pulpa donde va tomando su aspecto calcificado y mas afuera alcanza un grosor de 5µm.

Clasificación de la dentina.

Dentina del manto

Es la primera dentina sintetizada por los odontoblastos, constituye una capa de 20µm de espesor ubicada por debajo del esmalte y el cemento. Esta formada por fibras de colágeno muy gruesas que en la corona se orientan paralelas a los túbulos dentinarios y perpendiculares a la unión amelodentinaria mientras que en la raíz son paralelas a la unión cementodentinaria y perpendiculares a los túbulos. Los mecanismos de mineralización de esta son diferentes por lo que es menos calcificada que el resto.

Dentina circumpulpar

Es el resto de la dentina que empieza a depositarse una vez formada la dentina del manto, forma la mayor parte del volumen de la dentina. Esta conformada por fibras colágenas mas delgadas y se disponen irregularmente formando una malla densa, su tipo de calcificación es de tipo globular y no lineal como la dentina del manto.

Pre dentina

La pre dentina es una capa no calcificada que se observa entre la capa de odontoblastos y la dentina circumpulpar, de un ancho aproximado de $15\mu\text{m}$, esta constituida por una matriz orgánica rica en azufre similar a la sustancia osteoide del hueso, forma un espacio peripulpar que la separa de la dentina mineralizada, es atravesada por las prolongaciones de los odontoblastos acompañados algunas veces por terminaciones nerviosas.

Además otra clasificación es:

Dentina primaria. Es la que se forma primero y representa la mayor parte de la dentina, delimitando la cámara pulpar, se deposita desde que comienza la odontogénesis hasta que el diente entra en oclusión, comprende la dentina del manto y la circumpulpar.

Dentina secundaria Es la dentina formada después de que se completa la formación de la raíz, a partir de que el diente entra en oclusión, su depósito es muy lento pero continua durante toda la vida del diente, esta se forma por dentro de la dentina circumpulpar en toda la periferia de la cámara pulpar.

Dentina terciaria Conocida como dentina de reparación, es la dentina que se forma más internamente pero solo en sitios donde existe un estímulo localizado, la calidad y cantidad de dentina terciaria se halla en relación directa con la intensidad y duración del estímulo.

Dentina patológica.

Es aquella que se forma frente a un estímulo, como intento de defensa de la pulpa, en un intento por mantener o aumentar el espesor de porción mineralizada y proteger los túbulos que están siendo alcanzados, esta dependerá de la capacidad de respuesta de la pulpa y de la intensidad y duración de la agresión por ello es siempre irregular, con pocos túbulos, cambia la morfología de la cámara pulpar, y puede presentarse de 3 maneras básicas:

Dentina osteoide. Se asemeja al tejido óseo, muchas veces presenta células aprisionadas en su interior.

Dentina reparativa. Se asemeja a la dentina secundaria, presenta túbulos en menor cantidad y esta hipomineralizada.

Dentina esclerótica. Es una masa mineralizada homogénea, sin espacios, aislando la pulpa del estímulo y disminuyendo la permeabilidad por lo que se considera sería la mejor dentina remanente. También es característica de un diente senil ya que con el avance de la edad ocurre una aposición dentinal que ocluye total o parcialmente el túbulo.⁸

3. ACONDICIONADORES ÁCIDOS.

3.1 Propiedades de los acondicionadores.

Los agentes acondicionadores son ácidos que nos permiten modificar la estructura de los tejidos dentarios.

En general por su origen podemos catalogar a los ácidos en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos.

Los ácidos orgánicos suelen ser ácidos débiles (no se disocia completamente en agua) y tienen un radical $-\text{COOH}$. Los ácidos inorgánicos o minerales suelen ser fuertes (se disocia completamente en agua) a su vez se clasifican en oxácidos que contienen oxígeno, e hidrácidos que contienen H y a su vez estos son monopróticos (contienen un solo hidrogeno) o polipróticos (contienen varios hidrógenos).⁹

En odontología los ácidos orgánicos están mas comúnmente indicados para su uso sobre dentina debido a que son mas débiles y no implican una desaparición completa de los compuestos de colágeno presentes en esta, y al mantener cierta cantidad de estas fibras permite que se lleve a cabo la hibridación dentinal necesaria para una buena adhesión. Entre los ácidos orgánicos mas usados en la técnica adhesiva se encuentran el ácido maléico y el ácido cítrico.

Los ácidos inorgánicos o minerales son aquellos que se usan mejor en zonas no colagenosas como es el esmalte, estos ácidos son mas agresivos e implican la desaparición completa de matriz orgánica. El ácido más usado en técnicas de grabado dentro de este grupo es el ácido fosfórico.

Muchos acondicionadores ácidos son hipertónicos y ocasionan la salida del fluido tubular y esto causa molestias en el paciente, mientras que la formulación isotónica de los acondicionadores muestra una mejor respuesta.³

3.1.1 Ácido fosfórico.

Su fórmula química es H_3PO_4 , es un ácido inorgánico de amplia aplicación en la industria.

A temperatura ambiente el ácido fosfórico es una sustancia cristalina con una densidad relativa de 1.83. Muy soluble en agua. Tiene un punto de fusión de $42.35^{\circ}C$. Normalmente se almacena y distribuye en disolución.

Se obtiene mediante el tratamiento de rocas de fosfato de calcio con ácido sulfúrico, filtrando posteriormente el líquido resultante para extraer el sulfato de calcio. Otro modo de obtención consiste en quemar vapores de fósforo y tratar el óxido resultante con vapor de agua.¹⁰

Entre otras aplicaciones, el ácido fosfórico se emplea como ingrediente de bebidas no alcohólicas, como catalizador, en metales inoxidable, fertilizantes y detergentes.

Su aplicación en odontología es como grabador de estructura dental creando retenciones, este uso fue introducido por Bonocuore desde 1955, basándose en el uso del ácido para tratar los metales con el fin de aumentar la adhesión a estos de pinturas acrílicas, esto se lograba por medio de la limpieza de la superficie de metal aumentando su energía superficial, este mismo efecto fue comparado sobre el esmalte.⁴

Por otro lado se ha demostrado su acción sobre estratos cálcicos de matrices orgánicas de esmalte y dentina. El H_3PO_4 ataca el cristal de hidroxiapatita en bloque adelgazándolo, y actúa sobre una red de átomos de calcio grabando el cristal en su superficie (micrograbado nanométrico). De esta manera se ha preconizado su uso en odontología adhesiva a una concentración de 37% que es la que mejores resultados ha demostrado. Con un pH promedio de 2; su formulación suele ser hipertónica.

Su presentación comercial es en forma de gel, ya que en forma acuosa fácilmente se transfiere a lugares que no requieren acondicionamiento, se le han agregado rellenos con la finalidad de aumentar su viscosidad, sin embargo

se han observado algunas desventajas tales como que en forma líquida puede penetrar mas fácilmente en los surcos para permitir un correcto grabado, y en forma de gel, cuando es eliminado, pueden quedar residuos que interfieren en la polimerización, por lo que es de suma importancia lavarlo el suficiente tiempo con chorros de agua a presión.

3.1.2 Ácido maléico.

Su fórmula química es $C_4H_4O_4/HOOHCH=CHCOOH$.

Este ácido fue usado hace décadas y se dejó de utilizar debido a su poca capacidad desmineralizadora, actualmente es usado en concentraciones del 10% o del 15% en los adhesivos autograbadores. Este es un ácido orgánico y débil (no se ioniza completamente en agua) por lo tanto su disolución en agua es moderadamente ácida.

3.1.3 Ácido cítrico.

Su fórmula química es $C_3H_4OH(COOH)_5$, es un ácido orgánico, soluble en agua y ligeramente soluble en disolventes orgánicos, con un punto de fusión de $153^{\circ}C$ y una acidez alta pH 1.

Existen reportes recientes de que el ácido cítrico inhibe la formación de hueso, la razón no es clara pero se ha atribuido que su bajo pH reduce la actividad osteoblástica, la síntesis de colágeno y la producción de fosfatasa alcalina; lo que se compara con su uso en el acondicionamiento de la dentina.

El ácido cítrico se encuentra en el jugo de frutas de las que se obtiene por precipitación, añadiendo óxido de calcio, se obtiene citrato de calcio, el cual es tratado con ácido sulfúrico para regenerar el ácido cítrico. Se emplea como aditivo en bebidas y alimentos para darles un sabor ácido, en fármacos, en odontología como creador de superficies retentivas en la superficie dental, en la imprenta textil y como abrillantador de metales.

Para el grabado dentario este ácido mostró ser eficaz siendo utilizado con cloruro férrico ya que se obtuvieron resultados muy similares a la aplicación de ácido ortofosfórico como agente acondicionador en esmalte y dentina. Sin embargo cayó en desuso ya que se observó que provoca severa

desmineralización, disminuyendo en demasía los sitios de adhesividad en la superficie dentaria, tiene baja biocompatibilidad, cristaliza durante su almacenaje y permite el crecimiento de hongos en su interior.

Actualmente se encuentra en adhesivos autoacondicionadores.

3.1.4 EDTA

El EDTA por su parte, es un agente que actúa por medio de quelación a un pH neutral que produce diferentes efectos en la dentina dependiendo de su concentración y el tiempo de exposición. Estudios han demostrado que este agente acondicionador remueve selectivamente la hidroxiapatita, preservando la estructura de la matriz de colágeno.

