



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA**

**“OBSERVACIÓN MORFOLÓGICA, AL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE
BARRIDO, DEL EFECTO DE UN SISTEMA ADHESIVO AUTOGRABANTE Y
UN SISTEMA ADHESIVO CON GRABADO ÁCIDO SOBRE ESMALTE
SANO”**

Natalia Alejandra Marmentini Donoso

**TRABAJO DE INVESTIGACION
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL
Prof. Dr. Marcelo Bader**

**Santiago - Chile
2009**

*Este trabajo está dedicado a mi familia:
Ignacio, Catalina, Francisca y José Ignacio, que me
han acompañado a lo largo de este camino, y sin
los cuales no habría podido llegar hasta aquí.*

Agradecimientos

- ❖ A mi marido e hijos, por aguantarme todos estos años de estudio gracias a su amor incondicional.
- ❖ A mi mamá, Hania, por apoyarme y guiarme siempre, gracias a ella soy lo que soy.
- ❖ A mis suegros Mary y Ramón, por haber estado ahí siempre que los necesité.
- ❖ A mis amigos de la U: María de los Angeles, Joaquín, Fernanda y Roberto, por hacer mi paso por la universidad más alegre.
- ❖ Al Dr. Marcelo Bader por su dedicación y tiempo para desarrollar este trabajo.
- ❖ A la Tec. Médica Nancy Olea, por sus conocimientos entregados en cuanto al manejo del microscopio electrónico de barrido.
- ❖ A todos los Profesores y Funcionarios de la Facultad de Odontología por su constante entrega.

Índice

Introducción.....	1
Marco Teórico.....	5
Objetivos.....	34
Materiales y Método.....	35
Resultados.....	43
Discusión.....	52
Conclusiones.....	57
Sugerencias.....	58
Resumen.....	59
Referencias Bibliográficas.....	61

Introducción

La caries es una enfermedad infectocontagiosa que afecta los tejidos duros del diente y que se produce por la acción de los ácidos orgánicos provenientes de la fermentación microbiana de los carbohidratos de la dieta (1,2).

Cuando ya la caries se hace irreversible, el único tratamiento posible es la remoción mecánica del tejido dañado, lo que trae como consecuencia la generación de una cavidad en la estructura dentaria que debe ser restaurada.

Esta restauración puede realizarse con numerosos materiales, siendo las resinas compuestas, el material restaurador más utilizado actualmente en Chile (3).

Las resinas compuestas no se unen químicamente a los tejidos dentarios, por lo que no hay un sellado completo de la interface diente-restauración haciéndose necesaria la utilización de algún elemento que permita la adhesión entre ambas superficies (4).

Para esto se han desarrollado técnicas adhesivas que buscan acondicionar las estructuras dentarias para permitir algún grado de adhesión, dentro de los cuales se puede destacar el grabado con ácido fosfórico de la superficie dentaria. La técnica de grabado con ácido fosfórico total, tiene como objetivo crear microporosidades en la

estructura dentaria, tanto en esmalte como en dentina (3). La sustancia ácida aplicada limpia la superficie y libera la energía superficial facilitando que los microporos o surcos generados puedan ser mojados y penetrados por una resina de enlace o adhesivo, generando los llamados Tags de resina, los que quedarán retenidos físico-mecánicamente en el interior de estos microporos (5).

En la técnica de grabado ácido total se graban el esmalte y la dentina con ácido fosfórico al 37%, durante un tiempo determinado para cada tejido. En esmalte produce la desmineralización y disolución de la fase inorgánica del esmalte prismático. En dentina el grabado con ácido fosfórico remueve el barro dentinario, abre los túbulos, aumenta la permeabilidad de la dentina y produce la descalcificación de la dentina peritubular e intertubular, dejando expuesta una malla de colágeno. Luego el ácido debe ser removido, para lo cual el tiempo de lavado debe ser igual o superior al tiempo de aplicación del ácido y con fuerza para penetrar los poros y remover el ácido y las sales de calcio. Luego el esmalte se debe secar completamente, ya que la humedad impediría el contacto buscado, pero en dentina el secado no debe ser excesivo para evitar el colapso de la malla de colágeno (5,6,7,8).

Enseguida sobre esta superficie grabada se debe aplicar el adhesivo que contiene un agente imprimante, que es una sustancia hidrofílica (HEMA, BPDM y 4META) que moja e impregna la malla de colágeno evitando su colapso, y un agente

adhesivo que es una resina sin relleno que penetra entre las fibras de colágeno expuestas, trabándose mecánicamente con ellas, y que copolimeriza con la resina compuesta actuando como enlace (6).

Entre los diversos tipos de sistemas adhesivos están los denominados de quinta generación, que combinan el agente imprimante y el adhesivo de resina en una botella, que corresponden a sistemas adhesivos con grabado ácido total. Luego del grabado con ácido fosfórico se aplica el adhesivo en una o dos capas, se polimeriza y se procede a realizar la restauración de resina compuesta (9,10).

Aunque la adhesión alcanzada por esta técnica es suficientemente eficaz en términos de resistencia adhesiva como para asegurar por completo el sellado marginal de la restauración (7), se pueden presentar algunos problemas por la sensibilidad y complejidad de la técnica como por ejemplo: sensibilidad post-operatoria por el aumento de la permeabilidad de los túbulos al remover el barro dentinario (9,10). Además requiere mayor tiempo operatorio al incluir más pasos para su aplicación.

Es así como aparecen los sistemas adhesivos autograbantes, que no requieren un grabado con ácido fosfórico previo a su aplicación (9). Estos adhesivos tienen monómeros hidrofílicos ácidos que serían capaces de desmineralizar el componente inorgánico del esmalte y la dentina, y penetrar esta superficie (12,13). Estos adhesivos

tienen como ventajas que su técnica de aplicación es menos sensible y más fácil, además no remueven completamente el barro dentinario por lo que producirían menor sensibilidad post-operatoria, y no habría una discrepancia entre la profundidad de desmineralización y penetración de la resina, ya que estos procesos ocurren simultáneamente (14). Una desventaja de los sistemas adhesivos autograbantes sería que no graban el esmalte con la misma efectividad que lo hace el ácido fosfórico (13,14,15,16).

Dado que la adhesión al esmalte se basa principalmente en la retención micromecánica de la resina a través de la formación de microporosidades, parece lógico que la extensión y la profundidad del patrón de grabado tendrían influencia en el comportamiento del adhesivo. Si el adhesivo no es capaz de lograr una unión íntima entre la estructura dentaria y la resina compuesta, se produciría una filtración marginal de la restauración favoreciendo la aparición de caries secundaria que finalmente provocaría la pérdida de la restauración y el fracaso de la técnica adhesiva (17).

Es por esto que en el presente estudio se pretende observar, a través del microscopio electrónico de barrido, el efecto que producen los sistemas adhesivos autograbantes y la técnica de grabado con ácido fosfórico sobre el esmalte.

Marco Teórico

La caries se define como una enfermedad infectocontagiosa, multifactorial de tipo crónica que afecta a los tejidos duros del diente, producida por acción de los ácidos orgánicos provenientes de la fermentación, por parte de microorganismos, de los hidratos de carbono, consumidos en la dieta (18). Su incidencia en la población mundial es de aproximadamente un 94% y en Chile de un 98%, por lo cual constituye uno de los mayores problemas de salud pública en el mundo (1).

Cuando el proceso carioso provoca un daño irreversible en las piezas dentarias afectadas, el tratamiento debe ser la eliminación mecánica de los tejidos dañados, producto de lo cual queda como secuela una cavidad, la cual debe ser restaurada, con el objetivo de devolver la anatomía perdida, la función y la estética de dicha pieza (2).

La odontología restauradora es la encargada de la recomposición de los dientes afectados por caries, sustituyendo la estructura dental enferma o perdida, por materiales que permitan restablecer la morfología, función y la estética de los dientes (7).

Dentro de los objetivos que se buscan al rehabilitar una pieza dentaria, se pueden mencionar:

1. Devolver la forma anatómica de la pieza dentaria destruida.
2. Devolver la armonía óptica de la pieza dentaria.
3. Lograr la integridad marginal entre la restauración y la estructura dentaria, que permita evitar la microfiltración y posterior recidiva de la enfermedad.
4. Devolver y mantener la salud del complejo pulpo-dentinario y de la estructura ósea peridentaria, para dar un buen sustento al tratamiento rehabilitador.
5. Mantener el equilibrio del ecosistema bucal (19).

Luego de eliminar una lesión cariosa, para restaurar el tejido perdido el odontólogo cuenta con múltiples materiales de restauración. Se debe elegir el material más adecuado a la situación que se presente y para ello se debe tener en consideración algunos aspectos con relación a las propiedades de los materiales. Ante todo se opta por biomateriales capaces de adherirse permanentemente a la estructura dentaria, que puedan ser aplicados directamente en una preparación cavitaria con la plasticidad adecuada y que tengan el aspecto de los tejidos dentales naturales.

Para lograr que una restauración cumpla con los parámetros estéticos y funcionales, es que se desarrollaron las resinas compuestas.

Resinas Compuestas

En la actualidad el material de restauración más utilizado en Chile es la Resina Compuesta, esto se debe principalmente a sus cualidades estéticas y su cómoda manipulación sobre las preparaciones cavitarias (2). Las resinas compuestas están constituidas principalmente por una matriz o fase orgánica, el material de relleno o fase inorgánica y un agente de unión entre ellos, incorporando además un sistema que induce la polimerización (2,3).

- **MATRIZ ORGÁNICA:** las matrices orgánicas más utilizadas son el dimetracrilato BIS-GMA y el dimetracrilato de uretano UDMA. Ya que estos monómeros son altamente viscosos para su manipulación, es que se le agregan monómeros de bajo peso molecular en base a dimetracrilatos como TEGDMA, EDGMA, BIS EMA 10 Y BIS EMA 6, para controlar su consistencia y hacerlos menos viscosos. Esta fase orgánica es la que permite el endurecimiento en estos materiales, siendo la responsable del fenómeno de contracción anexo a la polimerización (2, 7,20).
- **RELLENO INORGÁNICO:** como relleno se utilizan partículas de cuarzo, sílice, silicato de litio-aluminio y cristales de bario, boro, estroncio, zinc o yterbio.

Estas partículas tienen como fin mejorar las propiedades mecánicas de la matriz orgánica y disminuir la contracción de polimerización, contrarrestar el coeficiente de dilatación térmica, disminuir la absorción de agua y aumentar su dureza. Además puede otorgarle la radiopacidad al composite dependiendo del tipo de partícula utilizada por el fabricante (2,20).

