

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA RESTAURADORA  
AREA DE BIOMATERIALES DENTALES**

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.

**María Francisca Sandoval Valdés**

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

**Tutor Principal  
Profesor Dr. Marcelo Bader M.**

**Tutor Asociado  
Profesor Dr. Manuel Ehrmantraut N.**

Santiago-Chile  
2005

*Dedico mi trabajo a mi linda familia,  
por ser grandes apoyos en mi vida.  
A mis papás Luz y Juan, y a mis  
hermanas Andrea, Victoria y Paulina.  
Por ayudarme en todo momento  
sin importar las circunstancias.*

## ***AGRADECIMIENTOS***

- Al Dr. Marcelo Bader, por su constante dedicación y tiempo, que me permitieron desarrollar mi trabajo.
- Al Dr. Manuel Ehrmantraut, por el interés desarrollado en el tema y por su ayuda constante.
- A la Tec. Médica Nancy Olea, por sus conocimientos entregados en cuanto al manejo del microscopio electrónico de barrido.
- A mi familia por su permanente apoyo a lo largo de mi carrera. Por celebrar mis logros y ayudarme en los momentos difíciles.
- A Uriel por estar conmigo estos últimos años, y por dedicarme su tiempo y amor de manera incondicional.
- A amigos que hicieron que mi paso por la universidad estuviera lleno de buenos momentos.

## **INDICE**

INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO.....	4
HIPÓTESIS.....	58
OBJETIVOS.....	58
MATERIAL Y MÉTODO.....	60
RESULTADOS.....	68
DISCUSIÓN.....	81
CONCLUSIONES.....	85
SUGRENCIAS.....	86
RESUMEN.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89

## **INTRODUCCIÓN**

La caries es una enfermedad infectocontagiosa, multifactorial, cuya incidencia en la población mundial es aproximadamente de un 94% y en Chile de un 98%, por lo cual constituye uno de los mayores problemas de salud pública en el mundo <sup>(1)</sup>.

Esta enfermedad produce un deterioro progresivo y silencioso de las piezas dentarias, que si no es detectado oportunamente, se hará irreversible desde el punto de vista de su autoreparación, es decir, la remineralización de los tejidos afectados. En este caso, la única solución es la eliminación de dicho tejido <sup>(1)</sup>.

La eliminación de la caries, deja como secuela una cavidad en la estructura dentaria, la que debe ser restaurada basándose en los principios de la odontología restauradora. El principal objetivo de la odontología restauradora consiste en sustituir la estructura dentaria perdida, con materiales que permitan restablecer la anatomía, la función, y la estética de dicha pieza <sup>(2)</sup>.

Para lograr dicha restauración se cuenta con numerosos materiales, dentro de éstos se encuentran las resinas compuestas <sup>(2)</sup>, que corresponden a uno de los materiales restauradores estéticos de mayor uso en Chile <sup>(3)</sup>. Esto se debe principalmente a sus cualidades estéticas y su cómoda manipulación sobre las preparaciones cavitarias <sup>(2)</sup>.

Las resinas compuestas no poseen unión directa a la pieza dentaria, para esto se ha desarrollado la técnica de grabado ácido total y el uso de los adhesivos a esmalte y dentina.

La técnica de grabado ácido total, tiene como objetivo crear microporosidades en la estructura dentaria, tanto en esmalte como en dentina. En esmalte el patrón de grabado permite a la resina compuesta introducirse en esta superficie irregular creando una trabazón micromecánica <sup>(3)</sup>.

En la dentina, esta técnica no ha dado los mismos resultados que en el esmalte, debido principalmente a su diferencia estructural. En la dentina en comparación con el esmalte, hay un aumento de la materia orgánica y del contenido de agua, con una disminución del componente inorgánico <sup>(4,5)</sup>.

Para lograr la unión de la resina compuesta a la dentina, fueron desarrollados los adhesivos dentinarios, los cuales permiten que la dentina tenga afinidad con el material restaurador <sup>(6)</sup>.

Los adhesivos dentinarios se han ido desarrollando en el tiempo, teniendo como objetivo principal, lograr una unión íntima entre la dentina y la resina compuesta, sin la

presencia de una interfase o brecha entre ambos componentes, de manera de impedir la filtración marginal, haciendo las restauraciones más duraderas en el tiempo. La filtración marginal de la restauración favorece la aparición de caries recidivante que finalmente provocaría la pérdida de la restauración y el fracaso de la técnica adhesiva <sup>(7)</sup>.

Actualmente las investigaciones se han centrado principalmente en el perfeccionamiento de la unión entre la dentina y el adhesivo, lo que ha provocado la aparición de nuevos sistemas adhesivos que en teoría logran este objetivo. Es por esto, que nuestro estudio analizará, al microscopio electrónico de barrido, dos sistemas adhesivos, para determinar cuales son los efectos que éstos poseen sobre la estructura dentinaria y si existen diferencias significativas entre ellos.

## 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 <sup>(8)</sup>.

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 <sup>(2)</sup>.

Para lograr una restauración que cumpla con los parámetros de la estética, se cuenta con numerosos biomateriales. Encontramos los materiales de restauración directos y los materiales de restauración indirectos <sup>(9)</sup>. Dentro de los materiales estéticos de restauración indirecta encontramos las incrustaciones, inlays u onlays. En los materiales estéticos de restauración directa encontramos cuatro tipos: silicatos, resinas acrílicas (sin relleno), ionómeros de restauración y resinas de dimetacrilato con refuerzos orgánicos (composites) <sup>(2)</sup>.

### **I. Silicatos**

El uso de los cementos de silicato comenzó a fines del siglo XIX y se utilizaron ampliamente hasta la década de los setenta. Resultan de la mezcla de un polvo con



un líquido. El polvo está compuesto fundamentalmente de sílice, alúmina y fluoruro de sodio, y el líquido contiene en su composición ácido fosfórico <sup>(10)</sup>. Una vez fraguados, los silicatos son muy solubles y no resisten la desintegración en el entorno bucal; debido a ello representaban un sistema de restauración a corto plazo. Por otra parte, los silicatos cambiaban de color y se iban opacificando debido a la pigmentación y a la deshidratación, por lo tanto, sus cualidades estéticas se deterioraban con el paso del tiempo <sup>(2)</sup>. Sumado a lo anterior este material restaurador era extremadamente frágil y se fracturaba al impacto, además era altamente irritante para la pulpa provocando una reacción de tipo irreversible, por lo cual, las cavidades debían ser protegidas prolijamente <sup>(10, 11)</sup>. Presentan como ventaja su acción anticariogénica por la presencia de fluoruros en la composición del polvo, los cuales permiten la formación de fluorapatita sobre la estructura dentaria, lo que reduce la solubilidad del esmalte <sup>(11)</sup>.

## **II. Resinas acrílicas sin relleno**

Surgieron en el año 1945, como alternativa a los silicatos, mejorando sus propiedades hasta convertirse en un material ampliamente utilizado en los años setenta. Los acrílicos sin relleno corresponden a un material de origen orgánico superando a los silicatos en que eran menos solubles y no se deshidrataban, aunque el cambio de color seguía siendo un problema importante. Sus cualidades menos deseables eran los

importantes cambios dimensionales al endurecer y con los cambios de temperatura, los que favorecían la percolación de la saliva por sus márgenes: Su escasa rigidez y resistencia mecánica por su escasa resistencia al desgaste y los problemas de caries recidivantes <sup>(2)</sup>. Estas propiedades negativas para su uso clínico se deben a la estructura química que tienen los materiales de origen orgánico, a la presencia de un monómero de bajo peso molecular, al sistema de activación utilizado y a la gran cantidad de monómero residual presente por unidad de volumen <sup>(3)</sup>.

### **III. Cementos de Vidrios Ionómeros**

Los cementos de vidrios ionómeros aparecen hacia el año 1972, siendo usados principalmente para la restauración de erosiones cervicales, dada por su alta retención en dichas zonas, ya que los ionómeros son considerados el único material que se une químicamente a la superficie dentaria, y por la leve reacción pulpar que provoca <sup>(12)</sup>. Sumado a lo anterior libera iones flúor al medio, pero posee como desventaja su elevada opacidad, por lo tanto, no es un material altamente estético y además no posee buenas propiedades mecánicas <sup>(2,9)</sup>.

#### IV. Resinas compuestas

Las resinas compuestas aparecen como una necesidad ante el fracaso de las resinas acrílicas, hasta convertirse en el material más usado actualmente para restauraciones estéticas directas <sup>(2)</sup>.

En el año 1962 R.L. Bowen en Estados Unidos, patenta su fórmula, que es un nuevo tipo de molécula orgánica de alto peso molecular con capacidad de ser polimerizada, que denominó BIS-GMA. Esta molécula es producto de la reacción del bis fenol a y del metacrilato de glicidilo. Este compuesto formaba una matriz orgánica con mejores características que las resinas acrílicas sin relleno, aunque presentando deficiencias que eran posibles de superar. Para ello, le agregó un relleno inorgánico en forma de partículas irregulares de tamaño variable, el que se une a esta matriz de BIS-GMA, a través del uso de un agente de acoplamiento que originalmente fue un derivado del vinil silano <sup>(3,9)</sup>.

Entonces en una resina compuesta típica, intervienen tres fases: una matriz orgánica, un relleno inorgánico y un agente de enlace, incorporando además un sistema que induce la polimerización <sup>(3,13)</sup>.

**1. Fase orgánica:** Está formada por distintos tipos de resinas, siendo en la actualidad las más utilizadas las resinas a base de BIS-GMA y UDMA (dimetacrilato de uretano). Ya que estos monómeros son altamente viscosos para ser usados en resinas compuestas, se le agregan monómeros de bajo peso molecular (dimetacrilatos) 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 <sup>(2, 13, 14)</sup>.

**2. Fase inorgánica:** son generalmente elementos inorgánicos de tamaño pequeño y de formas variables cuya finalidad es 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, que generalmente es bario. La mayoría de los composites contienen rellenos de cuarzo, sílice pirolítica coloidal, cristales de silicio con bario y estroncio, zinc o yterbio, silicato de aluminio y litio e hidroxiapatita sintética <sup>(2, 9, 13)</sup>.

**3. Agente de acoplamiento:** uno de los grandes problemas que presentan las resinas compuestas es la unión de la fase orgánica con la inorgánica e impedir que ambas se separen por la acción del ciclaje mecánico y térmico de la restauración. Por lo tanto debe existir una unión estable entre ambas fases de la resina, para que ésta tenga resistencia y durabilidad. Para esto, los fabricantes tratan la superficie de los rellenos con 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. El vinil-silano fue uno de los primeros agentes de acople utilizados, pero al ser muy poco reactivos se lo reemplazó por el gama-metacriloxipropiltrimetoxi-silano, que proporciona una resina compuesta más resistente e inalterable por el agua <sup>(2)</sup>.