4. EFECTOS DE LOS ÁCIDOS GRABADORES SOBRE LOS TEJIDOS DENTARIOS. ACONDICIONAMIENTO TOTAL.

4.1 Acondicionamiento del esmalte.

Como se menciona anteriormente el esmalte está cubierto por una capa orgánica protéica además de la presencia de contaminantes provenientes de la saliva y cavidad oral, lo que provoca una superficie de baja reactividad hecho que debe ser modificado para promover la adhesión.¹¹ Cuando ocurre el acondicionamiento del esmalte, este es tratado con un agente químico (ácido) el cual remueve 20µm de superficie, disolviendo selectivamente las terminaciones de los prismas de esmalte en la estructura adamantina sobrante. Esta disolución selectiva preferencial del componente inorgánico cristalino genera innumerables porosidades que aumentan el área de superficie, estos poros de diferentes profundidades, actúan como un sistema de canales en el que el material resinoso poco viscoso puede fluir penetrando por aproximadamente 20- 25µm, juntándose y promoviendo una unión mecánica efectiva. Por otra parte el agente acondicionador al remover contaminantes y materia orgánica de la superficie del esmalte aumenta la reactividad superficial del sustrato, Jendresen y Glantz han reportado un aumento en la tensión superficial de 28 a 72 dinas /cm⁵, como consecuencia hay una disminución del ángulo de humedecimiento, con el uso de ácido fosfórico al 50% en 1972 se observó una disminución de 28.3° a 14.3°.¹² También cabe destacar que cuando en un diente se prepara una cavidad, esta biopelícula orgánica al ser desgastada forma una delgada capa de smear layer la cual también será removida por el ataque ácido.

De acuerdo con Bonocuore el ataque ácido, además de crear rugosidades en las extremidades de los prismas, también aumenta el tamaño de los microespacios existentes entre ellos.

Según Kopel, los ácidos disuelven la porción axial de la cabeza de los prismas del esmalte, en su configuración de agujero de cerradura, de tal manera que las superficies externas atacadas paralelamente en dirección a los prismas presentan una apariencia de panal de miel; mientras que las superficies atacadas perpendicularmente en dirección a los prismas muestran depresiones y elevaciones. De acuerdo con Garone Neto y Garone hijo, la eficiencia de las soluciones ácidas es inferior cuando los prismas del esmalte son atacados longitudinalmente, siendo superior cuando los prismas son atacados transversalmente.

Según Gwinnett, el ataque satisfactorio sobre el esmalte debe provocar un desgaste superficial de cerca de $5\mu\text{m}$ y profundizar este ataque selectivamente en una profundidad de entre 20 y $25\mu\text{m}$. Esto se logra con ácido fosfórico al 30%.¹³

Sin embargo se ha establecido que concentraciones tan bajas como 2% de ácido fosfórico no producen microporos dentro del esmalte, pero la resistencia de unión es tan buena como la obtenida en concentraciones mayores, esto nos indica que el efecto logrado con el acondicionamiento no es solo la formación de poros si no la obtención de una superficie limpia y el cambio energético polar, de una superficie poco reactiva a una superficie con mejor atracción polar.¹¹

Después de la desmineralización superficial del esmalte, la resina, además de ocupar los poros creados en el tejido, también encapsula los cristallitos sobrantes protegiéndolos de una futura disolución, y así se obtiene, después de la polimerización, la formación de un composite esmalte-resina (figura 1) que además de proteger al esmalte externamente, promueve una unión efectiva con la resina compuesta restauradora que será aplicada sobre el.⁵

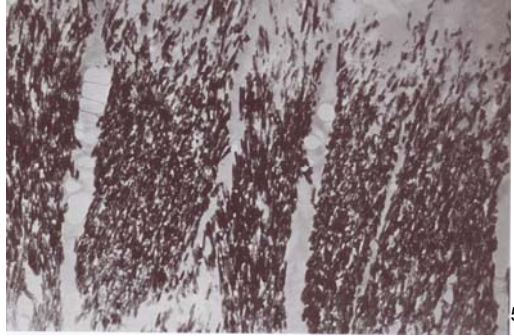


Figura1. Composite esmalte-resina, el componente oscuro es la resina mientras las líneas blancas muestran las paredes de los prismas.

De esta manera por medio de fotomicrografía se ha evidenciado una capa intermedia entre la resina compuesta y los prismas del esmalte, es decir la formación de una capa híbrida de esmalte que posee un espesor de aproximadamente 20 μ m. (figura 2)



Figura 2. La línea obscura indica la capa híbrida.

El grabado ácido del esmalte se puede ver favorecido además por el empleo de un bisel que tiene la función de aumentar la fuerza de unión de las resinas compuestas al esmalte acondicionado, posibilitar la exposición de prismas de esmalte transversalmente los cuales de esta forma proporcionan un mejor patrón de acondicionamiento, posibilitar una capa de esmalte mas energética, promover un mejor sellado marginal y aumentar el área disponible para el ataque ácido.¹³

Silverstone de acuerdo con observaciones por el microscopio de la superficie del esmalte acondicionada pudo identificar 3 tipos de irregularidades creadas y las clasificó en tres patrones:

Patrón I- Ocurre debido a la disolución de la porción central de los prismas, manteniendo las regiones periféricas relativamente intactas, formando pequeñas cavidades con diámetro de aproximadamente $3\mu\text{m}$ con aspecto de panal de miel. (figura 3) Es el patrón de acondicionamiento ácido mas comúnmente encontrado y el que posibilita mejor la retención de los materiales. Sin embargo el diámetro logrado en los túbulos después del ataque ácido tiene significancia al elegir el agente cementante ya que cualquier partícula de relleno de diámetro mayor simplemente no penetra en la superficie adamantina.

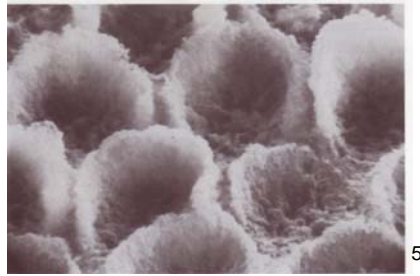


Figura 3. La periferia del prisma se observa intacta

Patrón II- hay una disolución de las porciones periféricas de los prismas manteniendo su centro intacto, los cuerpos de los prismas permanecen proyectándose a la superficie original del esmalte, con aspecto opuesto al de panal de miel. (figura 4)

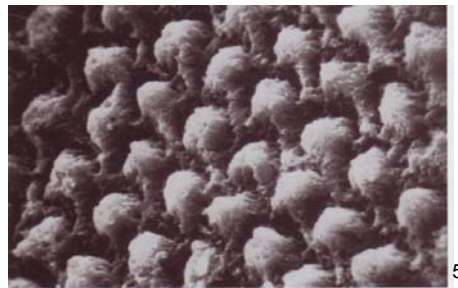


Figura 4. El centro del prisma se observa intacto.

Patrón III- Provoca una disolución mayor de las estructuras, envolviendo el centro y la periferia, con lo que no se evidencia estructura prismática, es el menos deseado para una correcta adhesión.¹¹ (figura 5)

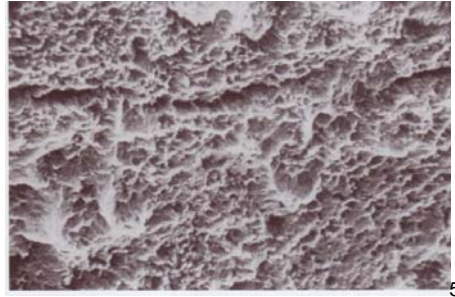


Figura 5. No se observa un patrón definido en los prismas del esmalte.

Para Retief hay además un patrón tipo IV que es producido cuando el ataque ácido se lleva a cabo en la capa aprismática.

Estos patrones de grabado ácido fueron observados y notificados desde 1972 por D.H. RETIEF al utilizar ácido fosfórico al 50%¹²

Cabe mencionar que dichos patrones varían de un diente a otro e incluso en distintas áreas dentro del mismo diente, es decir no se encontrara un patrón de ataque ácido específico.

Por otra parte hay distintos factores que interfieren en el grabado ácido y entre estos podemos enumerar:

Presencia de flúor- la presencia de este ión hace al esmalte mas resistente al acondicionamiento ácido, al igual que la presencia de plomo y cobre, pero estos se observan con menor frecuencia. El tiempo de grabado debe duplicarse.

Tipo de esmalte- siendo el acondicionamiento mas difícil en el esmalte aprismático promoviendo apenas una limpieza de la superficie y exponiendo poros ya existentes. El tiempo de grabado debe ser aumentado o se debe hacer un desgaste de la capa superficial del esmalte hasta exponer a los prismas.

Edad del paciente- mientras el diente esta recién erupcionado se logra con mayor facilidad el grabado ya que este es muy permeable, a medida que avanza la edad del paciente este proceso se torna mas difícil por el continuo contacto de la superficie del esmalte con el medio bucal que lo hace menos permeable y mas resistente al ataque ácido.

Obstáculos mecánicos. El grabado ácido se dificulta ante la presencia de cualquier sustancia sobre la superficie del esmalte, hecho que hace necesaria una profilaxis previa al grabado.