- **AGENTE DE ACOPLAMIENTO O DE UNIÓN:** para unir la fase orgánica con la inorgánica se trata químicamente la superficie de los rellenos. El tratamiento más común se basa en emplear un compuesto silícico orgánico (silano), el cual posee grupos (generalmente etoxi) que reaccionan con el relleno inorgánico y grupos vinilo que reaccionan con la matriz orgánica. Actualmente se usa el gama-metacriloxipropiltrimetoxi-silano, que proporciona una resina compuesta más resistente e inalterable por el agua (2).

Las resinas compuestas endurecen mediante un proceso de polimerización, donde los monómeros son transformados a polímeros. Este proceso se realiza gracias a la acción de un iniciador químico, que necesita de la acción de un activador para generar radicales libres de alta energía, capaces de descomponer los dobles enlaces que poseen los monómeros, desencadenando la unión entre ellos. Actualmente este activador es de tipo físico como lo es la luz visible (3,21).

Este proceso de polimerización, lleva anexo dos fenómenos de importancia, como son la generación de calor y la contracción de polimerización. El primero no afecta mayoritariamente a la pieza dentaria, por tratarse de pequeñas cantidades de material, lo que hace que la exotermia sea de muy poca magnitud y además porque la pulpodentina debiera estar debidamente protegida (2,3).

La contracción de polimerización puede producir consecuencias inmediatas para la pieza dentaria y la restauración, ya que este fenómeno puede generar tensiones que pueden llegar a superar la fuerza de adhesión de los composites a la estructura dental, lo que llevará a la formación de una brecha diente-restauración con la consiguiente microfiltración. Esto implica el paso de fluidos, bacterias o moléculas, entre la pared cavitaria y el material restaurador, que puede causar hipersensibilidad, caries recidivante y patología pulpar, contribuyendo al fracaso de la restauración (2,6,20).

Para contrarrestar este fenómeno de contracción, es que se han creado por una parte la técnica de grabado con ácido fosfórico, y por otra los adhesivos que permiten la unión de este material a la pieza dentaria. Con el desarrollo del grabado con ácido fosfórico y de estos materiales se ha dado origen a la odontología adhesiva, la cual sigue los principios generales de la adhesión.

Adhesión a Esmalte

El esmalte está constituido un 96% por sales inorgánicas, 2% sustancia orgánica y 2% de agua. La fracción inorgánica está representada en su mayor parte por cristales de hidroxiapatita, $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$. El resto del contenido inorgánico está constituido por elementos traza tales como carbonatos, citratos, sodio, magnesio, hierro, etc. (24).

Dichos cristales son de naturaleza iónica, ya que la hidroxiapatita está compuesta de iones fosfato y calcio junto con grupos hidroxilos. Estas uniones iónicas denotan un sólido con alta energía superficial, lo que es considerado una situación favorable, ya que esto facilita la atracción de un líquido como el adhesivo de las resinas compuestas (7).

Sin embargo, esta elevada energía superficial, se manifiesta sólo si el esmalte se encuentra perfectamente limpio, lo cual no ocurre ya que éste en boca se encuentra contaminado con iones incorporados del medio bucal, y además está recubierto con una capa orgánica que rápidamente se deposita sobre el esmalte expuesto. Todo ello interfiere con la manifestación de la alta energía superficial que posee este tejido, por lo tanto, no es posible colocar un adhesivo de resina directamente sobre esta superficie y lograr un contacto íntimo entre ambos. El esmalte debe ser tratado con alguna

técnica que permita limpiar su superficie y prepararlo para recibir una resina compuesta cuando éste sea el material restaurador seleccionado (7).

La limpieza de la superficie del esmalte, inicialmente involucra la remoción mecánica de la capa orgánica depositada sobre la superficie, y posteriormente una limpieza de tipo química para eliminar la capa de esmalte contaminada. Es posible realizar la limpieza química con una solución ácida, ya que el esmalte es básicamente un cristal iónico de fosfato de calcio. Los iones hidrógenos que contiene la solución ácida, son capaces de disolver la hidroxiapatita de la superficie adamantina y dejar expuesto un esmalte limpio y con la energía superficial lo suficientemente alta como para atraer a la resina compuesta (7). Por otro lado, este tratamiento puede intentar sacar parte de la estructura adamantina y así crear microporosidades para aumentar las posibilidades de adhesión micromecánica. En consecuencia, el tratamiento con ácidos facilita la posibilidad de obtener adhesión micromecánica (7).

En los primeros ensayos realizados por Buonocore (25), en 1955, él propuso el uso de ácido sobre la superficie dentaria antes de la aplicación de una resina acrílica, para hacerla más receptiva a la adhesión (6). Tras diversos estudios, logró desarrollar una técnica en que al esmalte dentario se le aplicaba un ácido fosfórico al 85% durante 30 segundos, el cual producía una disolución irregular de su superficie, siguiendo las zonas de menor mineralización de los prismas del esmalte, la que después se lavaba y

secaba dejando un área microporosa que permitía una fuerte adhesión micromecánica de la resina acrílica al diente. Esta es conocida actualmente como la “Técnica de Grabado Ácido del Esmalte”, la cual además de dar una buena unión microscópica, permite disminuir la cantidad de tejido sano a remover en comparación con la confección de cavidades macroscópicamente retentivas (3,6,8).

El ácido utilizado actualmente es el ácido ortofosfórico (H_3PO_4) el cual es muy compatible con la composición del esmalte que es $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, a diferencia con otros ácidos que son muy reactivos (ej. ácido sulfúrico o clorhídrico), o poco reactivos (ej. ácido cítrico o láctico) (8). El ácido ortofosfórico al accionar sobre la hidroxiapatita, lo hace extrayendo calcio, que pasa a formar parte de la solución (7) y luego es arrastrado con el lavado de la superficie que busca eliminar esta solución.

La concentración de 37.5% es la más utilizada en la actualidad, ya que se ha visto que concentraciones mayores producen un patrón de grabado deficiente, así como una menor profundidad de grabado, y concentraciones menores del ácido, aumentan la velocidad de formación de éstos (efecto inverso) (6, 8).

Respecto al tiempo de aplicación del ácido, no debe ser muy largo, ya que la reacción es autolimitante y se produce una precipitación de fosfato de calcio sobre el esmalte, obliterando los poros, con lo que disminuye la capacidad de unión. Además,

poder retirar esta capa de sales precipitadas es muy difícil, creándose problemas para la adhesión del material restaurador (8). En la actualidad 15 a 30 segundos es un lapso considerado clínicamente apropiado (7).

El lavado del ácido que actuó debe ser por un tiempo adecuado, por lo menos igual o bien superior al de su aplicación y con una fuerza alta para poder penetrar en los microporos para remover el ácido y las sales de calcio disueltas en el líquido, ya que más que por remoción directa, se eliminan por una dilución del ácido presente en el fondo de las grietas en que está atrapado (8). La presencia de restos de ácido y de sales de fosfato contaminarán la superficie y fracasará la adhesión entre la resina compuesta y el esmalte. Una vez lavada la superficie, es necesario realizar un completo secado de ésta, ya que un mínimo de espesor de moléculas de agua impedirá el contacto real buscado (7).

Con la técnica de grabado con ácido fosfórico se logra obtener un esmalte con una superficie limpia, sin contaminantes, llena de microporos o grietas de una profundidad aproximada de 10 a 70 micrones, de un aspecto opaco, con lo cual se permite (8):

1. Aumentar la superficie total de esmalte capaz de adherirse, ya que las grietas y surcos aumentan la cantidad de esmalte expuesto.

2. Liberar toda la potencialidad de la energía superficial del esmalte, al quedar limpio de todo contaminante sólido, líquido o gaseoso.
3. La formación de microcavidades retentivas en la superficie del esmalte (fig. N°1).

Figura N° 1: Patrón de grabado con ácido fosfórico del esmalte Tipo I



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Patrón de grabado de esmalte Tipo I. Las flechas indican el centro del prisma que fue desmineralizado (45).

Este grabado con ácido fosfórico del esmalte está fundamentado principalmente en la diferencia de solubilidad que presentan las distintas partes de los cristales de hidroxiapatita que conforman los prismas del esmalte, los cuales tienen una apariencia de varillas de sección más o menos hexagonal, que se extienden desde el límite amelodentinario hasta la superficie externa. Estas varillas están unidas lateralmente e

íntimamente entre sí y su aspecto global en la superficie es similar a un panal de abejas (8,24).

Ahora bien, la solubilidad del cristal es diferente, dependiendo si se trata de la superficie del centro o de la periferia del mismo, esto determina que al aplicar un ácido sobre el esmalte la disolución también sea diferente, con lo que se puede lograr distintos patrones de grabado, a saber (6,8,24):

- **Tipo I:** En el cual se disuelve más el centro de cada prisma, quedando el aspecto de empalizadas unidas con depresiones o “poros” entre ellas, quedando la periferia casi intacta (6,8,24).
- **Tipo II:** En el cual se disuelve más la periferia que el centro del cristal, con lo que quedan pequeñas “islas” de esmalte rodeadas de surcos y grietas entre ellas, donde el núcleo del prisma permanece intacto (6,8,24).
- **Tipo III:** Que está dado por una mezcla de los dos patrones anteriores, es decir, no presenta evidencias de ninguna estructura prismática (6,8,24).

Aunque el patrón de grabado comúnmente observado corresponde al Tipo I, los resultados de investigaciones anteriores, sugieren que no existe un patrón de grabado específico, producido por la acción de ácido sobre el esmalte (22).

Dentro de las ventajas del grabado con ácido fosfórico sobre el esmalte, se encuentran que aumenta la fuerza de adhesión, disminuye la microfiltración alrededor de la restauración y refuerza la estructura dentaria remanente, que ha sido debilitada por la eliminación de la caries y la conformación de la cavidad para recibir una restauración de resina compuesta. Todos estos beneficios se ven aumentados al usar aislación con goma dique al momento de realizar el procedimiento, para evitar que la superficie de esmalte se contamine o se humedezca (6).

Sobre esta superficie del esmalte grabado se aplica una resina fluida, de similar composición al material restaurador pero que no posee relleno, el cual gracias a su baja tensión superficial, pequeño ángulo de contacto, capacidad humectante y capilaridad (23) penetra en las grietas, y una vez llenas éstas, polimeriza dando una trabazón mecánica muy resistente, obtenida por un efecto geométrico (forma microrretentiva) y reológico. Así se forman los tags de resina. Estos tags penetran entre 10 a 20 μm dentro de las porosidades del esmalte (43).