### **Clasificación Resinas Compuestas**

Las resinas compuestas se clasifican de distintas formas, una de las cuales es según el tamaño de las partículas que forman la fase inorgánica <sup>(2,14)</sup>.

- I. Resinas compuestas de macrorelleno o convencionales:** Fueron la primeras en aparecer y sus partículas de relleno poseían un tamaño irregular que variaba entre 8 y 80 micrones, siendo ellas de mayor dureza que la matriz orgánica. La alta carga inorgánica con partículas tan grandes permitió una reducción significativa de la contracción de polimerización y aumentó la resistencia físico mecánica, de las resinas compuestas en relación con las resinas acrílicas. Sin embargo, su textura superficial resultaba ser una superficie muy irregular que permitía el depósito de placa bacteriana, aumentando las probabilidades de caries recidivante y pigmentación, afectando la estética. Por otro lado, estos composites tenían baja resistencia al desgaste debido al alto porcentaje de partículas de relleno que

poseían, que presentaban una alta dureza superficial, en comparación a la dureza de la matriz orgánica, la que se desgastaba rápidamente y provocaba la pérdida de las partículas de relleno, por pérdida del sustrato orgánico <sup>(9, 15)</sup>.

**II. Resinas compuestas de microrelleno:** Se desarrollaron debido a la dificultad de pulido que presentaban las anteriores. Este tipo de materiales posee un relleno de tamaño mucho más pequeño y uniforme, cuyo tamaño varía entre 0.04 y 0.05 micrones, con lo que se consigue una excelente terminación superficial que mejora en forma considerable la apariencia estética. Sin embargo, debido a que las partículas no podían agregarse en gran porcentaje, sus propiedades mecánicas eran inferiores a las de las resinas compuestas de macrorelleno. Además presentaban un mayor coeficiente de variación dimensional térmica <sup>(9,15)</sup>.

**III. Resinas compuestas híbridas:** Frente a las deficiencias que presentaban los dos tipos de resinas compuestas anteriores, nacieron los composites híbridos. Este sistema contiene dos tipos de relleno: macropartículas optimizadas cuyo tamaño oscilaba entre 1 y 8 micrones y micropartículas de 0.04 a 0.05 micrones. Con esto se combinaban ambos tipos de relleno y se obtienen propiedades mecánicas y de pulido intermedios; lo que da por resultado un composite más resistente al desgaste y con un coeficiente de expansión térmica similar a los de macropartícula, con una

reducida pérdida superficial de relleno y de buenas propiedades físicas, sin embargo, no presentaban la misma superficie pulida que los composites de microrelleno <sup>(9,15)</sup>.

**IV. Resinas compuestas microhíbridas:** Corresponden a una optimización de las anteriores, y presentan también dos tamaños de partículas, siendo las más grandes de hasta 3 micrones y, las de menor tamaño entre los 0.04 y 0.05 micrones, pero cuyo promedio del tamaño de las partículas oscila entre los 0.4 y 0.9 micrones, dependiendo de la marca del composite. Lo que permite obtener buenas propiedades estéticas, dada su capacidad de pulido, estabilidad de color y buena resistencia al desgaste y a la fractura <sup>(9,15)</sup>.

**V. Resinas compuestas de nanorelleno:** Hoy en día los avances tecnológicos han permitido obtener resinas compuestas con partículas de relleno cada vez más pequeñas, pero con procedimientos que permiten agregarlas en un alto porcentaje. Es así como se han desarrollado estos sistemas de resinas compuestas con partículas de relleno que van de 0.02 a 0.075 micrones. Estos sistemas poseen una buena resistencia al desgaste gracias al tipo de relleno de estroncio vítreo que poseen. Este relleno nanométrico genera un pulido de larga duración de la resina compuesta, manteniendo las propiedades de resistencia mecánica. La disminución

del tamaño de las partículas, permite agregarlas en mayor cantidad, con lo cual disminuye el porcentaje de matriz orgánica y por lo tanto, la contracción de polimerización <sup>(15,16)</sup>.

Independientemente del tipo de partícula que posean, los composites 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 genera radicales libres de alta energía, capaces de descomponer los dobles enlaces que poseen los monómeros, desencadenando la unión entre ellos. A su vez este iniciador necesita de la acción de un activador para poder generar los radicales libres, el cual en un primer momento fue de naturaleza química. Dados los pobres resultados clínicos que este sistema demostró en cuanto a estabilidad del color, fue sustituido por un activador de tipo físico, que corresponde a un haz de luz con una longitud de onda que oscila entre 420 y 480 nanómetros y que es el sistema de activación que se utiliza en las resinas compuestas actuales <sup>(3, 13)</sup>.

Este proceso de endurecimiento, lleva anexo dos fenómenos de importancia, como son la generación de calor y la contracción de polimerización <sup>(3)</sup>.

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 <sup>(3)</sup>.



En cuanto a la contracción de polimerización, no puede ser evitada, pero sí disminuida y/o contrarestada, aplicando y polimerizando el composite por capas, reduciendo de esta manera la contracción efectiva <sup>(2,3)</sup>.

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 <sup>(2, 4, 13, 17)</sup>.

Otro fenómeno importante de mencionar, es la diferencia de coeficiente de dilatación térmica entre el composite y la pieza dentaria, que puede llegar a ser cuatro veces mayor en las resinas compuestas. Esto provoca un bombeo alternado de imbibición y exudación de líquidos a través del margen de la restauración, llamado percolación. Este proceso puede llevar a la filtración marginal de la restauración <sup>(10, 17)</sup>.

Por otro lado, las resinas compuestas no poseen adhesión específica a la pieza dentaria, es por esto que se han creado por una parte la técnica de grabado ácido, y por

otra los adhesivos que permiten la unión de este material a la pieza dentaria. Con el desarrollo del grabado ácido y de estos materiales se ha dado origen a la odontología adhesiva, la cual sigue los principios generales de la adhesión.

### **Adhesión**

Adhesión, se define como toda fuerza que permite mantener dos superficies en contacto, o la fuerza que se opone a la separación de dos cuerpos manteniéndolos unidos cuando están en íntimo contacto <sup>(18)</sup>. Cuando las partículas que son atraídas son de distinta naturaleza se denomina fuerza de adhesión, y cuando son de la misma naturaleza se denomina fuerza de cohesión <sup>(10)</sup>.

Cuando se ponen en contacto dos superficies que se desea adherirlas entre si, es necesario destacar que uno de los requisitos más importantes es lograr el íntimo contacto entre las partes, lo cual no siempre es posible entre dos sustancias sólidas, de allí que por lo general se requiera de un elemento adicional que por sus características, al ser puesto en contacto con ambas superficies, pueda armonizarlas y lograr su unión. Este elemento, casi siempre, es un material semilíquido que luego de endurecido mantendrá unidas las partes <sup>(18)</sup>.

Teniendo en cuenta la definición de adhesión y expresándola como cualquier mecanismo que se emplea para mantener dos partes en contacto, podremos entonces clasificarla según sea el mecanismo que se utilice para conseguirla. De acuerdo a esto, existen dos formas para lograrla: Adhesión química o Específica y Mecánica o Física<sup>(18)</sup>.

**I. Adhesión Mecánica:** Mecanismo de adhesión que se conoce como traba mecánica, se logra a través de los efectos geométricos y estructurales entre los substratos adherentes<sup>(19)</sup>. Las partes a unir se mantienen en contacto en base a la penetración de una de ellas, o de un adhesivo, en las irregularidades que presenta la superficie de la otra, impidiéndose la separación al quedar ambas partes trabadas<sup>(18)</sup>.

La adhesión mecánica se subdivide a su vez en dos clases según la magnitud del fenómeno que genera la retención, es decir, si las irregularidades de la superficie son o no visibles al ojo, teniendo así una adhesión mecánica macroscópica, por ej.: tornillos, pernos, coronas e incrustaciones, o adhesión mecánica microscópica, en donde se produce la penetración de un adhesivo en pequeñas irregularidades, lo cual generara micro-trabazones si el adhesivo posee una adecuada fluidez para penetrar en ellas, por ej.: las micro-irregularidades que se realizan con el grabado ácido en el esmalte, para la adhesión de las resinas compuestas al diente<sup>(18)</sup>.

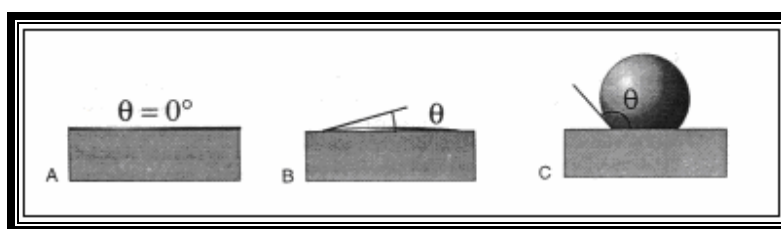
**II. Adhesión química:** Se refiere a las reacciones que se pueden producir al entrar en contacto dos superficies, generándose así uniones de tipo químicas que determinarían una continuidad en todo el conjunto. Las partes se mantienen unidas por la presencia de enlaces químicos <sup>(18)</sup>. Estos enlaces pueden ser iónicos y covalentes, o enlaces de tipo secundarios como son las fuerzas de Van der Waals, fuerzas polares, puentes de hidrógeno, quelación y fuerzas de dispersión <sup>(19)</sup>.

Hasta ahora durante la labor odontológica se ha utilizado principalmente la adhesión mecánica. En la mayoría de las preparaciones que se realizan en piezas dentarias para ser obturadas, la unión que se logra es a través de una buena adaptación del material restaurador a las cavidades o gracias a la interposición de alguna sustancia cementante o adhesivo. Cuando se logre una real adhesión química de los materiales restauradores adhesivos al diente, podremos hablar de una verdadera odontología adhesiva, creándose una unión que permita conformar un sólo cuerpo, sin defectos en la interfase, y por consiguiente no permitirá la percolación o la infiltración marginal, no existirá la posibilidad de irritación pulpar por causa de fluidos o microorganismos que ingresen por los espacios creados entre la restauración y el tejido dentario, así como también no existirá la posibilidad de formación de caries recidivante <sup>(18)</sup>.

Para obtener una alta adhesión, se deben cumplir algunos requisitos que se detallan a continuación:

1. Debe lograrse adaptación íntima de las partes a unir, es decir el adhesivo debe primero “mojar” o impregnar bien la superficie de los substratos. La forma de evaluar si esto se produce adecuadamente, es determinando el ángulo que forma una gota del adhesivo líquido sobre la superficie del sólido, este es el llamado ángulo de contacto o humectancia, el cual se forma entre la tangente a la periferia de la gota que forma el adhesivo, y la superficie del sólido. La mejor adhesión se obtendrá con aquellos adhesivos que sean capaces de formar un ángulo de contacto lo más cercano a cero grados al ser aplicado sobre la superficie del sólido <sup>(9, 18, 20)</sup>. (Fig. N° 1).