El agente acondicionador que mejores resultados ha demostrado durante infinidad de estudios con diferentes ácidos y diferentes concentraciones, ha sido el ácido fosfórico en una concentración del 37% en un tiempo que va de 15seg a 20 segundos. Silverstone comprobó que el aumento de la concentración del ácido así como del tiempo tiene una relación inversa a la formación de microporos ya que con ello se obtiene la formación de fosfatos de calcio (resultado de la reacción entre el ácido fosfórico y la hidroxiapatita de calcio) y en consecuencia se obtiene una superficie lisa ya que estos fosfatos contaminan y cierran los microporos recién formados, situación poco favorable para la adhesión.

Remineralización

Se ha observado que las áreas de esmalte descalcificadas por ataque ácido que por cualquier motivo no son recubiertas por resina tienen una evolución favorable, Albert y Grenoble reportaron en un estudio in-vivo que al termino de una hora ya comienzan a precipitarse depósitos de fosfatos de calcio provenientes de la saliva sobre el tejido desmineralizado y al cabo de 96 horas el esmalte experimenta una completa remineralización. Este puede ser remineralizado por saliva o por soluciones calcificantes, siendo estas mas eficaces. El esmalte remineralizado tiene la misma resistencia al ácido que el esmalte normal.

4.2 Acondicionamiento de la dentina.

El acondicionamiento total es aquel que abarca tanto esmalte como dentina. Anteriormente este acondicionamiento se hacía de manera aislada, es decir, el esmalte era tratado con un agente de mayor concentración que en la dentina, generalmente se ocupaba ácido fosfórico en una concentración de entre 20-40% sobre el esmalte mientras que en la dentina se prefería utilizarlo al 10% basándose en la hipótesis de que las altas concentraciones eran demasiado agresivas para la dentina, sin embargo Fusayama fué el primero en observar que el ácido fosfórico al 37% tenía efectos simultáneos sobre esmalte y dentina, siendo bien tolerados por esta.

El resultado del grabado total fue sorprendente, no solo por que los valores de adhesión de los materiales mejoraron, si no que también la reacción de la pulpa al material restaurador resulto menor. Fusayama, Hieda, Inokoshi y otros demostraron que las irritaciones pulpares no aumentaban con la técnica de grabado total, sino que se reducían ya que dicha técnica protege la pulpa, porque, tras eliminar la capa de barrillo con un ácido débil, la herida dentinaria abierta queda sellada con una resina hidrófila, por ejemplo, HEMA (imprimador o primer) y un bonding correspondiente (adhesivo). Con ello se crea una superficie dentinaria impregnada de resina (capa híbrida) que garantiza un cierre óptimo de la herida dentinaria, es resistente al ácido y evita la penetración de bacterias.¹⁴

Cabe resaltar que el acondicionamiento de la dentina se lleva a cabo de manera distinta que en el esmalte ya que esta tiene una composición diferente y presenta mayores dificultades tales como:

- una composición heterogénea, orgánica e inorgánica;
- una fracción importante de agua y fluidos, es decir presencia de humedad;
- presencia de barrillo dentinario, que cubre la superficie expuesta después de la preparación cavitaria tapando el acceso del adhesivo;
- componente colágeno de baja energía superficial;
- sensibilidad, por formar un complejo con la pulpa, entre otras características.

La síntesis de novedosos sistemas adhesivos, en especial de imprimadores o primers, de naturaleza hidrofílica-hidrofóbica preparan en forma conveniente la estructura dentinal-colágeno en presencia de la humedad relativa propia de la composición dentinal.

4.2.1 Remoción del Smear Layer

Siempre que se manipula el esmalte y/o dentina se crea sobre la superficie una camada de debris de corte, denominada smear layer o barrillo dentinario. El smear layer no se observa en especímenes desmineralizados observados en el microscopio de luz debido a que este es disuelto durante la desmineralización, sin embargo este puede ser examinado por microscopia electrónica donde se observa como una superficie amorfa y lisa (figura 6), esto nos provee de importante información acerca del tamaño y partículas que lo constituyen. El smear layer esta compuesto principalmente por componentes triturados, entre ellos hidroxiapatita tanto del esmalte como de la dentina, y colágeno alterado, sin embargo en su composición también se pueden observar, saliva, sangre, células muertas etc.⁵ (figura 7)

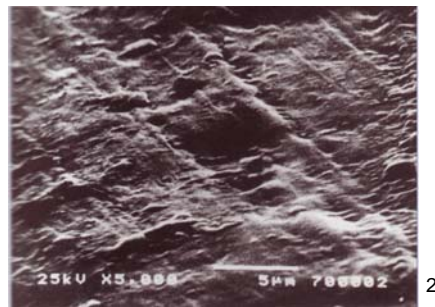


Figura 6 Aspecto de la superficie dentaria contaminada por el smear layer.



Figura 7. Microfotografía de la apariencia del smear layer, sobre la superficie dentinaria, se puede observar la presencia de contaminantes.

Su espesor varía de 0.5 a 5µm, según el tipo de instrumento de corte empleado (manual o rotatorio), utilización de refrigeración, velocidad de corte y región de la dentina preparada. La profundidad del smear layer depende también si la dentina es cortada mojada o seca, la composición de la solución irrigadora utilizada, tamaño y forma de la cavidad, etc. Generalmente cuando la dentina es cortada sin agua genera una gruesa capa de debris mientras que cuando es cortada con copioso spray de agua y aire es menor. Además las fresas de diamante producen una capa mas gruesa de debris que las fresas de carburo (Brannstrom, Glantz y Nordenvall, 1979; Shortall, 1981)¹⁵

Algunos autores argumentaban sobre las ventajas de la preservación de esta camada, pues podía actuar como una barrera de difusión disminuyendo la permeabilidad de la dentina. Pashley y sus colaboradores comprobaron la capacidad del smear layer de disminuir la permeabilidad de la dentina en aproximadamente 86%. Sin embargo el smear layer es poroso y tiene microcanales entre las partículas, que pueden permitir tanto la salida del fluido de la dentina como la entrada de toxinas microbianas y agentes destructivos a la pulpa.²

Brannstrom observó en el smear layer la presencia de bacterias viables que podrían inducir al fracaso de la restauración. Además esta camada puede ser fácilmente hidrolizada por los fluidos pulpares o por los originados de la microfiltración marginal, y consecuentemente descompuesta con el pasar del tiempo.

En los sistemas adhesivos de las primeras generaciones (hasta la tercera) se procuraba la conservación del smear layer y la unión química de la porción rica en calcio del barrillo por medio de grupos fosfato, sin embargo al cabo de 1 año había disolución del enlace fosfato y el desprendimiento de la capa de barrillo.¹⁴

Por otro lado, la formación de esta capa de smear layer resulta en la obstrucción de la luz de los túbulos de la dentina (figura 8). Los materiales

forzados para el interior de los túbulos constituyen los SMEAR PLUGS. Y esto resulta en el aislamiento del sustrato de la dentina subyacente, dificultando la interacción de los agentes adhesivos directamente con la dentina. Hecho que desencadenó la necesidad de la remoción completa del smear layer.

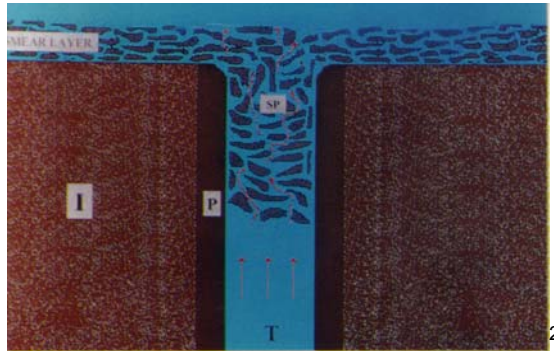


Figura 8. Se observa como la capa de smear layer cubre la luz del túbulo dentinario formando así los smear plugs (SP)

La profilaxis convencional, el chorro de agua a presión o la aplicación de agua oxigenada o soluciones alcohólicas no logran eliminar esta capa firmemente anclada sobre la dentina intertubular y con proyecciones intratubulares. La aplicación de una solución de ácido poliacrílico en una concentración de 20% durante 10 segundos, y el posterior lavado, logro una limpieza dentinal efectiva en la zona intertubular sin embargo los tapones intratubulares persisten.¹¹

Los primeros intentos para la remoción completa y que mostraron resultados fueron por medio de ácido cítrico al 10% (Nakabayashi 1982) dicho procedimiento removió el smear layer y los smear plugs, dejando expuesta la red de fibras colágenas de la dentina intertubular, los túbulos tuvieron sus embocaduras alargadas por la disolución de la dentina intratubular que es mas mineralizada, posteriormente fue aplicado un *primer* a base de 4META-MMA/TBB-O los cuales penetraron por los espacios nanométricos por entre las fibras colágenas y en el interior de los túbulos dentinarios, los monómeros que penetraron en los túbulos formaron las estructuras conocidas como TAGS DE RESINA sellando completamente la dentina. (figura 9 y 10)

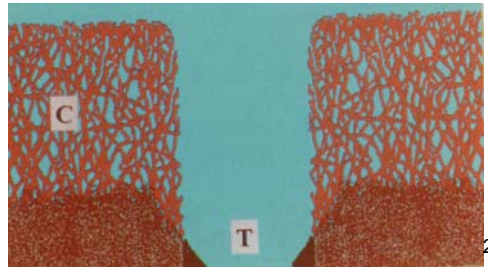


Figura 9 se observa la exposición de la red de fibras de colágeno de la dentina intertubular con la eliminación del smear layer, al igual que la apertura del túbulo por la eliminación de los smear plugs.