Se han descrito dos tipos de tags, los macrotags que se forman alrededor de los prismas del esmalte, abrazándolos; y los microtags, que se forman en el centro de los prismas. Los microtags son los que probablemente más contribuyen a la retención, por su cantidad y porque aumenta la superficie de contacto (42).

Sobre esta capa de resina adhesiva se aplica la resina compuesta propiamente tal, la cual se une a ella por enlaces químicos primarios (resina sobre resina) (8).

La adhesión alcanzada es suficientemente eficaz en términos de resistencia adhesiva como para asegurar por completo el sellado marginal de la restauración y la integración material-pieza dentaria que se desea lograr (7). La fuerza de adhesión del esmalte grabado oscila entre los 15 y 25 MPa, dependiendo de la resina y del método de medida usado (43).

Adhesión a Dentina

Debido a que la composición del esmalte y la dentina son diferentes, es también distinta la manera que tienen ambos tejidos de interactuar con los sistemas adhesivos. La adhesión en dentina ha sido difícil de desarrollar principalmente por su compleja estructura y su composición variable (6).

La dentina corresponde al tejido mineralizado más abundante de la pieza dentaria (24). Está constituida aproximadamente por 70% de materia inorgánica, 18 % de materia orgánica y 12% de agua. Esta composición varía con la edad debido a que la mineralización continúa aún después que el diente está totalmente formado. Debido a su mayor contenido de materia orgánica el proceso carioso avanza en forma más rápida en dentina que en esmalte (24).

Las entidades estructurales básicas de la dentina son las prolongaciones odontoblásticas, los túbulos dentinarios y la matriz dentinaria calcificada (24).

La dentina está íntimamente conectada con la pulpa a través de numerosos túbulos dentinarios, que atraviesan la dentina hasta llegar a la pulpa, partiendo desde la unión amelo-dentinaria (6,24).

Los túbulos dentinarios, son canalículos que alojan en su interior a las prolongaciones odontoblásticas. Presentan un trayecto sinuoso en forma de "S" con excepción de la zona de raíz y de las cúspides (o borde incisal) donde son más rectos. Los túbulos dentinarios cerca de la pulpa no sólo son de mayor diámetro, sino que también más numerosos. La cantidad de túbulos es mayor en la corona que en la raíz (6,22,24).

Las prolongaciones odontoblásticas, son las extensiones citoplasmáticas de los odontoblastos localizados en la zona externa de la pulpa. De cada una de estas células especializadas emerge un proceso que se va adelgazando progresivamente hacia el límite externo de la dentina (ya sea el esmalte o el cemento), dividiéndose en varias ramas terminales (24).

Entre la pared del túbulo y la prolongación odontoblástica se encuentra el llamado, espacio periodontoblástico, donde se encuentra la linfa dentinaria, que es un

transudado de los capilares terminales de la pulpa. Este fluido dentinario tendría importancia en los intercambios tisulares y en la transmisión del dolor (6,24).

Cada túbulo dentinario está rodeado por un collar de dentina hipermineralizada, llamada *dentina peritubular* de alto contenido mineral y escasas fibras colágenas, que forma la pared de los túbulos dentinarios (6,24).

La dentina entre los túbulos dentinarios, o *dentina intertubular*, que llena los espacios entre las áreas peritubulares, forma la mayor parte de la dentina y está altamente mineralizada, aunque en menor grado que la dentina peritubular. Las fibrillas colágenas se disponen en forma de una red alrededor de los túbulos dentinarios (6,24).

Además de la compleja histología existe otra dificultad para lograr una correcta adhesión en dentina, como lo es la formación del barro dentinario.

El *barro dentinario*, se produce durante la preparación cavitaria, y está formado por una mezcla de fibras de colágeno, cristales de hidroxiapatita dañados y bacterias, además de detritus orgánico e inorgánico. Tiene un grosor que va desde los 0.5 a 5 micrones aproximadamente, variando éste y su apariencia dependiendo del tipo de sustrato y el instrumental de corte utilizado. El barro dentinario ocluye los túbulos dentinarios actuando como una “barrera de difusión” (6,26,27).

El barro dentinario, al actuar como una barrera de difusión, disminuye la permeabilidad dentinaria protegiendo la pulpa, reduciendo la sensibilidad postoperatoria, lo que en un principio fue considerado como una ventaja, pero a la vez puede ser considerado como un impedimento en la adhesión, ya que podría evitar la infiltración de monómeros hacia la dentina, por lo que debe ser removido (6,26).

El mecanismo de acción de los sistemas adhesivos en dentina requiere de un acondicionamiento previo, y luego la aplicación del agente imprimante y el adhesivo.

El acondicionamiento o grabado con ácido fosfórico de la dentina, remueve el barro dentinario, abre los túbulos, aumenta la permeabilidad de la dentina y produce la descalcificación de la dentina peritubular e intertubular. Remueve los cristales de hidroxiapatita dejando una malla de colágeno que podría colapsar por pérdida de soporte inorgánico (6, 10).

Posteriormente se debe lavar la superficie grabada, para así eliminar restos de ácido y de hidroxiapatita, manteniendo la humedad de la dentina, que es la principal responsable de la integridad de la malla de colágeno, impidiendo su colapso. Si la superficie dentinaria es reseca, el agua que soporta la malla de colágeno, se evapora causando su colapso. Con esto se reduce el espacio entre las fibras de colágeno y

disminuye la posibilidad de que un adhesivo de resina se infiltre dentro de esta malla (33).

Una vez que se ha grabado la superficie dentinaria se debe aplicar un adhesivo de resina. El agente adhesivo es polimerizado, para formar una capa interdigitada de fibras de colágeno y resina llamada "*capa híbrida*".

La capa de adhesivo formada debe saturar la red de fibras colágenas y establecer un espesor que sea capaz de absorber tensiones y proteger la unión adhesiva de la separación provocada por la contracción de polimerización del composite restaurador (6, 9, 10, 26).

Estudios realizados en dientes extraídos que fueron observados al Microscopio Electrónico de Barrido, revelaron que los adhesivos de resina forman los llamados "*tags*" de resina. Que corresponde a la resina adhesiva que penetró dentro del túbulo dentinario y fue polimerizada dentro de éste (6, 26).

Morfológicamente la capa híbrida se divide en tres zonas (22):

1. **Cuerpo principal:** es el área más extensa y superficial de la capa híbrida, la cual está limitada periféricamente por el tejido dental (esmalte, dentina, cemento).

2. Zona tubular o de penetración transdentinal: Es el tag de resina compuesta, éste puede llegar a medir aproximadamente entre 3 a 11 micrones. Es la encargada de sellar los túbulos dentinarios e impedir la posterior contaminación de la superficie dentinaria.

3. Zona tubular-lateral o de penetración intradentinal: Se refiere a los microtags de composite que se forman lateralmente a los tags principales, son pequeñas ramificaciones de las interdigitaciones de resina compuesta de mayor diámetro.

En la actualidad existen numerosos productos propuestos como adhesivos dentinarios, los cuales pueden remover, modificar o impregnar el barro dentinario (22).

Adhesivos Dentinarios

Para que las resinas compuestas se adhieran de manera eficaz y duradera a la estructura dental es fundamental el previo empleo de una resina de baja viscosidad o adhesivo, que sea capaz de penetrar en lo íntimo de la dentina y ahí polimerizarse. Estos son los llamados adhesivos dentinarios, que buscan un mejor sellado marginal, así como también la disminución de la sensibilidad post-operatoria y las microfiltraciones. El éxito de la restauración se basa principalmente en el grado de adhesión que logra este material en la estructura dentinaria (8).

Clasificación Clásica o según orden de Aparición

1ª Generación

Fueron los primeros en aparecer y se decía que obtenían uniones químicas con la dentina no tratada. No modificaban la capa de barro dentinario y utilizaban resinas hidrofóbicas. Buonocore, al principio de la década de los sesenta, propone el uso de un comonomero, que teóricamente podía unirse al calcio de la dentina. Sin embargo, al contacto con el agua esta adhesión disminuía considerablemente, demostrando resultados clínicos muy pobres (6,10,26).

2ª generación

Una segunda generación de adhesivos fueron desarrollados para el uso clínico a principios de la década de los ochenta. La mayoría de estos materiales eran ésteres halofosfóricos de resinas sin relleno, tales como el bisfenol A-glicidyldimetacrilato (BISGMA) o el hidroxietildimetacrilato (HEMA). Su mecanismo de unión a la dentina se basaba en la unión del calcio, presente en el barro dentinario, por grupos fosfatos del adhesivo. Por lo tanto, estos adhesivos modificaban el barro dentinario y las resinas que utilizaban eran hidrofóbicas e hidrofílicas. Sin embargo, este sistema adhesivo presentaba una fuerza de adhesión bastante débil, que no contrarrestaba la fuerza

producida por la contracción de polimerización, produciéndose la filtración marginal de las restauraciones (9,10,26).

3ª generación

Una tercera generación de adhesivos fueron introducidos en Estados Unidos al final de la década de los ochenta. Este nuevo sistema adhesivo, se basaba principalmente en la remoción parcial o modificación del barro dentinario, que permitía la penetración de la resina adhesiva a la dentina subyacente. Clínicamente estos adhesivos mejoraron la retención y la integridad marginal, en comparación con los anteriores. Sus resultados clínicos aún no fueron los óptimos, pero en comparación con sus predecesores, estos últimos disminuyeron la filtración marginal, pero no la eliminaron (9, 10).

4ª Generación

Este sistema adhesivo aparece a principios de la década de los noventa, son llamados adhesivos de tres-pasos o también sistemas adhesivos con grabado ácido total. Su mecanismo de acción consta de tres pasos, acondicionamiento, aplicación de un agente imprimante y por último el adhesivo. El acondicionamiento de la dentina se basa en la técnica de grabado ácido total propuesta por Fusayama et al, en el año 1979, que consiste en el grabado con ácido fosfórico simultáneo de la dentina y el esmalte, desmineralizando el componente inorgánico, exponiendo las fibras de colágeno. La

mallá de colágeno desmineralizada será tratada con un agente imprimante, que contiene un solvente (acetona, etanol y/o agua) y uno o más monómeros de resina bifuncional. Las resinas del agente imprimante tales como el HEMA, contienen 2 grupos funcionales, uno hidrofílico y uno hidrofóbico. El grupo hidrofílico tiene afinidad por la superficie dentinaria, y el hidrofóbico (metacrilato) tiene afinidad por la resina de restauración (9). Posteriormente se aplica el adhesivo, que es una resina sin relleno, que actúa como intermediario entre el agente imprimante y el material restaurador, formando la denominada *capa híbrida*, descrita por Nakabayashi et al, la cual es el mecanismo principal de unión de los sistemas adhesivos actuales. Finalizada la aplicación del adhesivo, éste es polimerizado, para terminar con la colocación de la resina compuesta restauradora (6, 9, 10,26).