Figura N° 1: Angulo de Humectancia



Esquema que representa los distintos ángulos de contacto de un líquido sobre una superficie. A, ángulo de contacto ( $\theta$ )  $0^\circ$ , cuando el líquido toca la superficie por completo y se distribuye libremente. B, ángulo de contacto pequeño. C, ángulo amplio formado por mala humectación <sup>(20)</sup>.

2. El adhesivo debe ser fluido, es decir, tener baja viscosidad, y además poseer una baja tensión superficial para poder mojar fácilmente la superficie del sustrato <sup>(9,18)</sup>.
3. Se necesita una superficie limpia, seca y no contaminada, esto es principalmente para que se manifieste la energía superficial de esta superficie, la cual deseablemente debe ser alta, de manera que atraiga hacia ella el líquido <sup>(9,18)</sup>.
4. Debe existir compatibilidad química entre el adhesivo y el adherente, de tal modo que las moléculas de las dos sustancias lleguen a un íntimo contacto <sup>(9,18)</sup>.
5. Otro requisito es que el adhesivo debe cambiar de la fase líquida a la sólida con mínimos cambios dimensionales al endurecer, y por otro lado es importante también que su variación dimensional térmica sea similar al de las estructuras a unir <sup>(9,18)</sup>.

El desarrollo de las resinas compuestas presenta importantes beneficios, como la posibilidad de confeccionar preparaciones conservadoras y restauraciones altamente estéticas. Sin embargo, los composites presentan algunas desventajas, como son la contracción de polimerización, el coeficiente de dilatación térmica diferente al de la pieza dentaria, y una técnica restauradora altamente sensible. Estos factores combinados con el posible fallo en la adhesión, son los responsables directos de la microfiltración, y

por lo tanto, del fracaso de la restauración. De ahí la importancia de manejar el mecanismo de adhesión de los composites a la estructura dentaria <sup>(17)</sup>.

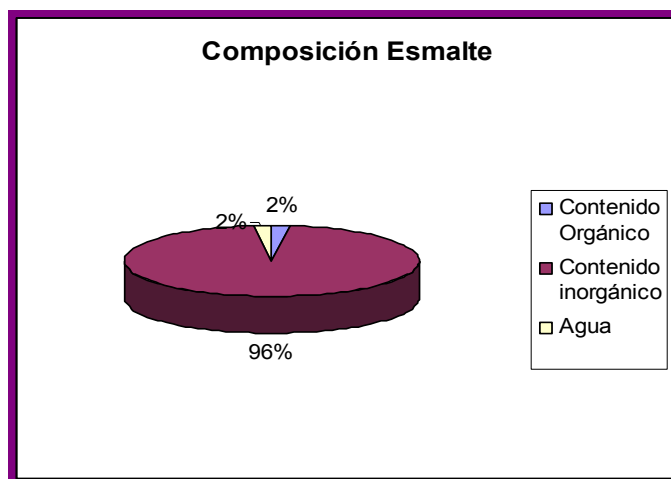
Desde el punto de vista estructural, cuando hablamos de odontología adhesiva, se hace referencia principalmente a esmalte y dentina, por ser los sustratos adherentes que con mayor frecuencia se ven afectados, ya sea por caries, fracturas, anomalías dentales, etc. <sup>(19)</sup>.

### **Adhesión a Esmalte**

El esmalte y la dentina son diferentes desde el punto de vista morfofisiológico, por lo tanto, el mecanismo de adhesión varía entre un sustrato y el otro <sup>(4, 5)</sup>.

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. <sup>(5)</sup>. La distribución de los componentes se muestra en el gráfico N° 1.

Gráfico N° 1



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 <sup>(14)</sup>.

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 <sup>(14)</sup>.

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 <sup>(14)</sup>. 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 <sup>(14,18)</sup>.

En los primeros ensayos realizados por Buonocore <sup>(21)</sup>, 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 <sup>(4)</sup>. 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 <sup>(3, 4, 18)</sup>.

Esta técnica de adhesión a esmalte no fue utilizada en forma rutinaria, sino hasta 20 años después de la primera publicación de Buonocore en este ítem. Sin embargo, la técnica es ahora bastante común, revolucionando la práctica de la odontología restauradora así como también en otras disciplinas como la odontología estética, preventiva, pediátrica y en ortodoncia <sup>(9)</sup>.

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) <sup>(18)</sup>. El ácido ortofosfórico al accionar sobre la hidroxiapatita, lo hace extrayendo calcio, que pasa a formar parte de la solución <sup>(14)</sup>.

La concentración de 37.5% es la más utilizada en la actualidad, ya que se ha visto que concentraciones mayores logran una menor formación de microporos, así como una

menor profundidad de grabado, y concentraciones menores del ácido, aumentan la velocidad de formación de éstos (efecto inverso) <sup>(4, 18)</sup>.

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 <sup>(18)</sup>.

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 poros 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 <sup>(18)</sup>. 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 humedad impedirá el contacto real buscado <sup>(14)</sup>.

Este procedimiento efectuado con ácido fosfórico sobre la superficie adamantina, demostró aumentar la duración de la adhesión bajo las condiciones de humedad que posee el entorno bucal <sup>(20)</sup>.

Con la técnica de grabado ácido se logra obtener un esmalte con una superficie limpia, sin contaminantes, llena de poros o grietas de una profundidad aproximada de 10 a 70 micrones, de un aspecto opaco, con lo cual se permite <sup>(18)</sup>:

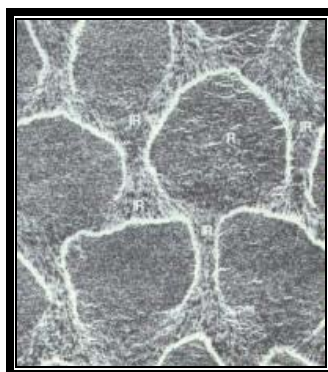
1. Aumentar macroscópicamente la superficie total de esmalte capaz de adherirse, ya que las grietas y surcos aumentan la cantidad de esmalte expuesto.
2. Liberar toda la potencialidad de la energía superficial del esmalte, al quedar limpio de todo contaminante sólido, líquido o gaseoso.
3. La formación de microcavidades retentivas en la superficie del esmalte.

Sobre esta superficie del esmalte grabado se aplica una resina fluida, de similar composición al material restaurador pero que no posee relleno, la cual tiene la fluidez adecuada para poder penetrar por capilaridad en las grietas, y una vez llenas éstas, polimerizar dando una trabazón mecánica muy resistente, obtenida por un efecto geométrico (forma microrretentiva) y reológico, es decir, por la contracción generada al polimerizar la resina, la que comprime el material contra las retenciones. 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) <sup>(18)</sup>.

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 <sup>(14)</sup>.

Este grabado ácido 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 mas o menos hexagonal, que se extienden desde el límite amelo-dentinario 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 <sup>(5, 18)</sup>. (Fig. N° 2).

Figura N° 2: Prismas del Esmalte



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Aspecto de los prismas del esmalte. Nótese la forma del prisma y su aspecto global <sup>(22)</sup>.

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 <sup>(4, 5, 18)</sup>:

- I. **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 <sup>(4, 5, 18)</sup>. (Fig. N° 3).

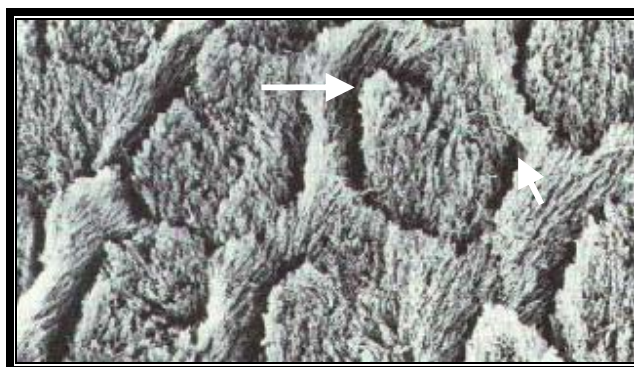
Figura N° 3: Patrón de grabado ácido del esmalte Tipo I



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Patrón de grabado de esmalte Tipo I. Las flechas indican el centro del prisma que fue desmineralizado <sup>(22)</sup>.

- II. **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 <sup>(4, 5, 18)</sup>. (Fig. N° 4).

Figura N° 4 Patrón de grabado ácido del esmalte Tipo II



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Patrón de grabado de esmalte tipo II. Las flechas indican la periferia del prisma que fue desmineralizada <sup>(22)</sup>.

- III. Tipo III:** Que está dado por una mezcla de los dos patrones anteriores, es decir, no presenta evidencias de ninguna estructura prismática <sup>(4, 5, 18)</sup>. (Fig. N° 5).

Figura N° 5: Patrón de grabado ácido del esmalte Tipo III



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Patrón de grabado de esmalte tipo III <sup>(22)</sup>.

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 <sup>(23)</sup>.

Dentro de las ventajas del grabado ácido 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 <sup>(4)</sup>.

### **Adhesión a Dentina**

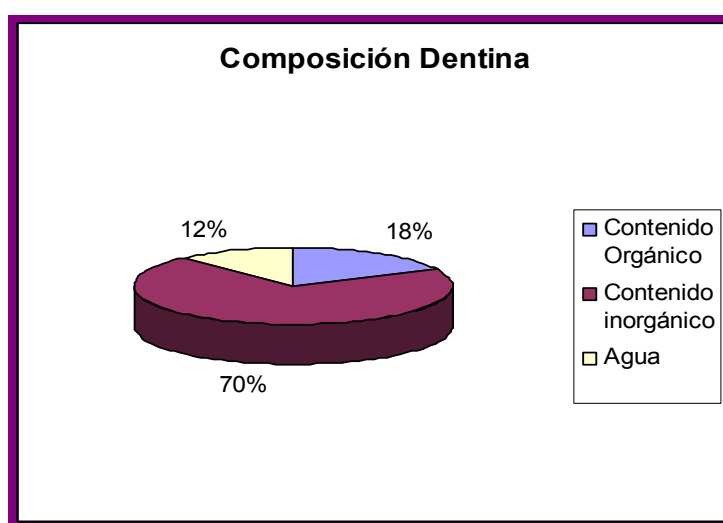
Debido a que la composición del esmalte y la dentina son diferentes, es también distinta la manera que tienen ambos tejidos de interactuar con los sistemas adhesivos. La adhesión en dentina ha sido difícil de desarrollar principalmente por su compleja estructura y su composición variable <sup>(4)</sup>.

La dentina corresponde al tejido mineralizado más abundante de la pieza dentaria <sup>(5, 24)</sup>. Está constituida aproximadamente por 70% de materia inorgánica, 18 %



de materia orgánica y 12% de agua (Gráfico N° 2). 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 <sup>(5)</sup>.