Figura 10 al colocar el primer este se infiltra entre las fibras de colágeno a la vez que se introduce en los túbulos para formar los tags de resina.

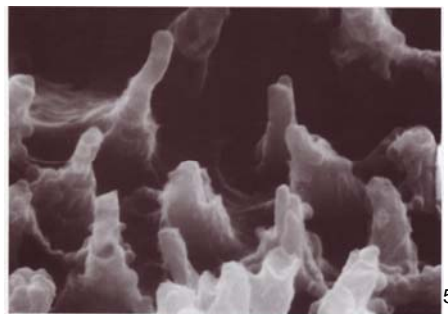


Figura 11 Aspecto de los tags de resina después de eliminado el componente orgánico e inorgánico del tejido dentinario.

A partir de aquí la remoción del smear layer es esencial para una correcta adhesión y este procedimiento en la actualidad es bien logrado por el ácido fosfórico.

Acción del ácido fosfórico en dentina.

- Desmineralización con exposición de la malla colágena
- Micro y macroporosidad, creación de grietas en la dentina intertubular
- Ampliación de la luz del túbulo
- Aumento de la permeabilidad dentinal
- Por ser hipertónico, producción de fluidos tubulares, con frecuencia acompañados de aspiración de odontoblastos.
- Consiguiente irritación pulpar (aun en discusión)

4.2.2 Hibridación de la dentina.

La hibridación dentinal es la integración de los sistemas adhesivos y resina con la dentina.

La aplicación de ácido fosfórico al mismo tiempo que remueve el smear layer, va a producir una desmineralización parcial de la fase mineralizada. Al salir los iones calcio con el lavado tendremos un sustrato de malla colágena expuesta. (figura 12)

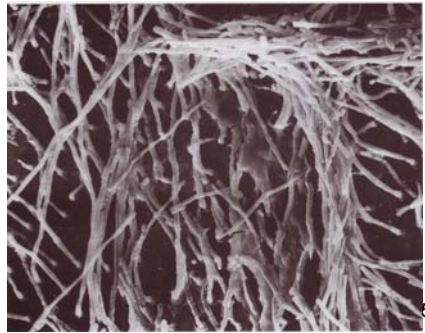


Figura 12. Fotomicrografía evidenciando la red de fibras colágenas desprovistas de compuesto inorgánico.

La red de fibras de colágena expuesta, sin soporte, estará suspendida por la humedad relativa presente después del lavado. En ningún caso se debe secar este sustrato, pues esto ocasionaría el colapso de dicha malla (figura 13), una intensa irritación pulpar por la deshidratación dentinal. Se recomienda únicamente retirar el exceso de humedad con una torunda de algodón estéril,

pero dejando cierto grado de humedad. Ante esta circunstancia se hizo necesaria la síntesis de sistemas adhesivos dentinales con imprimadores o primers altamente hidrofílicos, que puedan actuar sobre el sustrato húmedo. A estos imprimadores se les agrega un agente volátil tal como acetona o etanol que tienen la función de evaporar el agua presente en la dentina y jalar la resina hacia los diminutos espacios entre las fibras colágenas de la red expuesta, dichos espacios son de entre 15 y 20 nm, de esta manera el primer tiene dos grupos funcionales diferentes: una terminación hidrofílica que tendrá afinidad por la red de colágeno con presencia de agua, y una terminación hidrofóbica que tendrá afinidad con el adhesivo o el material de restauración. Un aspecto que hay que tomar mucho en cuenta en cuanto al almacenamiento de los imprimadores, es que la acetona se evapora en las botellas que contienen el primer y esto cambia la concentración y la eficacia del sistema adhesivo.³ La integración e interdifusión de estos adhesivos dentro de la malla colágena, en la dentina intertubular y con proyecciones intratubulares es lo que se ha denominado hibridación dental. (figura 14)

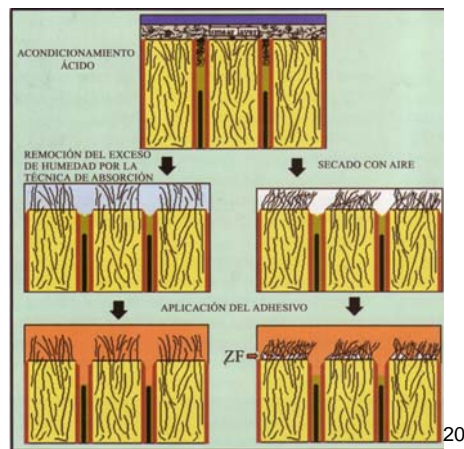


Figura 13 el secado con aire genera un colapso en la red de colágeno creando una zona debilitada ZF

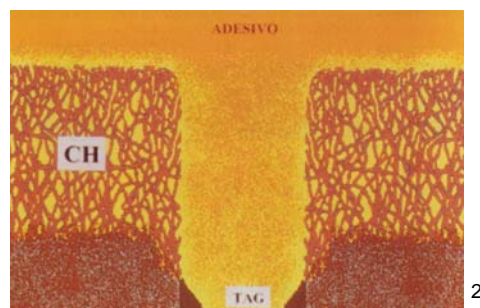


Figura 14 formación completa de la capa híbrida con la interdifusión del adhesivo entre los espacios nanométricos entre las fibras.

Según Tay y Gwinnett, quienes describieron la formación de la capa híbrida en 1994, la mayor fuerza de unión ocurre con la dentina húmeda porque en esta situación el colágeno no se desmorona, es decir las fibras colágenas permanecen erectas y empalizadas facilitando mucho la penetración del primer resinoso, al contrario de la estructura encontrada cuando la dentina esta seca o rehumedecida, donde un desmoronamiento de las fibras sirve como barrera para la penetración del primer resinoso, llevando como consecuencia a una inexistente o mínima formación de capa híbrida, proporcionando bajos valores de adhesión.

El mayor valor de unión adhesiva se experimenta en la dentina intertubular que es rica en fibras colágenas.¹¹

Se ha establecido que la composición de esta capa híbrida es de aproximadamente 70% resina y 30% colágena.⁸

Por otro lado la profundidad de la capa híbrida en la superficie dentinaria, así como lateralmente al lumen de los túbulos es aproximadamente de 5µm.

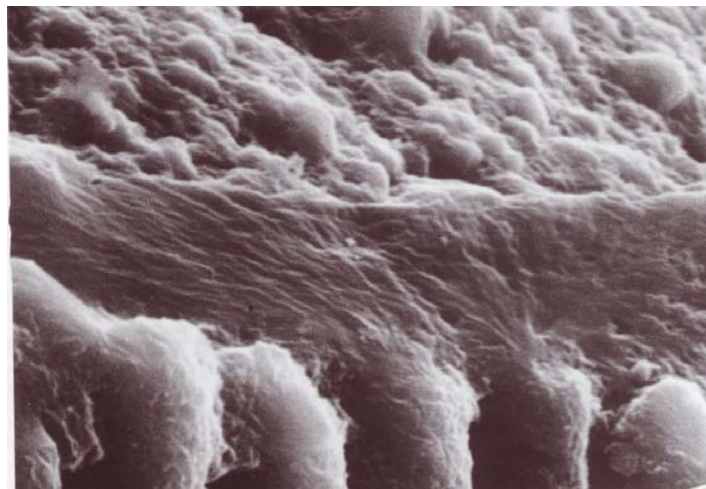


Figura 15 Fotomicrografía que muestra un acercamiento de la capa híbrida dentina-composite.

Los problemas relacionados con todos los tipos de materiales restauradores principalmente con resinas compuestas son la sensibilidad postoperatoria, manchas marginales, caries recurrente y necrosis pulpar; dichos problemas son muy frecuentes y han sido potencializados por la adopción de la técnica de acondicionamiento ácido de la dentina; ocurre simplemente por la incapacidad de los materiales restauradores de sellar, ocasionando la microinfiltración. Dichos problemas han venido siendo tratados por medio de medidas terapéuticas que revisten la superficie dentinaria expuesta con cementos forradores o barnices sin embargo hoy en día se sabe que una mejor alternativa para dicho fin es la formación de una capa insoluble e impermeable, es decir la capa híbrida. Con esto el movimiento del fluido odontoblástico intratubular ya no ocurre, extinguiendo así la sensibilidad postoperatoria, además de propiciar otros beneficios, como son el sellado tubular permanente minimizando o impidiendo el acceso de productos químicos o bacterianos a la cámara pulpar.

Objetivos de la Hibridación.

- Sellado efectivo de los túbulos dentinarios a través de la formación de un composite polímero/colágeno, insoluble e impermeable a fluidos y microorganismos.
- Disminución o eliminación de la sensibilidad postoperatoria a través del bloqueo de flujo de fluidos intratubulares.
- Disminución de caries recurrentes.