5ª Generación

Esta nueva generación fue desarrollada para simplificar los tres pasos del sistema adhesivo anterior. El método más común de simplificación es la combinación del agente imprimante y el adhesivo de resina en una botella, por esto fueron llamados adhesivos de monobotella, que también corresponden a sistemas adhesivos con grabado ácido total. Contienen mezclas de resinas hidrofílicas e hidrofóbicas que se encuentran en un solvente que puede ser acetona, etanol o agua (9).

Se basa en el mismo procedimiento que la generación anterior, ahorrándose un paso. Se realiza el grabado con ácido fosfórico de esmalte y dentina, y luego la aplicación del adhesivo que en su interior contiene el agente imprimante. Finalmente se polimeriza y se procede a realizar la restauración de resina compuesta. Este sistema adhesivo al igual que el anterior ha demostrado un buen comportamiento en cuanto a fuerza adhesiva y sellado marginal. Al igual que en los sistemas adhesivos de cuarta generación, se reportaron reacciones de sensibilidad postoperatoria, asociadas al grabado ácido, que remueve el barro dentinario y aumenta la permeabilidad de los túbulos. Muchos de estos adhesivos se encuentran actualmente disponibles, entre los cuales se pueden mencionar a Prime & Bond NT (Dentsply Caulk), Single Bond (3M), Optibond Solo (Kerr) y One-Step (Bisco) (9, 10).

6ª Generación

En la actualidad el desarrollo de los adhesivos dentinarios está orientado a simplificar los pasos operatorios, disminuyendo etapas en la técnica, y a solucionar problemas como la sensibilidad post-operatoria de los sistemas adhesivos con grabado ácido total (cuarta y quinta generación de adhesivos dentinarios). Es así como han aparecido los sistemas autograbantes, que no requieren un grabado con ácido fosfórico en forma previa a su aplicación (9,28). Estos sistemas de autograbado son de dos tipos:

1. *Primers autograbantes* (two-step o dos pasos), que consisten en dos botellas. La primera combina el grabado ácido y la aplicación del agente imprimante y la segunda contiene el adhesivo de resina. Este material puede grabar e *imprimir* (acción del agente imprimante) el esmalte y la dentina simultáneamente, es decir, desmineraliza el componente inorgánico de la dentina infiltrando con el agente imprimante las fibras de colágeno expuestas, y con un segundo paso operatorio que es la aplicación del adhesivo. En esta categoría se encuentra Clearfil SE Bond de Kuraray y One Coat SE Bond de Coltène/Whaledent® (9, 12, 14).
2. *Adhesivos autograbantes* al igual que los primers autograbantes corresponden a dos botellas, la primera que contiene el ácido y el agente imprimante y la segunda que contiene el adhesivo. La diferencia radica en que en los adhesivos autograbantes se mezclan ambos componentes, para ser aplicados en un sólo paso clínico, a diferencia de los primers autograbantes en que ambos componentes deben ser aplicados por separado, en dos pasos operatorios. En teoría los adhesivos autograbantes, desmineralizan el componente inorgánico de la dentina y del esmalte, promoviendo la difusión de monómeros de resina adhesiva dentro de la malla de colágeno desmineralizada. En esta categoría encontramos Adper Prompt L-Pop y Adper Prompt, ambos de 3M ESPE (12, 14).

Pese a que sus características clínicas no están claramente probadas, estos adhesivos han ganado gran popularidad debido a la simplicidad de uso y a la baja incidencia de sensibilidad postoperatoria (9, 29, 30).

7ª Generación

La 7ª generación simplifica la multitud de materiales de la 6ª generación reduciéndolos a un sistema de un solo frasco. En este caso se encuentra el ácido grabante, el agente imprimante y el adhesivo en una sola botella. Ejemplo: iBond GI de Heraeus Kulzer (30).

Mecanismo de adhesión de los Sistemas Adhesivos Autograbantes

Están compuestos de una mezcla acuosa de monómeros ácidos funcionales, generalmente ésteres de ácido fosfórico, con un pH relativamente mayor que los geles de ácido fosfórico que se utilizan para el grabado ácido total. En teoría este nuevo sistema adhesivo puede grabar, *imprimir* el esmalte y la dentina simultáneamente, y promover la difusión de monómeros dentro de la superficie desmineralizada. Su uso clínico se basa en la aplicación de una capa de adhesivo que luego debe ser adelgazada con un chorro de aire y finalmente polimerizada. Este nuevo sistema adhesivo se presenta con una técnica menos sensible y simplificada, ya que consta de sólo un paso clínico, lo que disminuye la posibilidad de errores durante su aplicación. El mecanismo

de adhesión que poseen estos materiales se basa en la formación de la capa híbrida y los tags de resina al igual como lo hacen los adhesivos con grabado ácido total (12, 32).

Su mecanismo de acción no está completamente estudiado ni esclarecido, pero se ha sugerido que la porción ácida de la molécula y el terminal fosfórico desmineralizarían la hidroxiapatita, mientras que el componente metacrilato permanece disponible para la copolimerización con el agente adhesivo y la resina compuesta (45).

Los adhesivos autograbantes se diferencian de los adhesivos que utilizan grabado con ácido fosfórico, en que no requieren de un paso separado de acondicionamiento o grabado con ácido fosfórico, lo que eliminaría un paso crítico, que es el lavado y posterior secado del esmalte, luego de realizado el acondicionamiento. Los monómeros ácidos que producen la desmineralización de la superficie dentaria no necesitan ser lavados para eliminarlos, sino que son polimerizados dentro de la matriz formada en el esmalte (32). Estas propiedades de los monómeros evitan la aparición de espacios vacíos que quedan al aplicar sucesivas capas de productos, con etapas intermedias de lavado y/o secado del esmalte. Lo que se pretende es lograr una capa uniforme, mejorando teóricamente, la calidad de la unión resina-esmalte/dentina (45).

En los adhesivos autograbantes la adhesión en dentina se produce a expensas del barro dentinario, el cual no es removido, y es usado como parte del sustrato de adhesión al participar en la formación de la capa híbrida y la creación de los tags de resina compuesta. La mantención del barro dentinario se asocia a una menor sensibilidad postoperatoria y a una disminución de la posibilidad que el adhesivo sea contaminado con agua proveniente de la dentina, lo que sí puede ocurrir en los adhesivos con grabado ácido total o convencionales, donde el barro dentinario es removido, afectando los valores de adhesión (31, 32).

Otra diferencia significativa entre los autograbantes y los adhesivos convencionales es la discrepancia entre profundidad de desmineralización y penetración del adhesivo, que no ocurre en los autograbantes ya que ambos procesos se realizan en el mismo tiempo clínico, lo que estaría relacionado con la disminución en la nanofiltración (14, 32).

Los adhesivos autograbantes se presentan, en teoría, con numerosas ventajas, en comparación con los adhesivos de quinta generación, que utilizan el grabado con ácido fosfórico. Sin embargo, debido a los resultados contradictorios que presentan las distintas investigaciones al respecto entre sí, es necesario realizar un estudio sobre cuáles son sus reales efectos sobre la superficie dentaria en comparación con sus predecesores.

Por ello, este estudio pretende analizar comparativamente un adhesivo autograbante, Adper Easy Bond (3M ESPE), con un adhesivo con grabado ácido total, Adper Single Bond 2 (3M ESPE), desde el punto de vista de su efecto sobre el esmalte, mediante la observación al microscopio electrónico de barrido, para determinar si existen diferencias morfológicas entre ellos.

Adper Single Bond 2

El Adhesivo Adper™ Single Bond 2, cuya fórmula se basa en el clínicamente comprobado Adhesivo Adper™ Single Bond, es un agente adhesivo dental de grabado total, activado por luz visible que incorpora un relleno de sílica de 5 nm de diámetro que representa un 10 por ciento de su peso. Al igual que el Adhesivo Adper Single Bond, Adper Single Bond 2 está indicado para restauraciones directas con materiales fotopolimerizables y para el tratamiento de sensibilidad cervical. El Adhesivo Adper Single Bond 2 también puede utilizarse para la adhesión de carillas (restauraciones veneer) fabricadas en el laboratorio con resina o porcelana si se utiliza en combinación con el Cemento RelyX™ Veneer y para la adhesión de amalgamas así como otras restauraciones indirectas si se usa en combinación con el cemento adhesivo de resina RelyX™ ARC. Con excepción del nanorelleno de sílice, el adhesivo Adper Single Bond 2 contiene los mismos componentes que el adhesivo original Adper Single Bond: BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, agua, un novedoso sistema fotoiniciador y un

copolímero funcional de metacrilato de ácido poliacrílico y ácido politacónico. El sistema fotoiniciador patentado permite una fotopolimerización rápida en tan sólo 10 segundos. El tiempo de fotopolimerización se puede reducir a 5 segundos cuando se utiliza la Lámpara de Fotopolimerizado con Tecnología LED Elipar™ FreeLight 2 (34).

Pero este adhesivo presenta las dificultades propias a su técnica, ya que corresponde a un adhesivo con grabado ácido total. Es por esto que fue desarrollado por esta misma empresa un nuevo adhesivo, que corresponde a un adhesivo autograbante todo en uno, *Adper Easy Bond*, 3M ESPE.

Adper Easy Bond

3M ESPE ha desarrollado un nuevo adhesivo autograbante de 7ma generación. Incorporando más de 25 años de tecnología adhesiva en una sola botella, Adper™ Easy Bond adhesivo autograbante ofrece tiempo de aplicación rápido junto con el bajo riesgo de sensibilidad postoperatoria inherente a los adhesivos autograbantes. Adper Easy Bond se activa por luz visible usado conjuntamente con composite o compómeros de fotocurado y cementos. Este adhesivo puede polimerizar usando lámparas de halógeno, el LED, o lámparas de plasma. Adper Easy Bond se puede utilizar para las indicaciones siguientes: todas las clases de composite o compómeros fotopolimerizables, tratamiento de sensibilidad cervical, reparación de composite o

compómeros, reparación de obturaciones intraorales de composite, coronas metal-cerámicas, y todas las restauraciones de cerámica, cementación de restauraciones indirectas hechas de composite o compómero, de cerámica, y metal usando el cemento de resina RelyX™ARC, fabricado por 3M ESPE. Contraindicaciones: cementación de veneers y cementación de composite de autopolimerización y de polimerización dual.