Gráfico N° 2



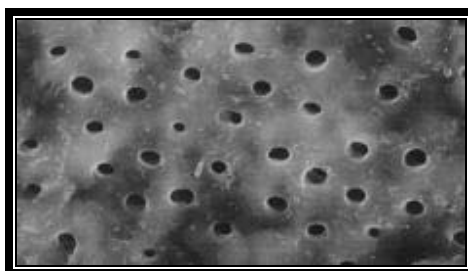
Las entidades estructurales básicas de la dentina son las prolongaciones odontoblásticas, los túbulos dentinarios y la matriz dentinaria calcificada <sup>(5)</sup>.

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 <sup>(4, 5)</sup>.

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.

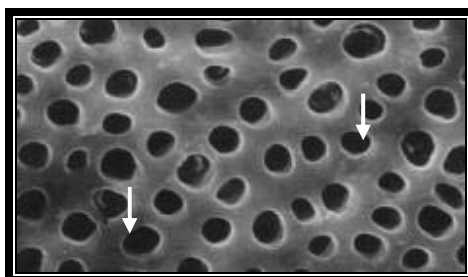
Los túbulos dentinarios cerca de la pulpa no sólo son de mayor diámetro, sino que también más numerosos. La cantidad de túbulos es mayor en la corona que en la raíz <sup>(4, 5, 25)</sup>. (Fig. N° 6 y Fig. N° 7).

Figura N° 6: Túbulos dentinarios dentina superficial



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido de dentina superficial <sup>(22)</sup>.

Figura N° 7: Túbulos dentinarios dentina profunda



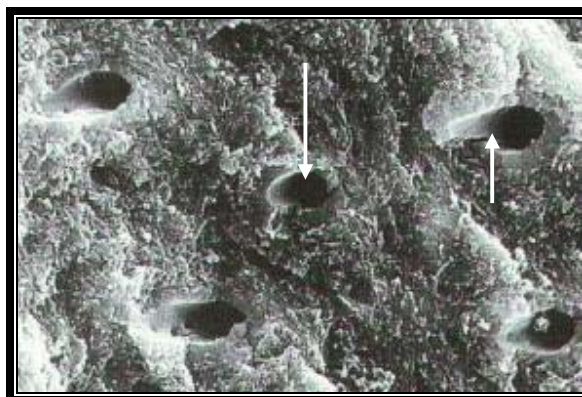
Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido de dentina profunda: Nótese mayor cantidad de túbulos dentinarios y de mayor diámetro que en dentina superficial <sup>(22)</sup>.

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 <sup>(5)</sup>.

Entre la pared del túbulo y la prolongación odontoblástica se encuentra el llamado, espacio periodontoblástico, donde se encuentra la linfa dentinaria, que es un trasudado de los capilares terminales de la pulpa. Este fluido dentinario tendría importancia en los intercambios iónicos y en la transmisión del dolor<sup>(4,5)</sup>.

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<sup>(4,5)</sup>. (Fig. N° 8).

Figura N° 8: Dentina Peritubular

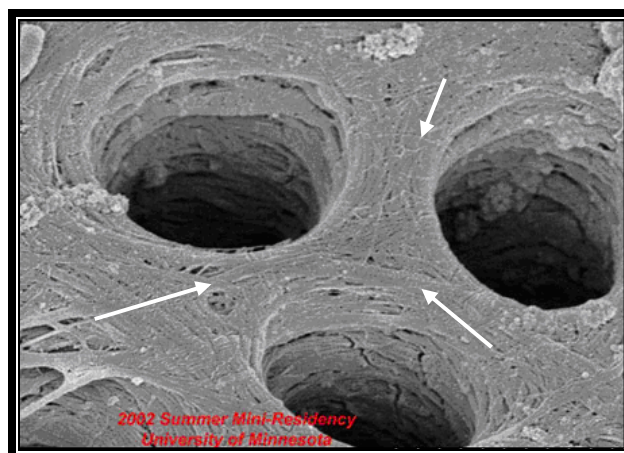


Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Dentina peritubular de alto contenido mineral, rodeando los túbulos dentinarios. Las flechas indican los túbulos dentinarios<sup>(22)</sup>.

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

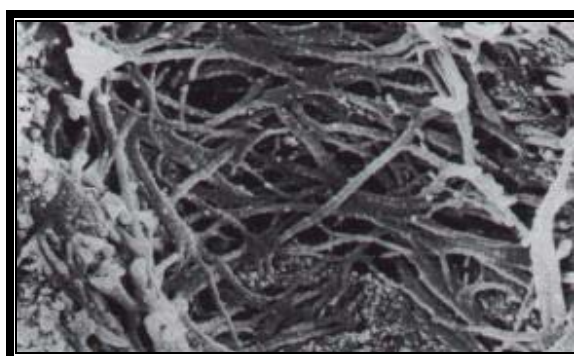
colágenas se disponen en forma de una red alrededor de los túbulos dentinarios <sup>(4, 5)</sup>.  
(Fig. N° 9 y Fig. N° 10).

Figura N° 9: Dentina Intertubular



Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Dentina intertubular, indicada por las flechas <sup>(22)</sup>.

Figura N° 10 Dentina Intertubular

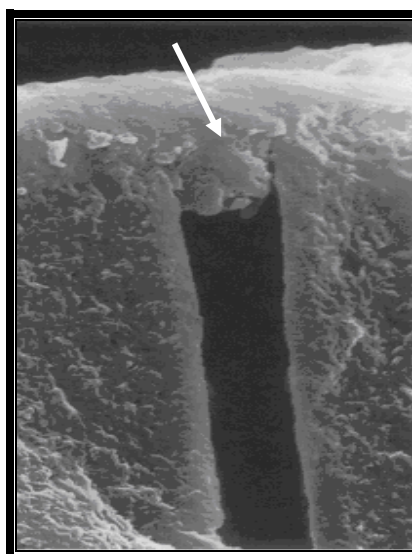


Fotografía al Microscopio Electrónico de Barrido. Dentina intertubular. Con menor grado de mineralización y la presencia de una malla de fibras de colágeno <sup>(22)</sup>.

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” <sup>(4, 7, 26)</sup>. (Fig. N° 11).

Figura N° 11: Barro Dentinario



Fotografía al microscopio electrónico de barrido, se indica con la flecha el barro dentinario ocluyendo el túbulo dentinario <sup>(27)</sup>.

El barro dentinario, al actuar como una barrera de difusión, disminuye la permeabilidad dentinaria protegiendo la pulpa, reduciendo la sensibilidad post-operatoria, lo que en un principio fue considerado como una ventaja, 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. Además, las bacterias que quedan atrapadas en el barro dentinario pueden sobrevivir y multiplicarse bajo las restauraciones <sup>(4, 7, 27, 28, 29)</sup>.

En la actualidad existen numerosos productos propuestos como adhesivos dentinarios, los cuales pueden remover, modificar o impregnar el barro dentinario <sup>(28)</sup>.

### **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 <sup>(18)</sup>.

## Desarrollo en el tiempo de los Adhesivos Dentinarios

### **1ª Generación**

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 <sup>(7, 30)</sup>.

### **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-glicidylmetacrilato (BIS-GMA) o el hidroxietil metacrilato (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 modifican el barro dentinario. 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 <sup>(6, 7, 30)</sup>.

### **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 <sup>(6, 30)</sup>.

### **4ª Generación**

Este sistema adhesivo aparece a principios de la década de los noventa, son llamados “three step” o “tres-pasos” o también sistemas adhesivos con grabado ácido total. Su mecanismo de acción consta de tres pasos, acondicionamiento, aplicación de un Primer 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 ácido simultáneo de la dentina y el esmalte, desmineralizando el componente inorgánico, exponiendo las fibras de colágeno. La malla de colágeno desmineralizada será tratada con un Primer, que consiste en una resina de tipo hidrofílica, que actúa como un agente de enlace entre la resina adhesiva, que es hidrofóbica, y la dentina húmeda, que es hidrofílica. El Primer es capaz de penetrar la dentina húmeda, para luego unirse a



través de enlaces químicos a la resina adhesiva. Finalizada la aplicación del adhesivo, éste es polimerizado, para terminar con la colocación de la resina compuesta restauradora <sup>(6, 7, 30)</sup>.

### **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 Primer y el adhesivo de resina en una botella, por esto fueron llamados “one-bottle” o “monobotella”, que también corresponden a sistemas adhesivos con grabado ácido total. Se basa en el mismo procedimiento que la generación anterior, ahorrándose un paso. Se realiza el grabado ácido total y luego la aplicación del adhesivo que en su interior contiene el Primer. 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 post-operatoria, asociadas al grabado ácido, que remueve el barro dentinario y aumenta la permeabilidad de los túbulos. Muchos de estos adhesivos se encuentran actualmente disponibles, incluyendo Prime & Bond 2.1 NT (Dentsply Caulk), Single Bond (3M), Optibond Solo (Kerr) y One-Step (Bisco) <sup>(6, 30)</sup>.

### **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). Fue así como aparecieron los sistemas autograbantes, que no requieren un grabado ácido previo a su aplicación, encontrándose los *Primers autograbantes* (two-step o dos pasos) y los *Adhesivos autograbantes* (all-in-one-materials o materiales todo en uno) <sup>(6, 31)</sup>.

*Los Primers Autograbantes*, consisten en dos botellas. La primera combina el grabado ácido y la aplicación del Primer y la segunda contiene el adhesivo de resina. Este material puede grabar e *imprimir* (acción del Primer) el esmalte y la dentina simultáneamente, es decir, desmineraliza el componente inorgánico de la dentina infiltrando con el Primer las fibras de colágeno expuestas, con un segundo paso operatorio que es la aplicación del adhesivo. En esta categoría se encuentra Clearfil SE Bond de Kuraray <sup>(6, 17, 28, 32, 33)</sup>.

*Los Adhesivos Autograbantes*, al igual que los primers autograbantes corresponden a dos botellas, la primera que contiene el ácido y el Primer 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 <sup>(32, 33)</sup>.

#### Clasificación de Adhesivos Dentinarios

Distintos tipos de adhesivos han sido desarrollados en los últimos años, así como también han aparecido múltiples clasificaciones de éstos. Como una manera de simplificar sus aplicaciones clínicas han sido clasificados según como interactúan con el barro dentinario. Según esto existen dos tipos de adhesivos dentinarios: Los **sistemas adhesivos con grabado ácido total** y los **sistemas adhesivos autograbantes**. Los primeros realizan el grabado ácido de la dentina y esmalte simultáneamente, removiendo el barro dentinario, con la posterior aplicación de un Primer y de un adhesivo. A este tipo corresponden los sistemas adhesivos de cuarta y quinta generación (monobotella). Los sistemas adhesivos autograbantes utilizan el barro dentinario como sustrato adhesivo, no hay remoción completa de éste. En estos adhesivos no se requiere de un paso previo de grabado ácido. A este grupo corresponden los sistemas adhesivos de

sexta generación, donde encontramos los Primers autograbantes y los adhesivos autograbantes como tal <sup>(6, 32, 33, 34)</sup>.