Evidencias morfológicas obtenidas mediante estudios han demostrado que las bandas características de las fibras de colágeno se mantienen después del acondicionamiento ácido y de la aplicación de agentes adhesivos. Teóricamente todo el colágeno expuesto por la aplicación de un acondicionador ácido se infiltra por el adhesivo, una vez polimerizado, el adhesivo pasaría, a la fase mineral involucrando y protegiendo a las fibras colágenas de la degradación por ácidos o hidrólisis. Incluso se ha demostrado que la zona híbrida es resistente a la desmineralización por los ácidos utilizados para el preparado de especímenes para microscopía. A pesar de lo supuesto, la resina

aplicada sobre la dentina acondicionada puede no penetrar totalmente la zona acondicionada, lo que trae como consecuencia un segmento de colágeno expuesto, el cual puede sufrir degradación a lo largo del tiempo.

Kiyomura en 1987 evaluó la longevidad de la interfaz adhesiva cuando se utiliza un sistema adhesivo a base de META/MMATBB sobre dentina bovina. Los resultados demostraron una reducción gradual de la resistencia de unión con el pasar del tiempo, de 18MPa a 10MPa después de meses almacenado en agua y para 4MPa después de 5 años. Por medio de evaluación con microscopia electrónica de barrido se observó que las fallas ocurrían tanto en la parte superior como en la parte inferior de la capa híbrida donde se observó una capa amorfa la cual era creada por la impregnación insuficiente de la dentina desmineralizada dejando fibras expuestas sin recubrimiento con monómeros resinosos, con esto se provoca el colapso de la capa híbrida y el fracaso de las restauraciones.

Otro hecho importante en cuanto a la posibilidad de infiltración en presencia de la capa híbrida fue descrito por Sano en 1994 donde observó la presencia de nitrato de plata dentro de la capa híbrida, incluso en ausencia de formación de hendiduras entre la resina compuesta y la capa híbrida. A este fenómeno se le denominó nanoinfiltración. En este caso los espacios encontrados son muy pequeños de dimensiones menores a una bacteria pero el agua podía difundirse fácilmente por estos espacios propiciando una degradación de la interfaz adhesiva, ante los esfuerzos oclusales. Además estos espacios pueden estar en contacto con el medio bucal y permitir el pasaje de fluidos bucales y enzimas bacterianas ocasionando daños en la restauración y condicionando su longevidad. Ante esta situación se ha propuesto el uso de sistemas adhesivos con monómeros ácidos ya que estos actúan disolviendo de manera selectiva el smear layer, descalcificando la dentina y al mismo tiempo involucrando las fibras colágenas expuestas formando así una capa híbrida menos espesa.

Además existen factores que influyen en la adhesión dentinaria entre los que podemos destacar que:

La adhesión de los modernos adhesivos depende decisivamente de la calidad de la dentina. En los dientes de pacientes jóvenes se consiguen valores superiores que en los de pacientes mayores. La adhesión a una dentina esclerótica y cariada es peor.

La dentina esta sujeta a continuos cambios fisiológicos y patológicos que afectan su microestructura, composición y permeabilidad. La dentina afectada por caries generalmente se tornara esclerótica y casi impermeable, debido a que la dentina esclerótica se observa hipermineralizada tanto intertubular como intratubularmente, por lo tanto el ácido grabador no puede actuar adecuadamente y no modificara la permeabilidad de la dentina; debido a dicha hipermineralización la formación de tags de resina es variable, estos se verán mas cortos. Una solución ante esta situación es ampliar la cavidad extendiéndola mas allá de la dentina afectada por caries a bordes en los que haya dentina sana, relativamente permeable, de esta manera el ácido podrá actuar de la manera convencional. Otra manera podría ser con el uso de ionómero de vidrio en la cavidad el cual aumenta el potencial de adhesión químico.³

También la densidad de túbulos desempeña un papel; en la unión amelodentinaria la densidad de los túbulos es aproximadamente un 4% en volumen o 20 000 túbulos por cm^2 y en la proximidad de la pulpa es aproximadamente un 28% en volumen o 45 000 túbulos por cm^2 . Los valores de adhesión son mas elevados en las zonas alejadas de la pulpa que en la proximidad de esta debido a la presión del líquido dentinario. La dentina no se debe secar y se mantendrá húmeda durante el tratamiento. El secado tiene como consecuencia el colapso de las estructuras de colágeno. Tampoco se debe grabar durante mucho tiempo con ácido fosfórico al 30-35% como máximo durante 15 segundos; la razón no es que pueda producirse daño pulpar, si no que una superficie dentinaria demasiado grabada tiene una superficie vítrea y dificulta la formación de una capa híbrida bien adherida. (figura 16)

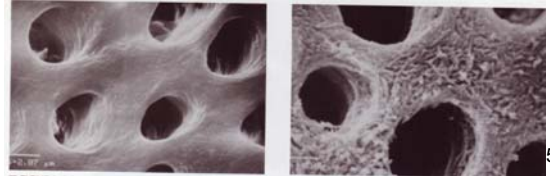


Figura 16 lado derecho dentina sobregabada, lado izquierdo dentina grabada de manera correcta, se observa claramente la disposición de las fibras de la dentina intertubular.

La sensibilidad de la red de colágeno expuesta a las condiciones del medio (secado, humedad excesiva, posibilidad de hidrólisis) han llevado a los investigadores a buscar alternativas para la técnica. Y se puede decir que hay 3 posibles caminos a seguir para conseguir una excelente adhesión a la dentina:

- 1- Acondicionamiento ácido con la retirada total del smear layer y la aplicación de una resina hidrófila con la formación de una capa híbrida.
- 2- Aplicación de primers ácidos que disolverán el smear layer y penetrarán a través de él, y formarán una capa híbrida en la superficie de la dentina (agentes autoacondicionadores)
- 3- Acondicionamiento ácido, enseguida retirar el colágeno expuesto con hipoclorito de sodio, buscando una adhesión fundamentada en principios físicos de retención micromecánica como ocurre en el esmalte.⁸

En cuanto a este último punto cabe destacar que últimamente se han hecho investigaciones acerca de los resultados que se tendrían ante la retirada completa de colágeno.

La eliminación de la capa de colágeno expuesta puede traer beneficios para la difusión de la resina debido al aumento de permeabilidad de la dentina y por la alteración en la composición de la misma, dejando la superficie similar a la observada en el esmalte acondicionado, es decir básicamente mineral, aumentando la resistencia adhesiva.

El uso de hipoclorito de sodio en concentraciones que varían del 1 al 10% después del acondicionamiento ácido de la dentina ha sido sugerido para la remoción completa del colágeno para la posterior aplicación de monómeros

resinosos hidrófilos. Los mejores resultados fueron obtenidos con la aplicación de hipoclorito en concentración del 5% durante 2 minutos o al 10% durante 1 minuto, esto para adhesivos con acetona y monómeros elastoméricos, ya que en los que contienen agua/etanol la resistencia de unión suele mantenerse o reducirse. Esto fue observado por SABOIA en el 2001.⁸

De esta manera se elimina las fibras de colágeno expuestas y por tanto no habrá ningún factor que desencadene la hidrólisis por consiguiente se logra una mayor longevidad en la adhesión de las restauraciones. Este procedimiento aun sigue siendo analizado.

4.3 Procedimiento del acondicionamiento ácido total.

El primer paso en la preparación del esmalte para la adhesión es la eliminación de la capa superficial de contaminantes, antes del grabado con ácido se debe realizar una profilaxis. El esmalte dental sin previa limpieza se contamina por remanentes de la película así como por microorganismos aun después del tratamiento ácido, por lo que es importante, también que la superficie del esmalte esta debidamente aislada. La profilaxis se lleva a cabo con pómez sin sabor, ya que las pastas dentales suelen contener glicerina la cual puede interferir con el grabado ácido, además de cuidar que no contenga fluoruro ya que este puede actuar con la hidroxiapatita dificultando el efecto del ácido.

La profilaxis bucal con un cepillo de cerdas elimina 11 μ de esmalte en un determinado lapso comparados con las 5 μ eliminadas con la copa de hule y la misma pasta de profilaxis; se ha demostrado que la eliminación de la capa externa del esmalte produce incrementos en fuerzas adhesivas, por tal razón el cepillo de cerdas parece un medio mas eficaz de descontaminación.

Posteriormente debe enjuagarse perfectamente.

Se seca con aire limpio.

Se aplica ácido fosfórico durante 15 segundos, que va a actuar directamente sobre esmalte y dentina, disuelve la capa de barrillo dentinario y abre los

túbulos hasta la profundidad de $10\mu\text{m}$. A continuación mediante un chorro de agua a presión se elimina el ácido con la capa de barrillo disuelta. Si, a pesar del dique de goma, se contaminan las paredes de la cavidad hay que tratarlas de nuevo con ácido y volver a irrigar.