La formulación del Adper™ Easy Bond incluye una combinación cuidadosamente equilibrada de ácido fosfórico, ésteres, agua y metacrilatos para optimizar la estabilidad. Además, un relleno de nanosilica que da mayor fuerza de unión y no requiere agitado antes de usar. Adper Easy Bond contiene los siguientes componentes: HEMA, Bis-GMA, ésteres fosfóricos metacrilato, Copolímeros de Vitrebond, Relleno de sílica de 7nm, Etanol, Agua, Iniciadores en base a canforquinina, estabilizadores.

Objetivo General

Observar si existen diferencias morfológicas en el efecto generado sobre el esmalte por un adhesivo autograbante en comparación con la técnica de grabado con ácido fosfórico.

Objetivos Específicos

1. Observar al microscopio electrónico de barrido la imagen de la superficie de contacto de un adhesivo colocado sobre el esmalte dentario sano.
2. Observar al microscopio electrónico de barrido la imagen de la superficie de contacto de un adhesivo autograbante luego de ser aplicado sobre el esmalte.
3. Observar al microscopio electrónico de barrido la imagen de la superficie de contacto de un adhesivo sobre el esmalte grabado con ácido fosfórico.

Materiales y Métodos

El presente trabajo corresponde a un estudio de tipo descriptivo, donde se utilizó la observación como método de investigación.

En el estudio se utilizaron tres piezas dentarias, entre molares y premolares, sanas, sin caries, que una vez extraídas fueron colocados en una solución de suero fisiológico.

Preparación de las Muestras

Las piezas dentarias fueron lavadas. A todas las piezas se le cortaron las raíces a nivel del límite amelo-cementario con micromotor y disco de carburundum, utilizando agua como refrigerante, obteniendo tres coronas cuya superficie fue limpiada con una escobilla y piedra pómez.

Posteriormente a las tres coronas se les realizó un desgaste superficial del esmalte con una fresa cilíndrica punta plana y turbina, para eliminar el esmalte aprismático. Se lavaron y secaron con una jeringa triple. Luego fueron numeradas del 1 al 3.

En la corona n°1 solo se aplicó una primera capa de adhesivo Single Bond 2 (3M ESPE) (fig. n°2a) con un pincel microbrush, se frotó en la superficie por 20 segundos y

se sopló suavemente con la jeringa triple. Luego se aplicó la segunda capa de adhesivo, se frotó por 20 segundos, se sopló nuevamente y se polimerizó durante 20 segundos. Una vez hecho esto se aplicó una capa de resina compuesta Filtek Z350 (3M ESPE) con la técnica de incrementos.

En la corona n°2 se aplicó el adhesivo autograbante Easy Bond (3M ESPE) (fig. n°2b) con un pincel microbrush, se frotó en la superficie por 20 segundos y se sopló suavemente con una jeringa triple. Luego se aplicó una segunda capa de adhesivo, se frotó por 20 segundos, se sopló y se polimerizó por 20 segundos. Una vez hecho esto se aplicó una capa de resina compuesta Filtek Z350 (3M ESPE) con la técnica de incrementos.

En la corona n°3 la superficie del esmalte fue tratada con ácido ortofosfórico al 37% en gel. El ácido fue aplicado durante 30 segundos. Una vez transcurrido el tiempo se lavó con abundante agua, hasta eliminar todo el ácido y secando la superficie con papel absorbente. Luego se aplicó una primera capa de adhesivo Single Bond 2 (3M ESPE) con un pincel microbrush, se frotó en la superficie por 20 segundos y se sopló suavemente con la jeringa triple. Luego se aplicó la segunda capa de adhesivo, se frotó en la superficie por 20 segundos, se sopló nuevamente y se polimerizó durante 20 segundos. Una vez hecho esto se aplicó una capa de resina compuesta Filtek Z350 (3M ESPE) con la técnica de incrementos.

Fig. N° 2: (a) Adhesivo Single Bond 2, (b) Adhesivo Easy Bond.



Así quedaron tres coronas que en una de sus superficies tiene una obturación de resina compuesta mas el adhesivo a estudiar (fig. n° 3).

Fig. N° 3: Coronas con adhesivo y Resina Compuesta



De cada corona se tomaron trozos de la restauración, que abarcaron resina, adhesivo y esmalte. Estos cortes se realizaron con micromotor y discos de carburundum, utilizando agua como refrigerante. Cada muestra fue marcada en la superficie opuesta a observar con lápiz grafito, para identificarlas (fig. n°4). La muestra AG: autograbante, GA: grabado ácido y AD: adhesivo solo.

Fig. N° 4: Corte de coronas que abarca esmalte, adhesivo y resina compuesta



Luego para desmineralizar el esmalte las muestras fueron sumergidas en 25 ml de HCL al 30% por dos días, en el Laboratorio de Química de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile (fig. n°5). Las muestras fueron lavadas en agua destilada para eliminar la solución ácida (fig. n°6), y fueron secadas con papel absorbente.

Fig. N° 5: Muestras sumergidas en 25 ml de HCL al 30%



Fig. N° 6: Lavado de las muestras en agua destilada



Las muestras, para ser trasladadas al Laboratorio de Microscopía Electrónica, se montaron en un recipiente de plástico (fig. n°7). Las muestras fueron manipuladas con pinzas y colocadas de forma tal que la superficie a observar no fuera alterada.

Fig. N° 7: Muestras montadas sobre cinta engomado en recipiente plástico



Observación al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

El MEB permite realizar observaciones tridimensionales de muestras biológicas tanto duras como blandas, ya sean vegetales o animales. El MEB funciona con un haz de electrones muy fino, que recorre y explora toda la superficie del preparado. Como resultado del bombardeo de electrones sobre la muestra, se origina una emisión de electrones secundarios que son captados y proyectados sobre la pantalla, obteniéndose una imagen tridimensional (36).

Previo al posicionamiento de las muestras en el MEB para ser observadas, éstas deben ser sometidas a los siguientes procedimientos (37):

1. **Secado:** Las muestras fueron colocadas en una cápsula de Petri sobre papel filtro, en una estufa de secado a 37°C durante 2 días (fig. n°8).

Fig. N° 8 Cápsula de Petri con muestras



2. **Metalizado:** El metalizado consiste en el recubrimiento de las muestras con una delgada lámina de oro paladio, para protegerlas y hacerlas conductoras, lo que evita que el haz de electrones que incide sobre su superficie se desvíe, alterando la formación de la imagen (fig. n°9).

Fig. N°9 Muestras metalizadas



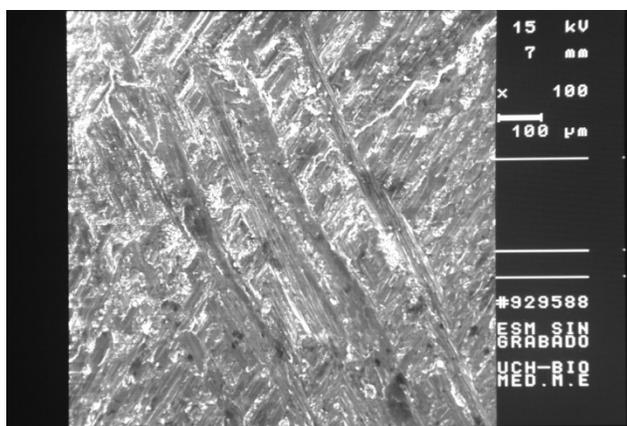
Luego las tres muestras fueron observadas y luego fotografiadas al Microscopio Electrónico de Barrido marca Zeiss, modelo DMS 940, con potencial de aceleración de 5 a 30 Kv, con un poder de magnificación de X 20.000, y provista de una cámara fotográfica digital marca Cannon (18). Este microscopio se encuentra en el laboratorio de Microscopía Electrónica CESAT-ICBM, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Resultados

Se observó en el MEB la superficie que presenta el adhesivo convencional al haber estado en contacto con el esmalte sano y con el esmalte grabado con ácido fosfórico. También se observó la superficie obtenida por el adhesivo autograbante que estuvo en contacto con el esmalte acondicionado por él. La observación al MEB, de las muestras reveló lo siguiente:

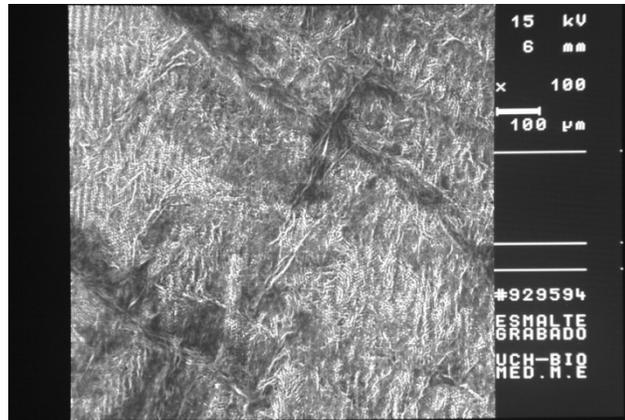
Al realizar la observación del esmalte a una baja magnificación (100X) ya se pueden observar diferencias morfológicas entre las tres muestras. En la fig. N°10 se puede ver la superficie del adhesivo convencional cuando no es acondicionado, se pueden ver las huellas del fresado.

Fig. N° 10: Fotografía MEB de muestra de adhesivo sin grabado ácido 100X



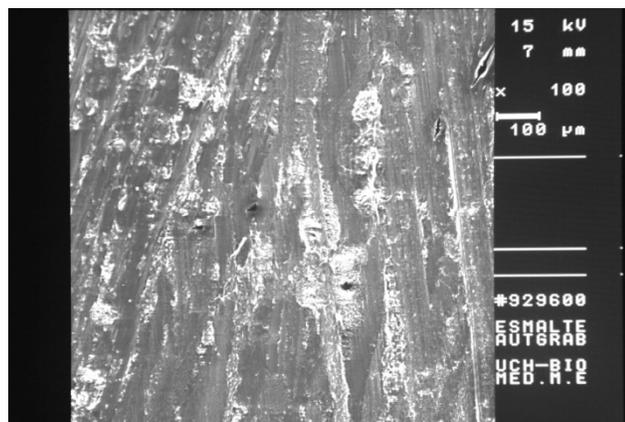
En la fig. n°11 se puede ver que la superficie del adhesivo con grabado con ácido fosfórico presenta una forma más regular.