Actualmente las investigaciones se encuentran centradas en el conocimiento del mecanismo de adhesión y de la efectividad clínica de los sistemas adhesivos autograbantes, en comparación con los sistemas adhesivos de grabado ácido total o quinta generación. El ahorro de tiempo clínico y la simplificación de la técnica que presentan los adhesivos autograbantes con respecto a los adhesivos de grabado ácido total, ha permitido que los primeros tengan una alta aceptación por parte de la comunidad odontológica, pero es necesario un conocimiento acabado de su mecanismo de adhesión, que asegure un comportamiento clínico tan exitoso como lo han tenido los adhesivos con grabado ácido total <sup>(35)</sup>.

### **Mecanismo de adhesión de los Sistemas Adhesivos con Grabado Acido Total**

El mecanismo de acción de los sistemas adhesivos de quinta generación o con técnica de grabado ácido total, es el mismo que poseen los sistemas adhesivos de cuarta generación, pero en dos pasos y no tres como éstos últimos. En los dos pasos de la técnica, ocurren tres procesos: el acondicionamiento, la acción del Primer y la acción del adhesivo <sup>(30)</sup>.

### Acondicionamiento

El acondicionamiento consiste en el grabado simultáneo de dentina y esmalte, con ácido fosfórico, conocido como “técnica de grabado ácido total”, que fue desarrollado el año 1979, por Fusayama et al, convirtiéndose en un técnica ampliamente utilizada en Japón. Sin embargo, el concepto de grabado total sólo fue aceptado en Estados Unidos en la década de los noventa. Se postulaba que la difusión del ácido dentro de los túbulos dentinarios causaba sensibilidad post-operatoria, sin embargo actualmente se sabe que un incorrecto sellado marginal de la restauración es la principal causa de inflamación pulpar <sup>(6, 7, 30)</sup>.

El acondicionamiento o grabado ácido 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 <sup>(4, 30)</sup>. (Fig. N° 12).

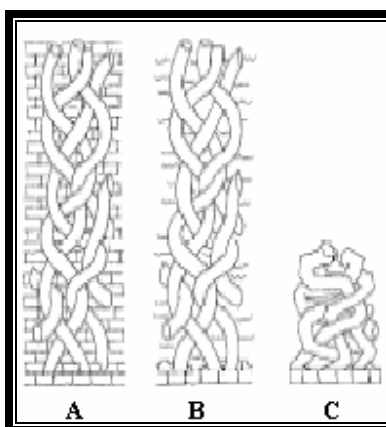
Figura N° 12: Dentina grabada



Fotografía al microscopio electrónico de barrido. Fibras de colágeno expuestas después del proceso de grabado ácido <sup>(7)</sup>.

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 <sup>(27)</sup>. (Fig. N° 13).

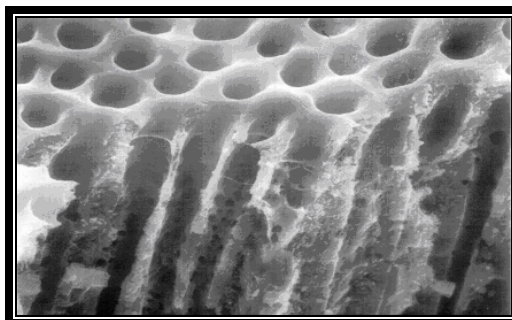
Figura N° 13: Cambios en Dentina grabada



Representación esquemática de estructura colágena, durante el proceso de grabado ácido. A: Matriz dentinaria mineralizada. B: Matriz dentinaria desmineralizada, donde el colágeno se sostiene por la presencia de agua. C: Matriz dentinaria desmineralizada, con colapso de la malla de colágeno, por resecamiento de la dentina <sup>(27)</sup>.

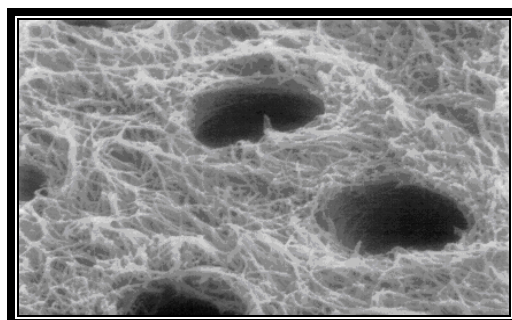
Se ha demostrado en estudios previos, la diferencia estructural que presentan la dentina húmeda y la dentina secada en exceso o reseca. Perdigao et al, realizaron un estudio descriptivo al Microscopio Electrónico de Barrido donde se pueden apreciar claramente estas diferencias <sup>(36)</sup>. (Fig. N° 14 y Fig. N° 15).

Figura N° 14: Dentina desmineralizada secada en exceso



Fotografía al microscopio electrónico de barrido. Dentina desmineralizada mediante el proceso de grabado ácido, secada con aire. Nótese el colapso de la matriz colágena desmineralizada. No se ve espacio entre las fibras <sup>(36)</sup>.

Figura N° 15: Dentina desmineralizada con humedad correcta



Fotografía al microscopio electrónico de barrido. Dentina desmineralizada mediante el proceso de grabado ácido, con humedad correcta. Presencia de una matriz colágena no colapsada, nótese las fibras de colágeno abiertas, por donde podrá penetrar adecuadamente un adhesivo de resina <sup>(36)</sup>.

### Aplicación del Primer y del Adhesivo

Una vez se ha grabado la superficie dentinaria se debe aplicar un adhesivo de resina. La unión del adhesivo a la dentina, se ve dificultada por un problema de compatibilidad química, ya que los adhesivos son hidrofóbicos y la dentina hidrofílica, por la presencia de agua. Es por esto que se debe aplicar un Primer sobre la dentina, que

corresponde a un monómero de resina que contiene uno o más grupos hidrofílicos (hidroxietil metacrilato (HEMA), bisfenol dimetacrilato (BPDM) y 4-metacril-oxi-etil-trimelitato-anhídrido (4-META)), que se encuentran disueltos en solventes orgánicos en la misma botella que contiene al adhesivo. Estas moléculas poseen dos grupos funcionales uno hidrofílico que es afín con la dentina y uno hidrofóbico que tiene afinidad por la resina adhesiva, actuando como agente de enlace entre esta última y la superficie dentinaria. El Primer moja y penetra la malla de colágeno desmineralizada <sup>(4, 6, 30)</sup>.

El adhesivo es una resina sin relleno hidrofóbica, que generalmente es BIS-GMA o UDMA. En el caso de los adhesivos dentinarios de quinta generación, a esta resina hidrofóbica se le han adicionado moléculas con grupos hidrofílicos, tales como el HEMA, que cumple la función del Primer, es decir, es capaz de unir la resina adhesiva hidrofóbica, a la dentina húmeda hidrofílica. 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 <sup>(4, 6, 7, 19, 30)</sup>.

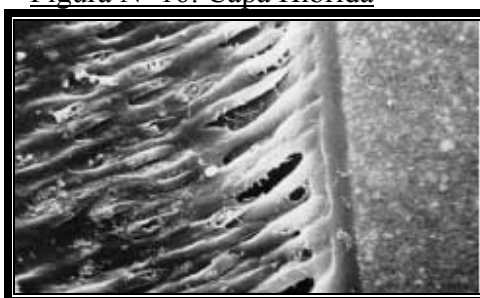
La *capa híbrida* fue descrita por primera vez por Nakabayashi et al, el año 1982, se define como “la estructura formada en tejidos duros del diente (esmalte, cemento y



dentina), producto de la desmineralización de su superficie, que fue infiltrada por monómeros que finalmente fueron polimerizados”, siendo considerado el mecanismo más común por el cual se produce la adhesión en la mayoría de los sistemas adhesivos <sup>(4, 6, 7, 35)</sup>.

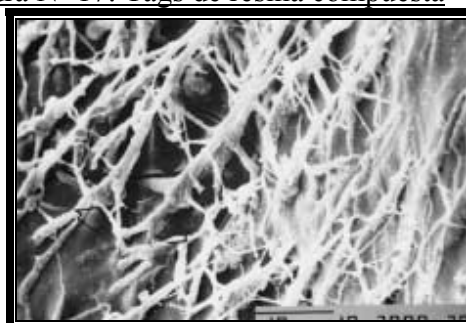
Estudios realizados en dientes extraídos que fueron observados al Microscopio Electrónico de Barrido, revelaron que los adhesivos de resina forman los llamados “tags” de resina. Que corresponde a la resina adhesiva que penetró dentro del túbulo dentinario y fue polimerizada dentro de éste <sup>(4, 7)</sup>. (Fig. N° 16 y Fig. N° 17).

Figura N° 16: Capa Híbrida



Fotografía al microscopio electrónico de barrido. Formación de la capa híbrida entre la dentina grabada y el adhesivo de resina <sup>(7)</sup>.

Figura N° 17: Tags de resina compuesta



Fotografía al microscopio electrónico de barrido. Tags de resina compuesta con ramificaciones laterales <sup>(7)</sup>.

Morfológicamente la capa híbrida se divide en tres zonas <sup>(19)</sup>:

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 transdental:** 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 intradental:** 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.

La mantención de la humedad en dentina luego de realizado el grabado ácido, es vital para lograr una correcta adhesión, ya que la capa híbrida es imposible de formar sobre una superficie dentinaria reseca, por el colapso del colágeno que impide la correcta penetración del adhesivo. La mantención de la humedad de la dentina, es difícil de cuantificar, ya que no se ha determinado clínicamente un método que permita obtener una dentina lo suficientemente húmeda como para no provocar el colapso de la red colágena, y lo suficientemente seca como para que la presencia de agua no interfiera en la adhesión. La penetración parcial del adhesivo de resina no permitirá una correcta

unión de la resina restauradora a la superficie dentinaria, resultando bajos valores de fuerza adhesiva. La fuerza adhesiva es generalmente menor cuando no hay formación de la capa híbrida. Estudios *in vitro*, indican que la formación de la capa híbrida o hibridación proporciona un porcentaje bastante importante de la adhesión a dentina<sup>(4, 7, 27, 35)</sup>.

En estos adhesivos la aplicación por separado del ácido y del adhesivo podría resultar en una diferencia de profundidad de desmineralización y de penetración del adhesivo, lo cual también influye en la calidad de la adhesión, por la formación de una capa híbrida de menor calidad, con la consiguiente nanofiltración<sup>(37, 38)</sup>.

### **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 <sup>(17, 33, 35)</sup>.

Los adhesivos autograbantes no requieren un paso separado de acondicionamiento o grabado ácido, lo que eliminaría un paso crítico, que es el lavado y posterior secado de la dentina, 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 dentinaria. Al eliminar el paso del lavado del ácido y el secado de la dentina, se disminuye el riesgo que haya un colapso de la malla de colágeno desmineralizada, que es uno de los principales problemas que posee la técnica de los adhesivos convencionales <sup>(35, 39)</sup>.

En los adhesivos autograbantes la adhesión 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 post-operatoria 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 <sup>(34, 35)</sup>.