Después del grabado y el lavado, se hace un secado ligero de la cavidad, una pequeña cantidad de humedad aumenta la adhesión en la mayoría de los adhesivos dentinarios. Se recomienda hacerlo con una torunda de algodón; incluso si se llegara a reseca la dentina esta indicado colocar una torunda de algodón húmeda con el fin de rehidratarla. A continuación se aplica inmediatamente el imprimador (primer), normalmente una resina hidrofílica con un solvente. El solvente de muchos adhesivos dentinarios es un alcohol volátil (etanol) o acetona (por ejemplo All Bond-2). Se introduce en la superficie dentinaria húmeda desplaza el líquido dentinario y arrastra la resina hidrófila. Se realiza un secado con chorros ligeros de aire con esto se logra la completa evaporación del agente volátil, además de aumentar la superficie de humedecimiento; si llegara a quedar acetona o etanol sin evaporar esto interfiere en la adhesión, quedando espacios muertos después de la polimerización.

Posteriormente se aplica el adhesivo, se fotocura durante 20 segundos, y por ultimo se coloca el material de restauración el cual se unirá al extremo hidrofóbico del adhesivo.

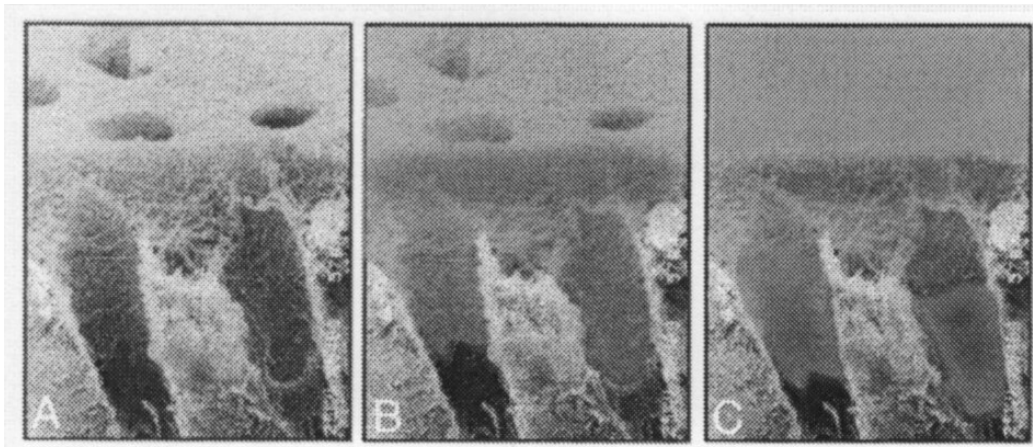


Figura 17.

A. remoción del smear layer con aumento de la permeabilidad de los túmulos dentinarios y exposición de las fibras colágenas de la dentina intertubular.

B. Infiltración del primer en los espacios entre las fibras y dentro del túbulo.

C. Aplicación del adhesivo con la formación de tags y la capa híbrida.

5. Autoacondicionamiento

Los adhesivos autoacondicionadores aparecieron a principios de los años 90. Ante la perspectiva de que en algunos sistemas adhesivos los primers mostraran un valor de pH ácido; la Sociedad Colombiana de Operatoria Dental y Biomateriales, realizo la determinación colorimétrica de pH, de diferentes sistemas adhesivos, mediante cintas fabricadas por la compañía Merk. Muchos de estos mostraron un franco pH ácido. Mediante esto se observo que dicho pH confiere al producto la característica de ser autograbador, permitiendo la limpieza, o la facilidad de penetración dentro de la capa del smear layer, y lograr así la hibridación dentinal sin la aplicación de ácido fosfórico previo.

5.1 Composición de los agentes autoacondicionadores.

Tradicionalmente los sistemas adhesivos designados para ser aplicados sobre los smear layer se han basado en tres principios.

El primero utiliza resinas polimerizables a base de monómeros de metacrilato que contiene ácidos carboxílicos, fosfóricos o sulfónicos; o sus esteres.

El segundo incorpora ácidos minerales u orgánicos a monómeros de resinas hidrofílicas no ácidas.

El tercero es una mezcla de ácidos orgánicos (ácido cítrico o maléico) y minerales (ácido fosfórico) con monómeros hidrofílicos ácidos. Esto con la finalidad de incrementar la acidez de la mezcla que provee el grabado del esmalte.

La razón por la cual los sistemas adhesivos autoacondicionadores están continuamente bajo pruebas y análisis es debido a malas experiencias que se han tenido con sistemas anteriores.

Los esteres del ácido fosfórico, como el 2-metacryloyloxiethyl fenil hidrogeno fosfato (**phenyl-p**) han sido empleados debido a su potencial de adhesión a los componentes de la dentina, sin embargo la concentración inicial de estos monómeros era de 5% y la fuerza de adhesión a la dentina era baja.

Los sistemas adhesivos basados en esteres PENTA fueron desarrollados para la adhesión sobre el smear layer de la dentina, pero debido a que estos adhesivos estaban compuestos únicamente por ácidos débiles no podían atravesar el smear layer y esto resulta en una débil adhesión y ausencia de la formación de la capa híbrida.

Monómeros polimerizables ácidos tal como phenyl-P y 10-metacryloyloxydecil dihidrogeno fosfato (MDP) han sido incrementados a una concentración de 20-30%.

De la misma manera monómeros insaturados de di- y tricarboxilato metacrilato, así como 4-acryloyloxyethyltrimellitic (4-AET) y 11-metacryloyloxy-1, ácido 1-undecanedi carboxílico (MAC-10) con concentraciones superiores al 50% han sido incorporados en las formulaciones comerciales de los primers autoacondicionantes.¹⁶

Además, la fuerza de adhesión resina-dentina depende de la fuerza de polimerización de los componentes de la resina. De esta manera la incompleta absorción y disolución del agua que contienen las resinas hidrofílicas puede traer como consecuencia el deterioro de la capa híbrida a largo plazo.

Los metacrilatos organofosfatos y carboxilatos son hidrofílicos y están sujetos a la absorción de agua y esto trae como resultado la degradación de los sistemas autoacondicionadores que los incluyen.

Si los monómeros ácidos no polimerizables de los sistemas autoacondicionantes penetran a una profundidad mayor que los monómeros hidrofílicos puede ocurrir una incompleta infiltración. Este fenómeno fué observado en versiones anteriores de este tipo de autoacondicionadores que contienen ácido maléico y HEMA, como son Scotch bond 2 (3M company) y Syntac (Vivadent).

Además el grupo HEMA es un monómero monofuncional en forma débil, y forma un polímero lineal, a diferencia de monómeros multifuncionales que son capaces de crear enlaces cruzados.

El uso de acetona en los sistemas adhesivos muestra un avance con respecto a las versiones anteriores de los agentes autoacondicionantes, ya que la acetona aumenta el potencial de desplazamiento del agua permitiendo una profunda y completa infiltración de los monómeros de resina en la superficie desmineralizada de la dentina. De la misma manera al incluir ácidos insaturados multifuncionales como monómeros a base de metacrilatos como PENTA y UDMA que forman enlaces cruzados en ausencia de agua, se obtiene un aumento en la durabilidad de la adhesión de los agentes autoacondicionadores. (un ejemplo de esto es el Non Rinse Conditioner).

Ante los hallazgos obtenidos de la escasa durabilidad de la adhesión de sistemas conformados por phenyl-P y HEMA se les incorporo a estos ácido etyldiamintetraacético EDTA.

El EDTA por su parte, es un agente que actúa por medio de quelación a un pH neutral que produce diferentes efectos en la dentina dependiendo de su concentración y el tiempo de exposición. Estudios han demostrado que este agente acondicionador remueve selectivamente la hidroxiapatita, preservando la estructura de la matriz de colágeno. La remoción parcial del smear layer, una conservación del 30% de los smear plugs y consecuentemente no producir alteraciones en la superficie de la dentina son características que han sido observadas con la aplicación de EDTA al 17% durante 60 segundos. Y estos resultados han favorecido la adhesión a la dentina.^{17,18}

Existen también sistemas autoacondicionadores que combinan el acondicionador, el primer y el adhesivo, todo en uno (all-in-one) de esta manera reducen el tiempo de aplicación sin embargo cabe resaltar que existen varios inconvenientes, entre estos podemos mencionar que estos sistemas son muy ácidos y muy hidrofílicos por lo tanto tienen una mayor profundidad de grabado y tiende a producir capas delgadas de adhesivo, a dicha profundidad

hay una rápida difusión de oxígeno lo que trae como consecuencia una escasez de polimerización después del fotocurado, así como absorción de agua y la degradación hidrolítica del producto. (un ejemplo de estos es Prompt L- Pop, One-Up Bond F)^{16,21}

5.2 Efectos sobre los tejidos dentarios

Los agentes autoacondicionadores se basan en los efectos obtenidos mediante el grabado total, con ciertas modificaciones.

A nivel del esmalte el efecto es similar, existe una desmineralización de la fase orgánica de los prismas del esmalte creando de esta manera microporos que proveen una retención mecánica para el anclaje del material adhesivo, sin embargo algunos estudios de ciertos agentes autoacondicionadores tales como Clearfil SE Bond y Non Rise Conditioner han demostrado que esta retención es menor ya que la superficie de los cristales no se observa porosa, no se suele observar un patrón de grabado definido además de la formación de una delgada capa híbrida en comparación con el grupo control que fue tratado con acondicionamiento total, en este se observa una superficie altamente porosa mostrando una completa impregnación de los cristales que incluso se extiende a una mayor profundidad del prisma. El sistema Prompt L-Pop el cual incluye todo en un solo paso, mostró resultados similares a los del grabado total.¹⁹ Sin embargo cabe destacar que la delgada capa híbrida observada en estos sistemas a nivel del esmalte no interfiere significativamente en la fuerza de adhesión ya que esta será determinada por la subsuperficie del esmalte.