Fig. N°11 Fotografía MEB de muestra de adhesivo con grabado ácido 100X



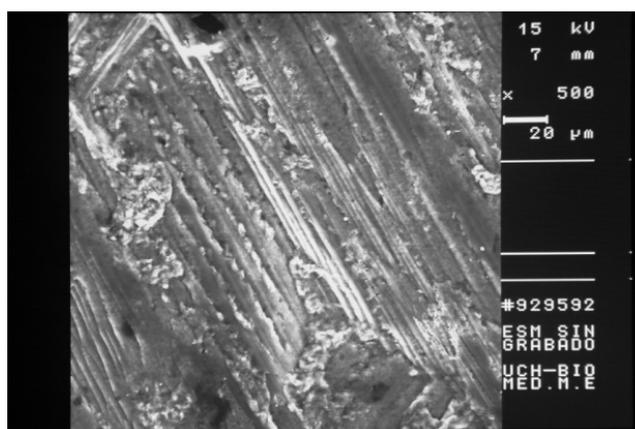
En la fig. n°12 se ve la superficie del adhesivo autograbante. Se puede apreciar que presenta una morfología similar a la superficie del adhesivo convencional sin acondicionar.

Fig. N°12 Fotografía MEB de muestra de adhesivo autograbante 100X



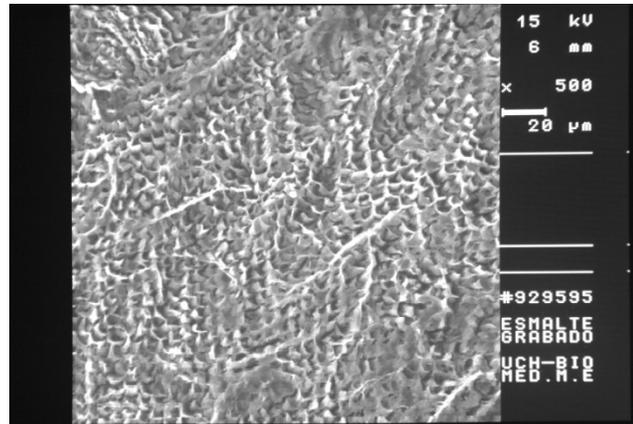
Al aumentar la magnificación (500X-1000X) las diferencias que presentan las superficies se hacen más evidentes. Se puede verificar las diferencias en densidad y profundidad de los tags entre las muestras. En la fig. N°13 se puede ver que la superficie del adhesivo sin acondicionamiento sólo presenta irregularidades por el fresado.

Fig. N° 13: Fotografía MEB de muestra de adhesivo sin grabado ácido 500X



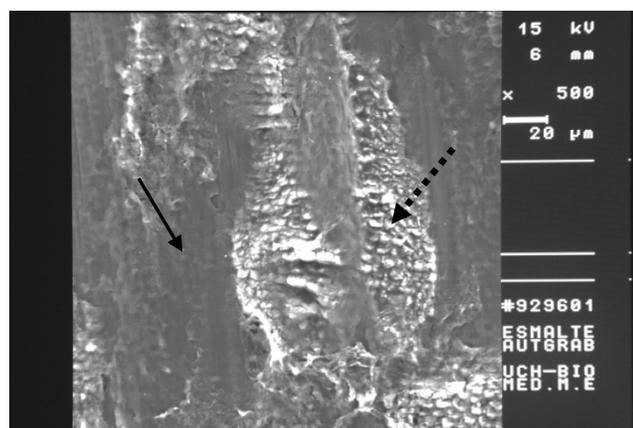
En la muestra de adhesivo con grabado con ácido fosfórico (fig. N°14) se puede ver un patrón de desmineralización uniforme en toda la superficie, donde se disuelve más la periferia que el centro del cristal, quedando una especie de “copas” que abrazan el cristal, lo que corresponde al tipo II de desmineralización.

Fig. N°14: Fotografía MEB de muestra de adhesivo con grabado ácido 500X



En cambio, en la muestra de adhesivo autograbante (fig. n° 15) se puede ver que no hay un patrón de desmineralización definido, hay baja densidad de tags con una distribución irregular, hay zonas en que el adhesivo no produjo desmineralización (flecha negra), y otras en que se logró grabar la superficie (flechas punteada).

Fig. N°15: Fotografía MEB de muestra de adhesivo autograbante 500X



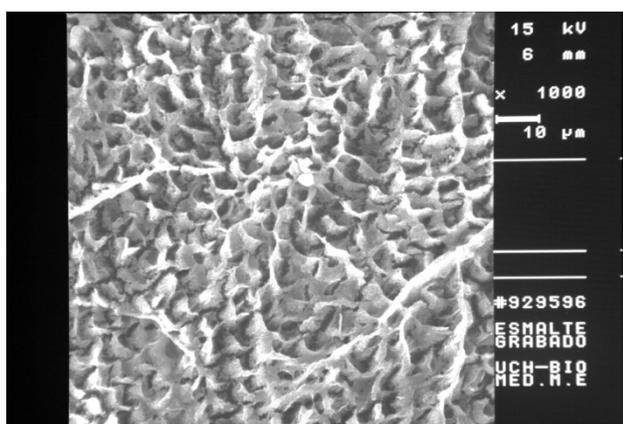
En la fig. N°16 se puede apreciar a mayor aumento la superficie del adhesivo convencional sin acondicionar.

Fig. N°16: Fotografía MEB de muestra de adhesivo sin grabado ácido 1000X



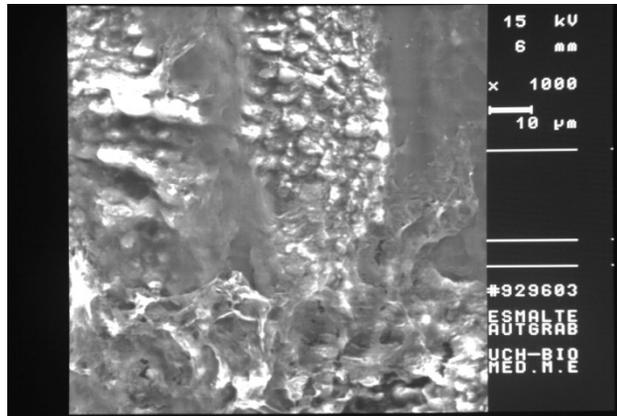
En la fig. N°17 se puede ver que los tags de la superficie del adhesivo con grabado ácido tienen una forma regular y una buena penetración.

Fig. N°17: Fotografía MEB de muestra de adhesivo con grabado ácido 1000X



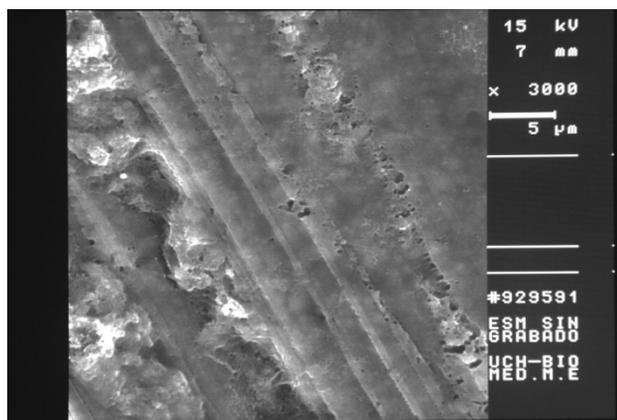
En la fig. N°18 se ven islas de grabado, este grabado presenta tags de forma irregular y poca penetración.

Fig. N°18: Fotografía MEB de muestra de adhesivo autograbante 1000X



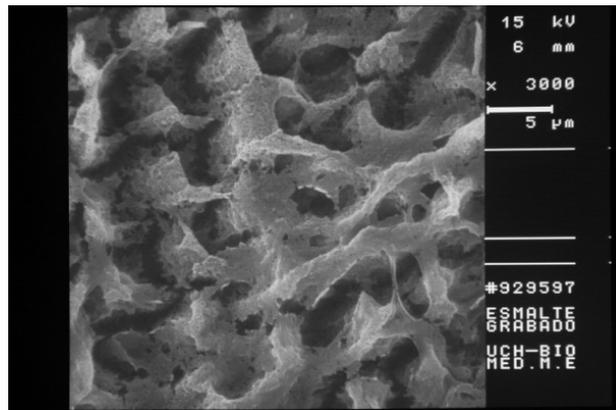
A mayor aumento (3000X) se pueden apreciar más detalles de las superficies. En la fig. N°19 se pueden ver las estrias dejadas por el fresado y restos de material dentario producido por fresado.

Fig. N° 19: Fotografía MEB de muestra de adhesivo sin grabado ácido 3000X



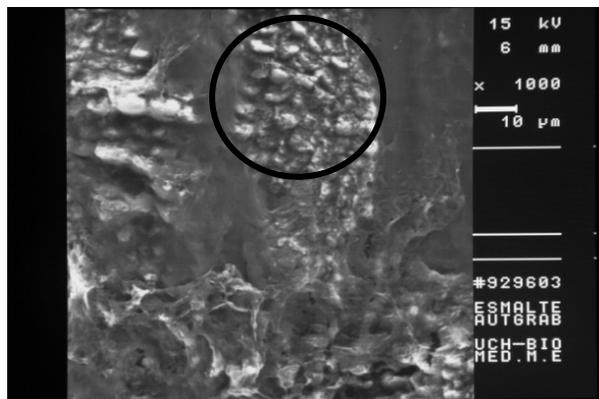
La fig. N°20 revela los pequeños poros de resina que resultan de la penetración del adhesivo en la superficie desmineralizada del esmalte, después del grabado ácido, confirmando la hibridización del tejido.