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 <sup>(32, 35, 37, 40, 41)</sup>.

Hasta la fecha distintos estudios se han realizado para analizar el desempeño de los adhesivos autograbantes comparándolos con los sistemas adhesivos con grabado ácido total, en cuanto a su fuerza adhesiva, microfiltración, características de la capa híbrida, sensibilidad post-operatoria, etc.

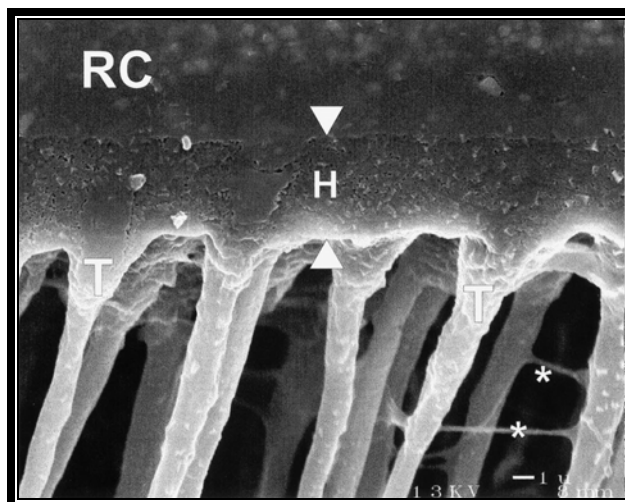
Sundfeld, R. et al, realizaron un estudio *in vitro*, al microscopio óptico de luz, para analizar el grosor de la capa híbrida formada por Adper Prompt L-Pop (adhesivo autograbante), donde los resultados demuestran que el grosor de la capa híbrida fue mayor cuando el adhesivo fue aplicado en dentina previamente grabada con ácido fosfórico, que cuando fue aplicado sobre dentina sin grabar. A la vez, el aumento del tiempo de aplicación del adhesivo no demostró cambios en la formación de la capa híbrida <sup>(31)</sup>.

Hashimoto, M. et al, demostraron que no existe diferencia en la nanofiltración entre adhesivos dentinarios con grabado ácido total y adhesivos dentinarios autograbantes <sup>(37)</sup>.

Türkün, S. en un estudio *in vivo*, comparó el desarrollo clínico entre un adhesivo autograbante (Clearfil SE Bond de Kuraray) y un adhesivo con grabado ácido total (Prime & Bond NT de Dentsply Caulk). Fueron comparados en cuanto a filtración marginal, cambio de color de la restauración, sensibilidad post-operatoria, adaptación marginal, desarrollo de caries recidivante y tasa de retención. No se encontró diferencias significativas en el comportamiento clínico a lo largo de dos años en ambos materiales <sup>(29)</sup>.

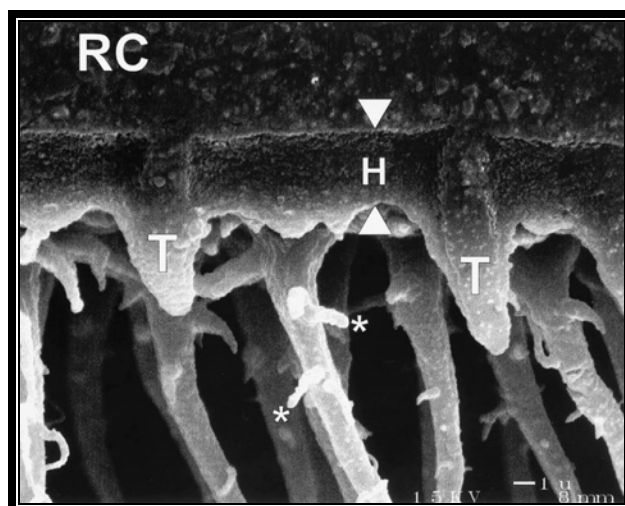
R. Frankenberger et al, realizaron un estudio *in vitro*, donde compararon un adhesivo autograbante (Prompt L-Pop de 3M ESPE) con dos adhesivos de grabado ácido total (EBS Multi de ESPE y Prime & Bond NT de Dentsply Caulk). Fueron comparados en cuanto a su resistencia adhesiva, donde la aplicación de varias capas de adhesivo autograbante no presenta diferencias significativas en la fuerza adhesiva en comparación con los adhesivos de grabado ácido total. A la vez se analizó mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), la capa híbrida formada por estos distintos sistemas adhesivos <sup>(42)</sup>. (Fig.Nº18, Fig.Nº19, Fig. Nº 20 y Fig.Nº21).

Figura N° 18: Interfase Dentina/Adhesivo Prime & Bond NT



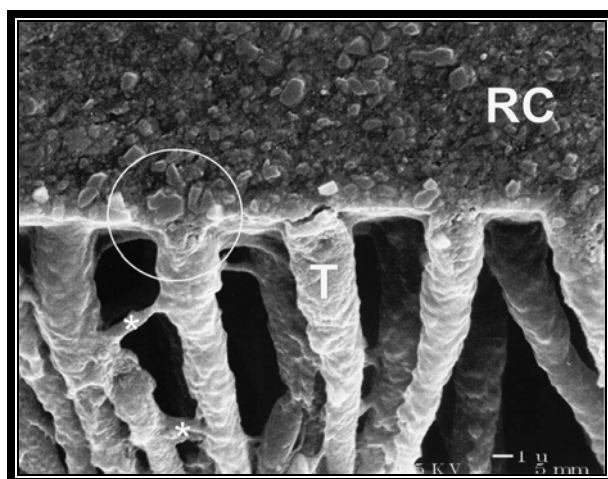
Fotografía MEB de la interfase formada por Prime & Bond NT. Se aprecia la formación de la capa híbrida (H), cuyo grosor es aproximadamente 4 micrones. (RC) resina compuesta, (T) tags de resina compuesta formados por el adhesivo y las ramificaciones laterales de éstos (\*).

Figura N° 19: Interfase Dentina/Adhesivo EBS Multi



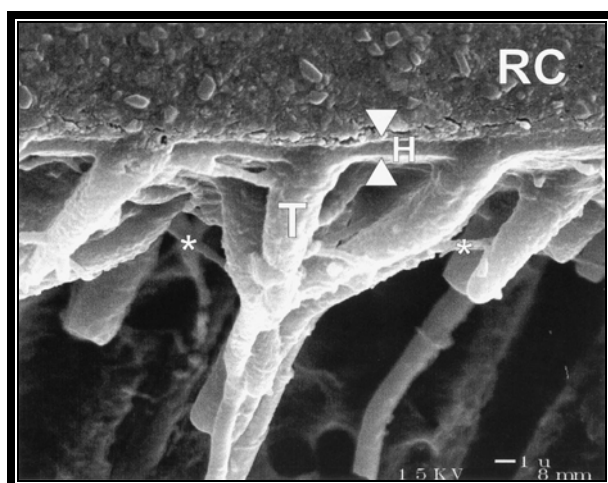
Fotografía MEB de la interfase formada por EBS Multi. Se observa la capa híbrida (H), los tags de resina formados por el adhesivo (T) y las ramificaciones laterales de éstos (\*).

Figura N° 20: Interfase Dentina/Adhesivo Prompt L-Pop (1 capa)



Fotografía al MEB. Aplicación de una capa de adhesivo Prompt L-Pop, no hay formación de capa híbrida. La resina compuesta (RC) se une directamente a la dentina sin la formación de una interfase (circulo).

Figura N° 21: Interfase Dentina/Adhesivo Prompt L-Pop (Multicapas)

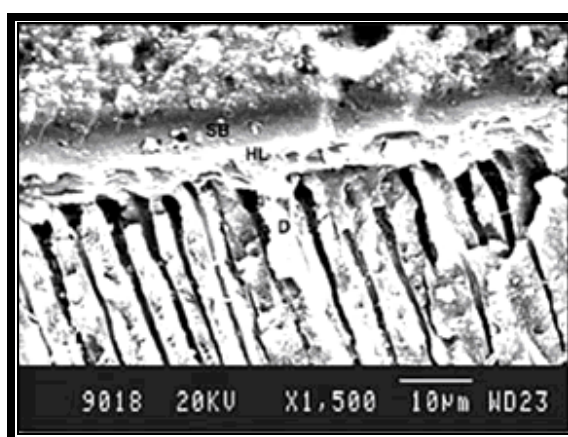


Fotografía al MEB. Aplicación de varias capas de adhesivo Prompt L-Pop. Capa híbrida (H), de 1 micrón de grosor, existe formación de tags de resina (T) y de ramificaciones laterales de éstos (\*).



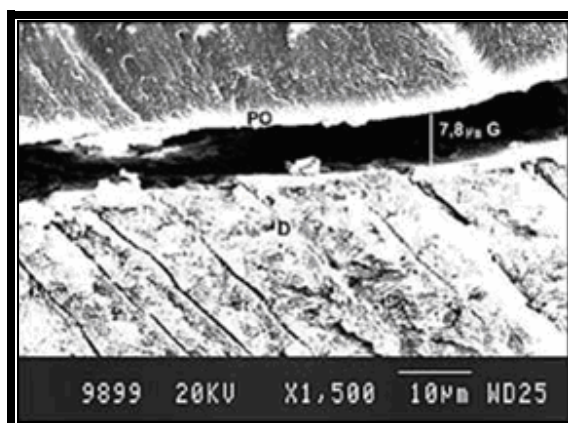
Öztas, N. et al, realizaron un estudio in vitro, donde fue analizado la aplicación de una o dos capas de adhesivo autograbante, Prompt L-Pop, en piezas temporales, comparándolo con un adhesivo con grabado ácido total, Single Bond (3M ESPE), fotografiadas al MEB <sup>(40)</sup>. (Fig. N° 22, Fig. N° 23 y Fig. N° 24).

Figura N° 22: Interfase Dentina/Adhesivo Single Bond



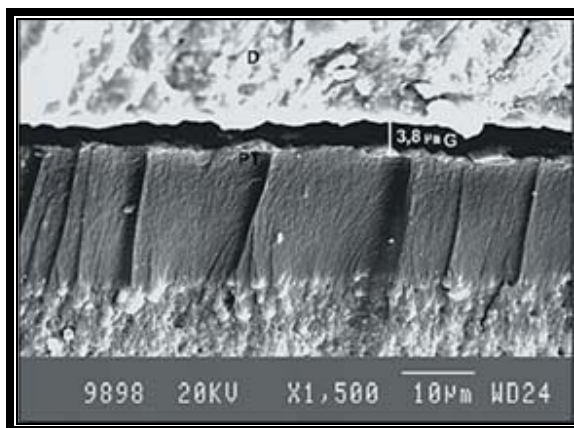
Fotografía MEB. Formación de capa híbrida (HL), se observa la interfase entre la resina compuesta y la capa híbrida formada por el adhesivo Single Bond (SB), (D) dentina.