La diferencia en el modo de actuar sobre los tejidos de este tipo de autoacondicionadores lo vamos a encontrar en la dentina.

Cuando la dentina es grabada con ácido fosfórico al 37%, el smear layer es completamente removido, la morfología de la dentina se ve alterada en tanto que hay una disolución de los cristales de hidroxiapatita, apertura de los

túbulos dentinarios y la exposición de la matriz de fibras de colágeno. De esta manera la interacción del agente acondicionador con la dentina se ve limitada por el efecto buffer de la fase mineral y la fase orgánica, que resulta en una discrepancia entre la profundidad de la desmineralización de la dentina y la penetración del monómero. En consecuencia los remanentes de colágeno que no se encuentran protegidos en la base de la capa híbrida permiten la nanofiltración y el fracaso de la adhesión ya que el colágeno expuesto estará sujeto a la degradación por hidrólisis a largo plazo.(figura 18) Por tal razón el objetivo de los sistemas autoacondicionadores es incorporar el smear layer dentro de la capa híbrida, además las fibras de colágeno no son totalmente desprovistas de la hidroxiapatita que las cubre por lo que hay una interacción molecular entre esta y el monómero adhesivo.²² Estos sistemas no requieren el lavado y secado de la dentina ya que el acondicionamiento ácido y la difusión del primer en el tejido dentario se dan simultáneamente.¹⁸ Esta técnica es menos sensible comparada con los sistemas que requieren el acondicionador ácido por separado. El colapso por secado con aire y la desmineralización del colágeno se puede prevenir cuando el smear layer es retenido y simultáneamente se da la desmineralización y polimerización. Los tags de resina que se logran obtener con el uso de los sistemas autograbadores son mas cortos y de menor diámetro que los obtenidos con grabado ácido previo. A pesar de esto, se consigue un buen sellado con los smear plugs intactos (figura 19). La susceptibilidad de contaminación a través del fluido dentinario es reducido. Estos probables resultados mejoran la fuerza de adhesión en la región de los cuernos pulpares comparado con los sistemas de grabado total.

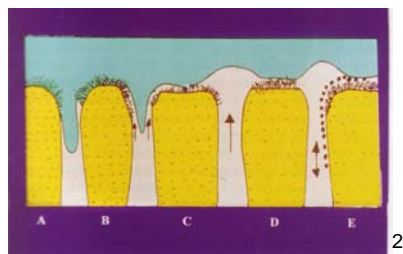


Figura 18 Variaciones en la calidad de la hibridación, de derecha a izquierda, de la hibridación correcta a la completa microfiltración.

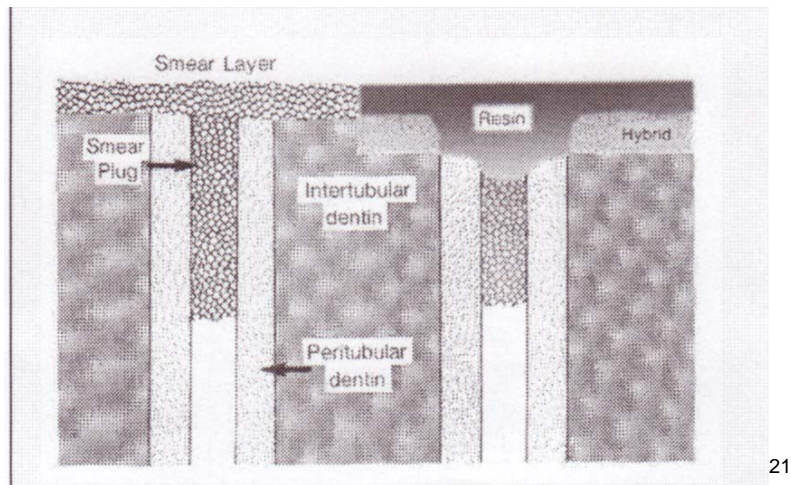


Figura 19 Del lado izquierdo se observa la adhesión de la resina conservando por debajo el smear plug intacto.

La acidez del primer puede ser amortiguada por el componente mineral del smear layer, esto reduce el potencial de desmineralización y la formación de la capa híbrida en la subsuperficie de la dentina intacta.¹⁶

De acuerdo con Van Meerbeek y otros, este mecanismo de adhesión es menos agresivo y permite un sellado eficaz de los túbulos dentinales y márgenes cavitarios durante mas tiempo, porque gracias a la interacción química entre la hidroxiapatita y el monómero mejora significativamente la resistencia al proceso de degradación hidrolítica del adhesivo y asegura una posición estable del mismo.²²

El éxito o fracaso de la incorporación del smear layer a la capa híbrida dependerá de la cantidad de smear layer formado ya que con la formación excesiva de éste puede haber una falla cohesiva debido a la incompleta infiltración de resina.

De la misma manera la calidad del smear layer interfiere en dicho propósito tanto que éste sea áspero o liso. Se han realizado estudios en los que se trata la superficie de la dentina con papel abrasivo de distintos grosores, cuando esta es preparada con papel de grano 180 el smear layer que se obtiene es áspero, similar al obtenido con las fresas dentales y en estos casos se ha observado una fuerza de adhesión de 10.0 ± 7 MPa, sin embargo cuando esta es tratada con papel del número 600 se obtiene un smear layer mas liso y la

fuerza de adhesión observada es de 28.5 ± 1.5 MPa, si clínicamente se pudiera lograr obtener un smear layer liso los resultados serian mejores, pero a pesar de esto los 10MPa son aceptables.²⁰

5.3 Procedimiento del autoacondicionamiento.

El procedimiento del autoacondicionamiento es mucho mas sencillo que el de grabado total, de echo la disminución del tiempo de trabajo es uno de sus principales objetivos.

Estos sistemas adhesivos no requieren un lavado con agua, situación que puede provocar formación de burbujas y espacios vacíos que han sido observados en los sistemas de grabado total.

En estos sistemas la superficie a grabar debe ser frotada después de la aplicación del primer durante 20 segundos, posteriormente se seca con un chorro de aire gentil para evaporar la poca cantidad de agua que contiene el producto para ionizar los monómeros ácidos y facilitar la solubilización de los iones de calcio y fosfato para grabar el smear layer y preservar la estructura dental intacta.

La superficie seca es cubierta por una capa del adhesivo hidrofóbico y esta es fotocurada. Los fotoiniciadores y aceleradores en el primer aseguran que el primer y el adhesivo se polimericen juntos formando una sola unidad.²¹

6. ESTUDIOS REALIZADOS PARA MEDIR LA FUERZA DE ADHESIÓN.

Actualmente se han realizado numerosos estudios con la finalidad de comprobar la eficacia de la fuerza de adhesión de sistemas adhesivos autograbadores en comparación con los de grabado total.

Estos estudios generalmente se llevan a cabo en dientes extraídos, libres de caries. A estos se realizan cortes sagitales en la corona de manera que queda al descubierto superficie de la dentina, dichos cortes se realizan con fresas de diamante a baja velocidad. Enseguida se realizan desgastes con papeles abrasivos de distintos grosores de grano así como fresas de diamante de distintos grosores con aparatos de alta velocidad a una carga constante y bajo irrigación con agua, esto para simular la formación del smear layer en una situación clínica.

Posteriormente a estas muestras se les aplica el sistema adhesivo que va a ser analizado, de grabado total o de autograbado, siguiendo las instrucciones del fabricante, y posteriormente se realiza la restauración del diente con incrementos del composite.

A continuación estos son almacenados por 24 horas en agua destilada a 37°C antes de la prueba de resistencia de adhesión. Situación similar al ambiente bucal.

Inmediatamente después las muestras son preparadas para la prueba de fuerza de adhesión. Para ello se realizan cortes perpendiculares a la interfase de adhesión de un grosor muy delgado (6mm aproximadamente). A dichas muestras se les aplicara una carga constante a un tiempo constante hasta obtener una fractura o falla de adhesión. Los aparatos que comúnmente son utilizados para dicho estudio son la Máquina universal de pruebas Instron²⁴, o Máquina Universal de pruebas Vitrodyne V100.²³ La fuerza de adhesión es calculada por la fuerza a la que ocurre la falla en la superficie de adhesión y se expresa en MPa, esta es medida por un micrómetro digital. Las diferencias entre los materiales y demás variables son determinadas por análisis estadísticos y de varianza como Tukey y Anova.

Inmediatamente después de la prueba de fuerza de adhesión las muestras son fijadas con formaldehído, y preparadas para ser observadas bajo microscopia electrónica para determinar en donde se dio la falla.^{18, 22, 23,24.}

En un estudio realizado en dentina bovina, fueron analizados diferentes sistemas adhesivos entre los que encontramos: 2 sistemas convencionales, Scotch bond Multipurpose Plus, Optibond FL; 4 sistemas adhesivos de un solo paso: Scotch bond 1, Asba S.A.C, Prime and Bond NT, Exite; y dos sistemas adhesivos autoacondicionadores: Clearfil Liner Bond 2V y Prompt L-Pop. Dichos sistemas adhesivos fueron aplicados siguiendo las instrucciones del fabricante, y finalmente fue aplicado el composite Z100. La fuerza de prueba fue aplicada con la Máquina Universal de Prueba Vitrodyne V-100 con una velocidad de carga de 1mm por minuto. Y finalmente los especímenes fracturados fueron observados por microscopia electrónica.