Fig. N°20: Fotografía MEB de muestra de adhesivo con grabado ácido 3000X



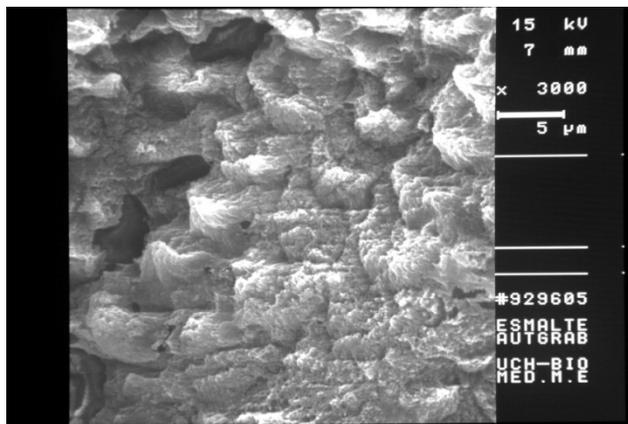
La imagen del sistema autograbante a 3000X (fig. N°21b) se centró en la zona marcada con un círculo de la figura N°21a, que corresponde al aumento 1000X.

Fig. N°21a: Fotografía MEB de muestra de adhesivo autograbante 1000X



En la fig. N°21b se puede ver que efectivamente los tags no presenta una forma definida y poca profundidad.

Fig. N°21b: Fotografía MEB de muestra de adhesivo autograbante 3000X



Como una manera de comparar se aumentó la magnificación del MEB a 5000X, donde se pudo ver claramente las prolongaciones que se forman cuando la resina penetra dentro de las zonas grabadas del esmalte. En la fig. N°24 se ve en la superficie del adhesivo con grabado ácido, la formación de macrotags (en círculo), el cual en su cuerpo, además presenta microtags (flecha). En la fig. N°25 se pueden ver que los tags formados por el adhesivo autograbante, estos solo presentan un macrotag de forma irregular (círculo), pero no microtags (flecha); también se ven detalles de la baja penetración del adhesivo.

Fig. N°24: Fotografía MEB de muestra de adhesivo con grabado ácido 5000X

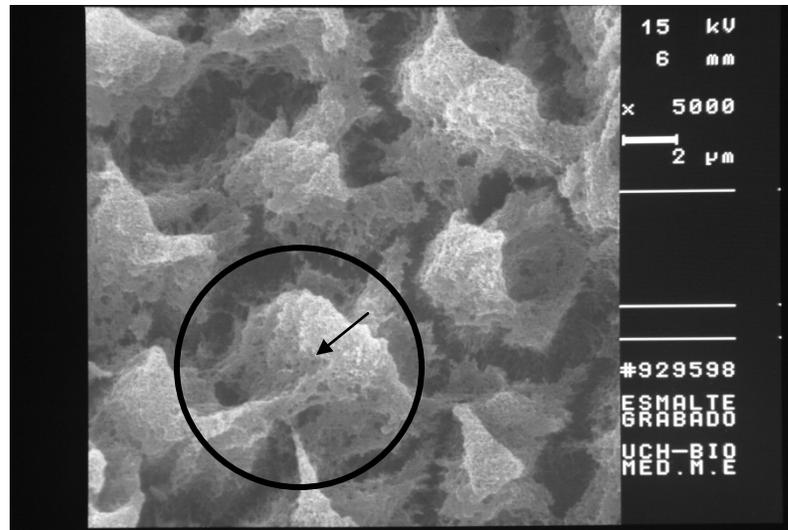
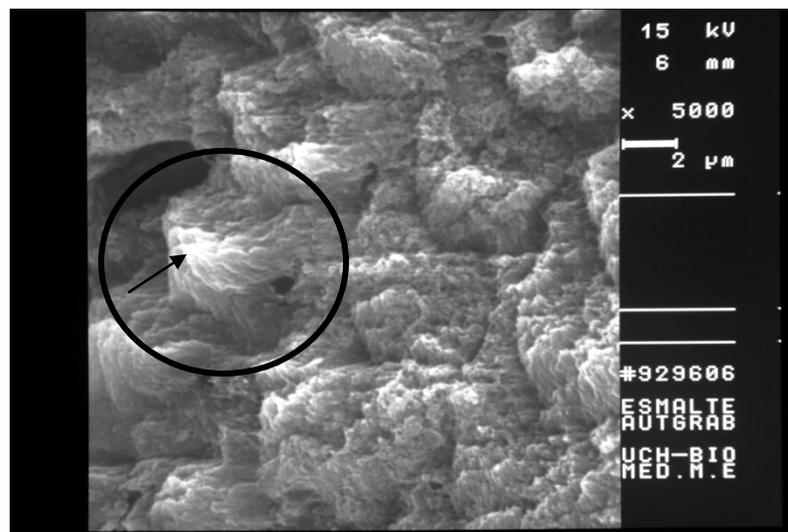


Fig. N° 25: Fotografía MEB de muestra de adhesivo autograbante 5000X



Discusión

Los adhesivos autograbantes han sido introducidos al mercado con el objetivo principal de simplificar la técnica de adhesión a los tejidos dentarios, ya que necesitan de un sólo paso clínico, lo que se traduce en un ahorro de tiempo entre otras cosas, en comparación con la técnica altamente sensible utilizada por los adhesivos con grabado ácido total.

En este estudio se utilizó el MEB, para observar la superficie del adhesivo dentario, después de desmineralizar el esmalte sobre el cual fue colocado. Este método es simple y útil para evaluar el tipo de patrón de desmineralización que deja el grabado ácido y sus características.

Esto es importante ya que se ha considerado que el mecanismo de unión de las resinas a los tejidos dentarios es la formación de tags de resina dentro de las microporosidades que se producen por la desmineralización después del grabado con ácido.

El éxito clínico de una restauración de composite es multifactorial. Uno de los factores más importantes es el sellado marginal. Es crucial que exista un sellado hermético en la interface de unión entre la cavidad y el material de composite para

prevenir el paso de bacterias, la instauración de una caries secundaria y el fracaso de la restauración.

La observación de la morfología de la superficie que se obtuvo por el contacto del esmalte acondicionado con los adhesivos Adper Easy Bond, que es autograbante y Single Bond 2, que utiliza grabado ácido, en este estudio reveló que existen claras diferencias en su comportamiento.

El acondicionamiento con ácido fosfórico del esmalte, produjo una desmineralización que creó microporosidades por donde penetró el adhesivo Single Bond 2. Luego al deshacer el esmalte el adhesivo mostró que el grabado ácido produjo un patrón de desmineralización regular, de tipo I, y profundo. En cambio el adhesivo Easy Bond no produce un patrón de desmineralización regular, ni profundo.

La relevancia clínica de la penetración del adhesivo en el esmalte tiene que ver con la resistencia de la unión y el sellado marginal (13). Sin la adecuada adhesión micromecánica, las resinas compuestas actuales no son capaces de generar un buen sellado marginal, y por lo tanto se producirán filtraciones.

Los adhesivos autograbantes han sido evaluados en varios estudios (40). Algunos de estos estudios indican que la unión del adhesivo autograbante al esmalte es tan efectiva como la de los adhesivos que utilizan grabado ácido.

Los resultados de este estudio se corresponden con los encontrados por Perdigao y Gearaldi (32) y Rotta y Cols. en sus estudios. Observaron al MEB que en el esmalte grabado con ácido fosfórico se produce un patrón de desmineralización regular y profunda, en cambio el patrón producido por los adhesivos autograbantes era irregular.

En otros estudios, como el realizado por Loguercio y Reis, un estudio clínico, se vio que existían diferencias estadísticamente significativas en relación a la retención y tinción marginal, entre restauraciones que utilizaron adhesivo autograbante y adhesivos con técnica de grabado ácido. En este caso fallaron más las restauraciones con adhesivo autograbante (38).

Otro estudio realizado por Burrow y Cols. demostró que los adhesivos autograbantes tienen menor fuerza de adhesión que los adhesivos que utilizan la técnica de grabado ácido (39), lo que se correspondería con los resultados de este estudio.

Otra de las principales diferencias entre los sistemas de grabado con ácido fosfórico previo y los autograbantes es la agresividad del grabado. El pH del ácido ortofosfórico es menor (mayor acidez) que el pH de las resinas ácidas de los autograbadores (menor acidez). Por lo tanto el efecto en los tejidos es diferente (41).

Los adhesivos autograbantes se clasifican en tres grupos dependiendo del pH: los más ácidos presentan un pH menor a 1, un grupo intermedio que tienen pH entre 1-2, y un tercer grupo que tienen pH mayor a 2 (15-39). Los adhesivos autograbantes con pH menor a 1, son los que presentarían un patrón de desmineralización mejor que los con pH mayor a 1, pero no es mejor que el producido por el grabado con ácido ortofosfórico al 37% (15). El pH del adhesivo autograbante Adper Easy Bond, que corresponde a 3.39 aproximadamente (46), puede explicar las diferencias morfológicas entre el patrón de desmineralización producido por este y el producido por el grabado ácido.

La penetración en el esmalte de los adhesivos autograbantes, que es otra diferencia que presentan con los con adhesivos que utilizan grabado con ácido fosfórico, es muy autolimitada, ya que, como el agente imprimante no se lava, sino que sólo se seca con aire, altas concentraciones de iones de calcio y fosfato solubilizados, provenientes de los cristales de hidroxiapatita, deben hallarse suspendidos en la solución acuosa de este agente imprimante y pueden exceder el producto de la constante de solubilidad para un cierto número de sales de fosfato de calcio y, presumiblemente, estos minerales tenderán a precipitar dentro del primer. Esta alta concentración de calcio y fosfato tendería a limitar la disolución de la apatita debido al

efecto de los iones comunes, autolimitando también la profundidad de desmineralización de la superficie del esmalte (45).

Conclusiones

En las observaciones realizadas en el presente trabajo se encontraron diferencias morfológicas entre la superficie de un adhesivo autograbante y un adhesivo colocado con la técnica de grabado ácido.

El sistema adhesivo autograbante Adper Easy Bond no presenta resultados similares a los producidos por el grabado ácido del esmalte con ácido ortofosfórico al 37%, su patrón de desmineralización es irregular, hay zonas donde no se produce desmineralización, y en la zonas que hay, este patrón es poco profundo y poco definido.

Sugerencias

El adhesivo autograbante Adper Easy Bond (3M ESPE) es un producto nuevo en el mercado. Es por esto que para evaluar la influencia en la adhesión de los microporos que logra producir sobre el esmalte, es necesario realizar estudios in vitro que permitan medir, por ejemplo, la fuerza de adhesión o la microfiltración marginal. Su eficacia debe ser validada a través de estudios clínicos.

Resumen

En el presente trabajo se realizó un estudio comparativo, *in vitro*, al Microscopio Electrónico de Barrido, con el objetivo de evaluar si existen diferencias morfológicas significativas entre la superficie de un adhesivo autograbante, Adper Easy Bond (3M ESPE) y un adhesivo colocado con la técnica de grabado ácido, Adper Single Bond 2 (3M ESPE).