Figura N° 23: Interfase Dentina/Adhesivo Prompt L-Pop aplicado (una capa)



Fotografía MEB. Interfase entre el adhesivo Prompt L-Pop aplicado en una capa (PO) y la dentina (D). Se observa un brecha entre ambas estructuras (G), de 7.8 micrones de grosor.

Figura N° 24: Interfase Dentina/Adhesivo Prompt L-Pop (2 capas)



Fotografía MEB. Interfase entre el adhesivo Prompt L-Pop aplicado en dos capas (PT) y la dentina (D). Se observa un brecha entre ambas estructuras (G), de 3.8 micrones de grosor.

Este estudio demostró que existen diferencias significativas, en la interfase entre la dentina, de una pieza temporal, y el adhesivo, cuando se utiliza un sistema autograbante en comparación con un sistema de grabado ácido total. El adhesivo autograbante no se une íntimamente a la dentina, formando una brecha en la interfase, la que disminuye con la aplicación de dos capas de adhesivo, pero sin ser eliminada. En cambio el adhesivo con grabado ácido total, fue capaz de sellar perfectamente la interfase entre dentina y adhesivo, sin la formación de una brecha<sup>(40)</sup>.

En la práctica habitual de la odontología restauradora, los adhesivos de quinta generación son ampliamente utilizados, en vista de sus buenos resultados tanto in vitro como in vivo, entre ellos se encuentra el adhesivo *Single Bond de 3M ESPE*.

### ***Single Bond 3M ESPE***

Corresponde a un adhesivo con grabado ácido total o de quinta generación. Está compuesto de una solución de agua, etanol, HEMA, BIS-GMA, dimetacrilatos, copolímeros funcionales de metacrilato de ácido poli-acrílico y poli-itacónico, además posee un nuevo sistema fotoiniciador que permite la polimerización en 10 segundos. Este adhesivo es presentado por sus fabricantes como un adhesivo que utiliza la técnica “adhesión en húmedo”, la cual se ve favorecida por la presencia de ácido polialquenoico, que le permite al adhesivo resistir el efecto de la humedad de la dentina, evitando que ésta interfiera en la unión adhesiva <sup>(43)</sup>.

El adhesivo Single Bond, está diseñado para actuar sobre una superficie acondicionada con ácido fosfórico, en una concentración de 35 % según sus fabricantes. Posee un pH de 0.6 y está creado para ser utilizado con todas las aplicaciones fotopolimerizables <sup>(43)</sup>.

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 Prompt.

### ***Adper Prompt 3M ESPE***

Adper Prompt es un adhesivo autograbante o todo en uno, que fue desarrollado por 3M ESPE basándose en el adhesivo autograbante anterior, Prompt L- Pop <sup>(44)</sup>.

Adper Prompt es un adhesivo con base de agua, que consiste en dos líquidos que son mezclados previo a su uso. Se ha logrado maximizar la fuerza de adhesión del esmalte y la dentina, en parte, mediante la optimización de la cantidad relativa de metacrilatos funcionales no ácidos con ésteres fosfóricos de metacrilato ácidos <sup>(44)</sup>.

Componentes:

*Líquido n° 1:*

- Esteres fosfóricos de metacrilato
- Bis- GMA
- Iniciadores basados en canforoquinona
- Estabilizadores

*Líquido n° 2:*

- Agua
- 2-Hidroxietil metacrilato (HEMA)
- Acido polialquénico
- Estabilizadores

La presencia de canforoquinona en su composición, que cumple la función de fotoiniciador, permite que Adper Prompt pueda ser polimerizado con lámparas halógenas, lámparas de arco de plasma, láser y lámparas LED <sup>(44)</sup>.

Los adhesivos dentinarios de autograbado se presentan, en teoría, con numerosas ventajas, en comparación con los adhesivos de quinta generación. Sin embargo, debido a los resultados contradictorios que presentan las distintas investigaciones al respecto entre sí, es necesario realizar un estudio, sobre cuales son sus reales efectos sobre la superficie dentinaria en comparación con sus predecesores. Por ello, este estudio pretende analizar comparativamente un adhesivo autograbante (sexta generación) con un adhesivo con grabado ácido total (quinta generación), desde el punto de vista de su efecto sobre la dentina, mediante la observación al microscopio electrónico de barrido, para determinar si existen diferencias significativas entre ellos, tanto en la obtención de un adecuado sellado sin presencia de interfase, como en la modificación de estructuras dentinarias.

## **HIPÓTESIS**

Existen diferencias significativas en la superficie dentinaria tratada con un adhesivo de sexta generación o autograbante en comparación con un sistema adhesivo con grabado ácido total.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar si existen diferencias significativas en la superficie dentinaria tratada con un adhesivo de sexta generación o autograbante en comparación con un sistema adhesivo con grabado ácido total.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria sin tratar, desde una vista oclusal.
2. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria, tratada con la técnica de grabado ácido total, desde una vista oclusal.

3. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria, tratada con un adhesivo autograbante, Adper Prompt (lavado), desde una vista oclusal.
4. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria sin tratar, al corte sagital, luego de realizada una cavidad oclusal.
5. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria, al corte sagital, luego de realizada una cavidad oclusal, después de ser tratada con grabado ácido total.
6. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria, al corte sagital, luego de realizada una cavidad oclusal, después de ser tratada con un adhesivo autograbante, Adper Prompt (lavado).
7. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria, al corte sagital, luego de realizada una cavidad oclusal, después de ser tratada con un sistema adhesivo de quinta generación, Single Bond, con grabado ácido total.
8. Analizar al microscopio electrónico de barrido, la imagen de la superficie dentinaria, al corte sagital, luego de realizada una cavidad oclusal, después de ser tratada con un adhesivo autograbante, Adper Prompt, polimerizado.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

En este estudio se utilizaron 8 piezas dentarias, entre terceros molares y premolares, sanos, sin caries. Se utilizan piezas sin caries, ya que no presentan dentina esclerótica que podría dificultar la adhesión. Una vez extraídos fueron colocados en una solución de suero fisiológico con formalina al 2%.

### **Preparación de las muestras**

Las piezas dentarias fueron lavadas con suero fisiológico, antes de su preparación. A todas las piezas se le cortaron sus raíces en el límite amelo-cementario, con micromotor y disco de carborundum, utilizando abundante agua como refrigerante, obteniendo 8 coronas. Las coronas fueron numeradas con números desde el 1 al 8.

A las coronas números 1,2 y 3, se les realizó el siguiente procedimiento: con micromotor y disco de carborundum, utilizando abundante agua como refrigerante, se les efectuó un primer corte en dirección mesio-distal, y un segundo corte a nivel oclusal en su tercio superior, obteniéndose una superficie plana. Posteriormente la superficie fue fresada con una fresa de diamante cilíndrica de punta plana.



A las coronas números 4 al 8 se les realizó el siguiente procedimiento: Con una fresa de diamante cilíndrica de punta plana y turbina, se realizó una cavidad oclusal, en dentina, con un profundidad de 3mm, medidos desde los bordes cabo superficiales proximales, y con un ancho aproximado, más de un tercio de la distancia intercuspídea. Luego de realizada la cavidad, se realizó un corte en dirección mesio distal, con micromotor y disco de carborundum, utilizando abundante agua como refrigerante. Finalmente se fresó la superficie cortada para dejar una superficie pareja.

Todas las muestras fueron marcadas en la superficie opuesta a tratar, con lápiz grafito, para identificar la superficie que sería observada.

Se lavaron las 8 muestras con abundante agua destilada, para eliminar las sales del suero, luego fueron secadas suavemente en papel filtro.

Una vez hecho esto, se tenían 8 muestras: 3 para ser observadas en superficie, desde una vista oclusal (nº 1, 2 y 3), y 5 para ser observadas en una vista sagital (nº 4 al nº 8).

#### Tratamiento de las muestras:

##### **Muestra N° 1**

Corte de dentina en superficie, fresada. Sin ningún procedimiento adicional.

**Muestra N° 2**

Corte de dentina en superficie, fresada. Tratada con ácido ortofosfórico al 37% en gel, marca SDI. El ácido fue aplicado durante 15 segundos en dentina y 30 segundos en esmalte. Una vez transcurrido el tiempo se lavó con abundante agua la muestra, hasta eliminar todo el ácido y fue secada la superficie, suavemente, con una pera de aire.

**Muestra N° 3**

Corte de dentina en superficie, fresada. Tratada con adhesivo de auto-grabado, “Adper Prompt” (3M ESPE). Se mezclaron ambos componentes del adhesivo según las instrucciones del fabricante. Se aplicó sobre la superficie con un pincel, frotándola durante 15 segundos. Se dejó actuar durante 30 segundos, posteriormente se lavó con agua y se dejó secar sobre un papel filtro.

**Muestra N° 4**

Corte sagital de cavidad oclusal en dentina, fresada. Sin ningún procedimiento adicional.

**Muestra N° 5**

Corte sagital de cavidad oclusal en dentina, fresada. Tratada con ácido ortofosfórico al 37% en gel (SDI). El ácido fue aplicado durante 15 segundos en dentina y 30 segundos

en esmalte. Una vez transcurrido el tiempo se lavó con abundante agua la muestra, hasta eliminar todo el ácido y fue secada la superficie, suavemente, con una pera de aire.

#### **Muestra N° 6**

Corte sagital de cavidad oclusal en dentina, fresada. Tratada con adhesivo de auto-grabado, “Adper Prompt”. Se mezclaron ambos componentes del adhesivo según las instrucciones del fabricante. Se aplicó sobre la superficie con un pincel, frotándola durante 15 segundos. Se dejó actuar el material durante 30 segundos, posteriormente se lavó con agua y se dejó secar sobre un papel filtro.

#### **Muestra N° 7**

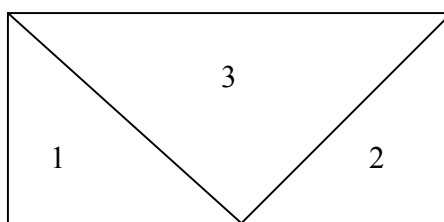
Corte sagital de cavidad oclusal en dentina, fresada. Tratada con ácido ortofosfórico al 37% en gel (SDI). El ácido fue aplicado durante 15 segundos en dentina y 30 segundos en esmalte. Una vez transcurrido el tiempo se lavó con abundante agua la muestra, hasta eliminar todo el ácido y fue secada la cavidad con papel filtro, cuidando de no reseca la superficie.

Luego se aplicó el adhesivo con grabado ácido total, “Single Bond” (3M ESPE). Se aplicó una primera capa de adhesivo con un pincel, se frotó por toda la superficie, se sopló suavemente con una pera de aire. Se aplicó la segunda capa de adhesivo y se

polimerizó durante 20 segundos colocando la lámpara de frente a la muestra y 20 segundos colocando la lámpara desde arriba.