Para ambos sistemas convencionales la superficie de la dentina fue acondicionada con gel de ácido fosfórico al 37% durante 15 seg. Para los sistemas de un solo paso también se recurre al grabado ácido solo que en estos la aplicación del primer y el adhesivo se hacen simultáneamente, se dispensan en un solo frasco. Y para el caso de los sistemas autoacondicionadores este paso se suprime.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes, de mayor a menor fuerza de adhesión:

Los sistemas convencionales mostraron altos valores de fuerza de adhesión; Scotch bond Multipurpose Plus 30.3[±] 9.4 MPa, Optibond FL 22.4[±] 4.3MPa Enseguida los sistemas de un solo paso Scotch Bond 1 18.9[±]3.2 MPa, Prime and Bond NT 18.3[±] 6.9 MPa , Asba S.A.C 14.4[±] 2.9MPa y Exite 13.8[±] 3.2 MPa .

El sistema adhesivo autoacondicionador Clearfil Liner Bond 2 V mostró resultados similares a los de un solo paso 18.9[±] 3MPa mientras que el sistema Prompt L-Pop mostró una significativa diferencia 9.1[±] 3.3 MPa.²³

Las fallas adhesivas observadas por microscopia electrónica se presentaron en su mayoría entre la capa del adhesivo y la dentina 70% y en menor proporción entre la capa del adhesivo y el composite 20%.

De manera similar se llevo a cabo un estudio en dientes extraídos con la finalidad de analizar las fuerzas de adhesión de Single bond, sistema convencional con grabado ácido previo con ácido fosfórico al 37%, y dos sistemas autoacondicionadores, AdheSe y Single Bond y Propt L-Pop, la fuerza de desalojo en este caso fue aplicada con la Maquina Universal de Pruebas Instron (modelo 1137 Amco Engineering Canton Mass USA) sometidos a una velocidad de carga de 1mm por minuto.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron los siguientes:

Single Bond obtuvo valores de adhesión de 25.6 MPa con una desviación estándar de 5.7 MPa. Para el grupo AdheSe la media fue de 26.8 con una desviación estándar de 6.7MPa, no muestran diferencias significativas aun siendo con grabado total y autograbado. Sin embargo el sistema Prompt L-Pop mostró valores mucho menores con una media de 10.6MPa y una desviación estándar de 5.8 MPa.²²

Volvemos a coincidir con los valores de adhesión bajos del Prompt L-Pop el cual es un autoacondicionador todo en uno (all in one) que como se dijo anteriormente muestran ciertos limitantes en cuanto a la eficacia de la adhesión, además de que no tiene el tiempo suficiente de contacto con la superficie dentaria, echo necesario para lograr buenos resultados.¹⁶

Por otra parte, existe el reporte de un estudio en dientes humanos extraídos, pero esta vez fueron combinados sistemas autoacondicionantes con un grabado ácido previo con ácido fosfórico al 37% por 15 seg. O EDTA a una concentración de 0.5M durante 30seg. En este caso la fuerza de adhesión fue medida con la Maquina Universal de prueba MTS-810, MN, USA con una velocidad de carga de 0.5mm por minuto.

Los resultados fueron los siguientes:

Clearfil SE Bond (sistema autoacondicionador) con un acondicionamiento previo de la dentina con EDTA a 0.5M mostró valores de adhesión de 47.8 \pm 15.1 MPa. Comparado con el sistema convencional Single Bond con acondicionamiento de la dentina con ácido fosfórico al 37% que mostró valores de adhesión de 40.9 \pm 14.3MPa. Sin embargo con la combinación de Clearfil SE

Bond autoacondicionador, con Single Bond se obtuvo una diferencia significativa mostrando mejores resultados 58.5 ± 20.8 Mpa.¹⁸

CONCLUSIONES.

El concepto de adhesión ha tenido un gran avance a lo largo de los últimos años. La evolución de los sistemas adhesivos de muchos pasos a los de un solo paso cumple bien su objetivo de facilitar el trabajo al odontólogo.

Los agentes autoacondicionadores ofrecen una buena alternativa para el éxito en la unión de las restauraciones adhesivas, ya que los estudios realizados demuestran valores de adhesión similares a los obtenidos con el grabado ácido total. Incluso la teoría menciona que los autoacondicionadores por su manera de actuar, realizando el acondicionamiento y la difusión del primer en los tejidos del diente de manera simultánea disminuye riesgos de crear espacios vacíos en la interfase de unión, lo que es observado en los sistemas de acondicionamiento ácido total; sin embargo presentan notables desventajas ya que al incluir el barrillo dentinario se obtiene una capa híbrida débil ya que los tags que se logran con estos sistemas adhesivos son más cortos y de menor diámetro que con el grabado ácido convencional.

Por tal razón la técnica de grabado ácido total por medio de ácido fosfórico no ha caído en desuso e incluso se ha observado que sistemas autoacondicionadores complementados con un acondicionamiento ácido previo muestran mejores resultados en cuanto a la fuerza de adhesión.

En conclusión se necesita más evidencia clínica de la eficacia de los sistemas autoacondicionadores y por el momento el grabado total sigue siendo la mejor alternativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Anusavise Kennet J. Ciencia de los materiales dentales, de Phillips. 10ª. Edición McGraw Hill, México 1998.
2. Bottino Marco Antonio. Estética en rehabilitación oral Metal Free. Artes Médicas Latinoamericanas. 1ra edición, Brasil 2001.
3. Blunk U. Adhesives: Principles and estate of the art. In : The silent revolution in dentistry. Quintessence publishing. 2002: 29-44.
4. Buonocuore MG. "A simple method of increasing the adhesión of acrylic filling materials to enamel surfaces" J Dent Res 1955 34:849-53.
5. Marcelo C. Chain. Luiz Narciso Baratieri. Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores. Artes Médicas Latinoamérica. Brasil 2001
6. Ricardo M. Carvalho, Stefano Chersoni, Roland Frankenberger, David H. Pashley, Carlo Prati and Franklin R. Tay. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials, Volume 26, Issue 9, March 2005, Pages 1035-1042*
7. Gómez de Ferraris María Elsa, Campos Muñoz Antonio. Histología y embriología bucodental. Editorial Médica Panamericana. 2da edición España 2002.
8. Rielson José Alves Cardoso. Estética odontológica. Artes médicas latinoamericanas. Brasil 2003
9. Timberlake C. Karen. Química. Introducción a la química general, a la Orgánica y a la Bioquímica. Editorial Haper Collins Publishers Inc. México 1997.
10. www.quiminet.com.mx
11. Humberto José Guzmán Báez. Biomateriales Odontológicos de uso clínico. ECOE Ediciones 3ra edición Colombia 2003
12. D.H. Retief. Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid. J Dent Res 1973 Mar-Apr, 52 (2):333-41.
13. Stefanello Adair Luiz, González Pedro A. Odontología restauradora y estética. Editorial Amolca. Caracas Venezuela 2005.

14. Schmidseder José. Atlas de Odontología Estética. Editorial Masson. España 1999.
15. D. H. Pashley .Smear Layer: Physiological Considerations. Oper Dent suppl3 (1984) pp 13-29.
16. R. Tay Franklin, D.H. Pashley. Aggresiveness of contemporary self-etching sistems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. Dental Materials 17 (2001): 296-308.
17. K. Miyasaka, N. Nakabayashi. Combination of EDTA conditioner and phenyl-P/HEMA self- etching primer for bonding to dentin. Dental materials 15 (1999) 153-157.
18. Paula Jacques and Josimeri Hebling. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. *Dental Materials, Volume 21, Issue 2, February 2005, Pages 103-109*
19. D.H. Pashley, R. Tay Franklin. Aggresiveness of contemporary self-etching adhesives Part II: etching effects on unground enamel. Dental materials, volume 17(2001) , issue 5 Pages 430-444
20. H. Koibuchi, N. yasuda, N. Nakabayashi. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of the smear layer Dental Materials, volume 17 (2001) Issue 2: 122-126.
21. David H Pashley, DMD, PhD. Adhesive technology solutions. premier issue. The evolution of dentin bonding from no-etch to total-etch to self-etch.
22. De la Vega Barajas Lizbeth. Estudio comparativo de adhesión a dentina por medio de la resistencia al desalojo por empuje entre sistemas con o sin grabado ácido. Revista odontologica mexicana. Facultad de odontología. Volumen 11 No. 4 Diciembre 2007 pp181-184.
23. S. Bouillaguet, P. gysi, Et, al. Bond strength of composite to dentin using conventional, one step, self etch adhesive systems. Journal of dentistry 29 (2001) 55-61.
24. Sofia S. A. Oliveira, Megan K. Pugach, Joan F. Hilton, Larry G. Watanabe, Sally J. Marshall and Grayson W. Marshall. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. *Dental Materials, Volume 19, Issue 8, December 2003, Pages 758-767*