Para ello se utilizaron tres coronas dentarias, donde se desgastó la superficie para eliminar el esmalte aprismático. En la corona n°1 solo se aplicó una capa de adhesivo Single Bond 2 (3M ESPE) y una capa de resina compuesta Filtek Z350 (3M ESPE). En la corona n°2 se aplicó el adhesivo autograbante Easy Bond (3M ESPE) y se aplicó una capa de resina compuesta Filtek Z350 (3M ESPE). En la corona n°3 la superficie del esmalte fue tratada con ácido ortofosfórico al 37% en gel. Luego se aplicó una capa de adhesivo Single Bond 2 (3M ESPE) y una capa de resina compuesta Filtek Z350 (3M ESPE). De cada corona se tomaron trozos de la restauración, que abarcaron resina, adhesivo y esmalte, obteniendo tres muestras. Luego para desmineralizar el esmalte las muestras fueron sumergidas en 25 ml de HCL al 30% por dos días, en el Laboratorio de Química de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Las tres muestras fueron observadas y luego fotografiadas al Microscopio Electrónico de Barrido y se concluyó que existen diferencias morfológicas entre la superficie de un adhesivo autograbante y un adhesivo colocado con la técnica de grabado ácido.

Referencias Bibliográficas

1. Mariné A., Stange F., Urzua I. "Tratamiento de una enfermedad infectocontagiosa". Primera Edición. Editor Felipe Stange. Chile, 1997. 54p. Págs. 9-26.
2. Craig R., O'Brien W., Powers J. "Materiales dentales, Propiedades y Manipulación". 6ª Edición. Editorial Mosby, 1996. 294p. Cap. I-IV, págs. 1-75.
3. Ehrmantraut M., Bader M. "Polimerización de resinas compuestas a través de estructuras dentarias". Rev. Fac. Odont. U. de Chile. 1994. 12(2): 22-27.
4. Van Meerbeek B., De Munck J., Yoshida Y., Inoue S. Buonocore Memorial Lecture "Adhesion to enamel and dentine: current status and future challenges". Oper Dent, 28-3, 215-235, 2003.
5. Van Meerbeek B. "The Clinical performance of adhesive". J. Dent: 26(1): 1-20. 1998.
6. Swift, EJ Jr., Perdigao, J., Heymann, HO. "Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art". Quint. Int. 26(2):95-110.1995.
7. Barrancos, J. "Operatoria Dental". 3º Edición. Ed. Panamericana. 1998. Pag 570-662. Cap. 17-21.

8. Astorga, C., Bader, M., Baeza, R., Ehrmantraut, M., Ribera, C., Vergara, J. "Texto de Biomateriales Odontológicos". 1° Edición. Fac. de Odontología, Universidad de Chile. 2004. Cap. VI.
9. Swift, EJ Jr. "Dentin/Enamel adhesive: review of the literature". *Pediatr. Dent.* 24(5): 456-461.2002.
10. Swift, EJ Jr. "Bonding systems for restorative materials: a comprehensive review". *Pediatr. Dent.* 20(2):80-84.1998.
11. Abdalla, Al., Feilzer, A. "Morphological characterization of the interface between self-etching adhesive and vital dentin". *Am. J. Dent.* Oct; 20(5): 305-8. 2007.
12. Kanemura, N., Sano, H., Tagami, J. "Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces". *J. Dent.* 27(7):523-530.1999.
13. Breschi, L., Gobbi, P., Falconi, M., Mazzotti, G., Prati, C., Perdigao, J. "Ultra-morphology of self-etching adhesive on ground enamel: A high resolution SEM study". *Am. J. Dent.* 2003. Sep., 16 spec: 57a-62a.
14. Perdigao, J et al. "Clinical performance of a self etching adhesive at 18 months". *Am. J. Dent.* 18(2):135-140. 2005.
15. Rotta, M., Bresciani, P., Kiss Moura, S., Miranda, RH., Hilgert, L., Baratieri, LN., Loguercio, AD., Reis, A. " Effects of Phosphoric Acid Pretreatment and

Substitution of Bonding Resin on Bonding Effectiveness of Self-etching Systems to Enamel". J. Adhes. Dent. Dec; 9(6): 537-45. 2007.

16. Miranda, MS., Cal Neto, JOAP., Barceleiro, MO., Dias, KRHC. "SEM Evaluation of a Non-rinse conditioner and a self-etching adhesive regarding enamel penetration". Oper. Dent. Jan-Feb; 31(1):78-83. 2006.
17. Kugel, G., Ferrari, M. "The science of bonding: from first to sixth generation". JADA. 131:20-25. 2000.
18. Mariné, A., Stanke, F., Urzúa, I. "Nuevas Estrategias en Cariología". Facultad de Odontología, Universidad de Chile. 1999, p. 10-17.
19. Bader, M., Astorga, C., Baeza, R., Ehrmantraut, M., Villalobos, J. "Biomateriales Dentales", Tomo I. Propiedades Generales. Primera Edición, 1996.
20. Fortin, D., Vargas, MA. "The spectrum of composites: new techniques and materials". JADA. 131:26-30. 2000.
21. Robertson, T., Herman, H., Sturdevant, J., Clifford, M. "Operatoria Dental. Arte y Ciencia", Tercera Edición. 1999.
22. Sandoval, MF. "Estudio comparativo *in vitro*, al microscopio electrónico de barrido, del efecto sobre la dentina de un sistema adhesivo con grabado ácido total y un sistema adhesivo autograbante". Trabajo de investigación para optar

al título de Cirujano-Dentista, Facultad de Odontología, Universidad de Chile.
2005.

23. Abreu, R. "Adhesion en Odontología Contemporanea I". [www.odontologia-online.com/verarticulo/Adhesion en odontologia contemporanea I.html](http://www.odontologia-online.com/verarticulo/Adhesion_en_odontologia_contemporanea_I.html).

Pagina revisada el dia 20 de julio, 2008.

24. Aguirre, A., Mery, C., Montenegro, M.. "Histología y Embriología del Sistema Estomatognático". Facultad de Odontología Universidad de Chile, 1986. 138. p.p 61-75. Cap. V-VI.

25. Buonocore, M.. "A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces". Revisado en Van Meerbeek, B. et al.. "The clinical performance of adhesives". J. Dent. 26(1):1-20. 1998.

26. Kugel, G., Ferrari, M.. "The science of bonding: from first to sixth generation". JADA. 131:20-25. 2000.

27. Marshall, G. et al.. "The dentin substrate: structure and properties related to bonding". J. Dent. 25(6): 451-458. 1997.

28. Sundfeld, R. et al.. "Hybrid layer thickness and resin tag length of a selfetching adhesive bonded to sound dentin". J. Dent. 33(8):675-681. 2005.

29. Perdigao, J. Et al. "Total-etch versus Self-etch adhesive: Effect on Postoperative sensitivity". JADA. 134(12): 1621-1629. 2003.
30. Brackett WW., et al. "The Microtensile Bond Strength of Self-etching Adhesives to Ground Enamel". Oper. Dent. 31(3): 332-337.2006.
31. Tay, F., Pashley, D.. "Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers". Dent. Mater. 17(4):296-308. 2001.
32. Perdigao, J., Geraldeli, S.. "Bonding characteristics of self-etching adhesive to intact versus prepared enamel". J. Esthet. Restor. Dent. 15(1): 32-41. 2003.
33. Pashley, D., Carvalho, R.. "Review: Dentin permeability and dentin adhesion". J. Dent. 25(5): 355-372. 1997.
34. 3M ESPE. Adper Single Bond 2. Perfil Técnico del producto. <http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?6666660Zjcf6lVs6EVs66SurZCOrrrrQ->. Página revisada el día 8 de marzo, 2009.
35. 3M ESPE. Adper Easy Bond. Perfil Técnico del producto. <http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?6666660Zjcf6lVs6EVs66SMB1COrrrrQ-> . Página revisada el día 8 de marzo, 2009.

36. Microscopio Electrónico de Barrido. Biología Unidad de Morfología. www.unlu.edu.ar/~biologia10903/tp02.htm. Página revisada el día 12 de Noviembre, 2005.
37. Preparación de las muestras para su observación al Microscopio Electrónico de Barrido. Comunicación personal realizada con la Tec. Médico. Nancy Olea, jefa del laboratorio de Microscopía Electrónica CESAT-ICBM, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile
38. Loguercio, Alessandro D., Reis, Alessandra. "Application of a dental adhesive using the self-etch and etch-and-rinse approaches". JADA; 139(1); 53-61. 2008.
39. Burrow, MF., Kitasako, Th., Tagami, J. "Comparison of Enamel and Dentin Microshear Bond Strengths of a Two-step Self-etching Priming System with Five All-in-one Systems". Oper. Dent., 33 (4), 456-460. 2008.
40. Kiremitçi, A., Yalçın, F., Gökalp, S. "Bonding to enamel and dentin using self-etching adhesive systems". Quintessence Int. 35 (5): 367-70. May, 2004.
41. Rosales, Juan Ignacio. "Última generación de adhesivos autograbadores monofrasco". <http://WWW.dentsply.es/noticias/clinica3905.htm>. Página revisada el día 11 de diciembre, 2008.
42. Summitt, Robbins, Schwartz. "Fundament of Operative Dentistry". 2ª Edición. Editorial Quintessence Books, 2001. Capítulo 8, pág. 191-194.

43. Kenneth, J., Anusavice, Ralph, Phillips. “ Phillips Ciencia de los Materiales Dentales”. 11° Edición. Elsevier España, 2004. Capitulo 14, pág. 382-387.
44. Aguilera, A., Guachalla, J., Urbina, G., Sierra, M., Valenzuela, V. “Sistemas Adhesivos de Autograbado”.
<http://www.revistadentaldechile.cl/temas%20agosto%202001/PDF%20AGOST%202001/Sistemas%20Adhesivos%20de%20Autograbado.pdf>. Página revisada el día 19 de marzo, 2009.
45. Mandarino, F. “Adhesivos Odontológicos”.
<http://www.forp.usp.br/restauradora/dentistica/temas/adesivos/adesivos.htm>.
Página revisada el día 19 de marzo, 2009.
46. Gutiérrez, Patricio. “Estudio Comparativo *In Vitro* del pH de Sistemas Adhesivos Autograbantes presentes en el mercado nacional”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano-Dentista, Facultad de Odontología, Universidad de Chile. 2009.