Una vez hecho esto se colocó la resina compuesta, “Filtek Supreme” (3M), en tres incrementos. Primero un incremento mesial, de forma triangular, el que fue polimerizado durante 10 segundos, a través de la superficie dentaria mesial, y 20 segundos desde arriba, luego un incremento distal, de forma triangular, el que fue polimerizado durante 10 segundos, a través de la superficie dentaria distal, y 20 segundos desde arriba, por último un tercer incremento para completar la cavidad, también de forma triangular, al cual fue polimerizado durante 30 segundos desde arriba de la cavidad. La figura N° 25, muestra los tres incrementos y como se conformó la restauración.

Figura N° 25: Esquema de restauración de la cavidad oclusal



Los números indican los incrementos n° 1 incremento mesial, n° 2 incremento distal y n° 3, incremento oclusal.

**Muestra N° 8**

Corte sagital de cavidad oclusal en dentina, fresada. Tratada con adhesivo de auto-grabado, “Adper Prompt”. Se mezclaron ambos componentes del adhesivo según las instrucciones del fabricante. Se aplicó sobre la superficie con un pincel, frotándola durante 15 segundos. Finalmente se polimerizó el adhesivo durante 20 segundos de frente y 20 segundos desde arriba. Luego se procedió a restaurar la cavidad siguiendo el mismo procedimiento que el seguido en la muestra n° 7. La tabla N° I, muestra un resumen de los procedimientos.

Tabla N° I: Resumen de procedimientos realizados en las muestras

<b>Muestra</b>	<b>Corte</b>	<b>Procedimiento</b>
<b>1</b>	Superficie	Sin Tratamiento
<b>2</b>	Superficie	Ácido Ortofosfórico al 37%
<b>3</b>	Superficie	Adhesivo Adper Prompt (Sin polimerizar, lavado)
<b>4</b>	Sagital	Sin Tratamiento
<b>5</b>	Sagital	Ácido Ortofosfórico al 37%
<b>6</b>	Sagital	Adhesivo Adper Prompt (Sin polimerizar, lavado)
<b>7</b>	Sagital	Ácido Ortofosfórico al 37%/ Adhesivo Single Bond/ Composite
<b>8</b>	Sagital	Adhesivo Adper Prompt (polimerizado)/ Composite

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 <sup>(45)</sup>.

Previo al posicionamiento de las muestras en el MEB, éstas deben ser sometidas a los siguientes procedimientos <sup>(46)</sup>:

1. **Secado:** Las muestras fueron colocadas en una capsula de petri sobre papel filtro, en una estufa de secado a 37°C durante 2 días. La muestra debe estar completamente seca para lograr un correcto vacío en el microscopio, que permite el paso de los electrones dentro de éste sin interferencias.
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.

Luego las 8 muestras fueron fotografiadas en un MEB marca Zeiss, modelo DMS 940, que posee un poder de magnificación de X 20.000 <sup>(46)</sup>. Este microscopio se

encuentra en el laboratorio de Microscopía Electrónica CESAT-ICBM, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, a cargo de la Tec. Médica Nancy Olea.

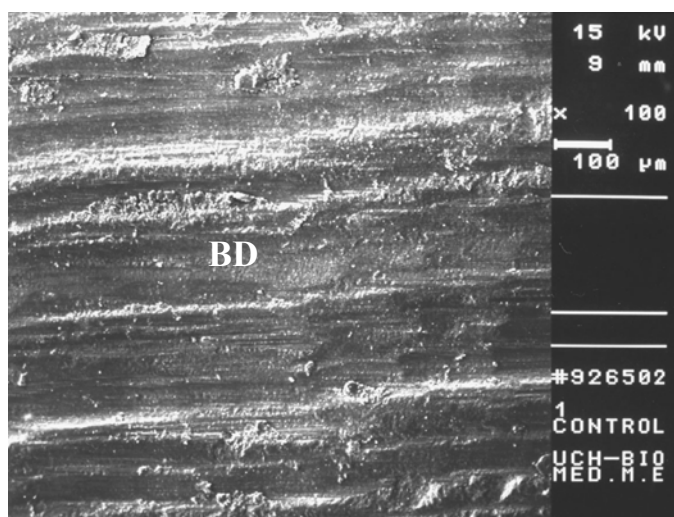
La toma de la fotografía se realiza con una cámara analógica de 35mm, T-Max de Kodak, la cual al momento del revelado permite una amplia gama de grises <sup>(46)</sup>.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La observación al MEB, de las muestras de dentina tratadas con un adhesivo autograbante (Adper Prompt 3M ESPE), y con un adhesivo con grabado ácido total (Single Bond 3M ESPE), reveló los siguientes resultados:

En una vista oclusal de la dentina, se observa que realizar el fresado de ésta se deposita sobre su superficie el denominado barro dentinario (BD), el cual ocluye los túbulos dentinarios, como es posible observar en la fotografía N° 1. Nótese además la huella del fresado dejada en la superficie dentinaria.

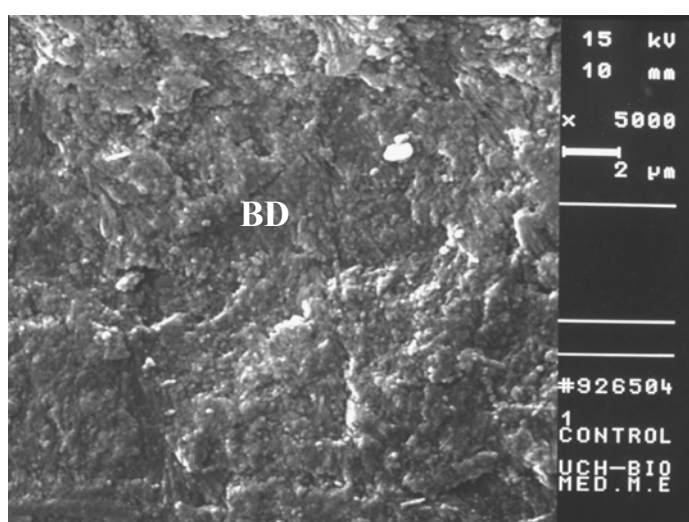
Fotografía MEB N° 1: Vista oclusal de la superficie dentinaria fresada 100X





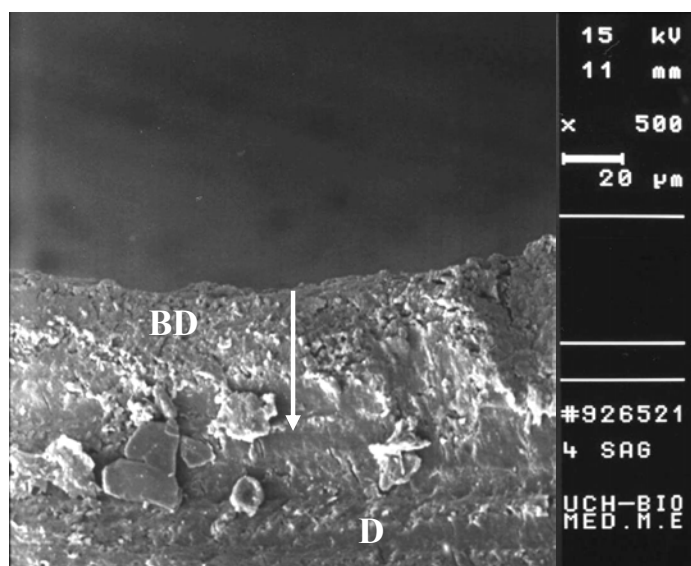
En una ampliación de la fotografía anterior, es posible observar que el barro dentinario (BD), no presenta una estructura definida (Fotografía N° 2), pero que sin embargo, a pesar de su desorganización, mantiene sellados los túbulos dentinarios.

Fotografía MEB N° 2: Vista oclusal de la superficie de dentina fresada 5000X

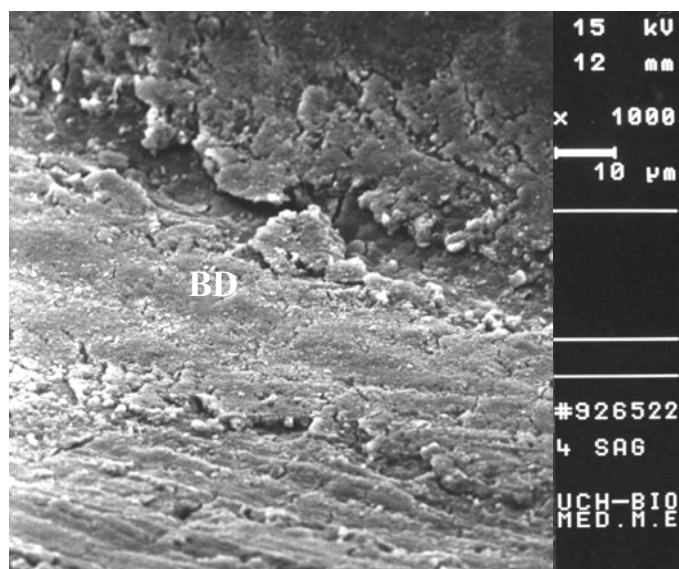


Al realizar la observación al MEB, de la dentina fresada pero esta vez en una vista sagital de una cavidad oclusal, se obtienen similares resultados, si se compraran con la vista oclusal. Se observa el barro dentinario (BD), bloqueando los túbulos y sin una estructura definida (Fotografía N° 3 y N° 4). En la fotografía N° 3, la flecha indica el grosor aproximado del barro dentinario.

Fotografía MEB N° 3: Vista sagital de cavidad oclusal, dentina fresada 500X

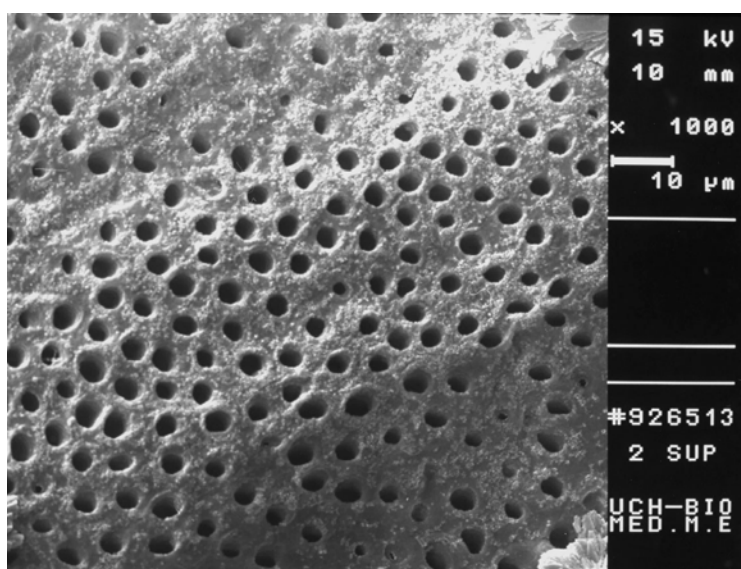


Fotografía MEB N° 4: Vista sagital de cavidad oclusal, dentina fresada 1000X

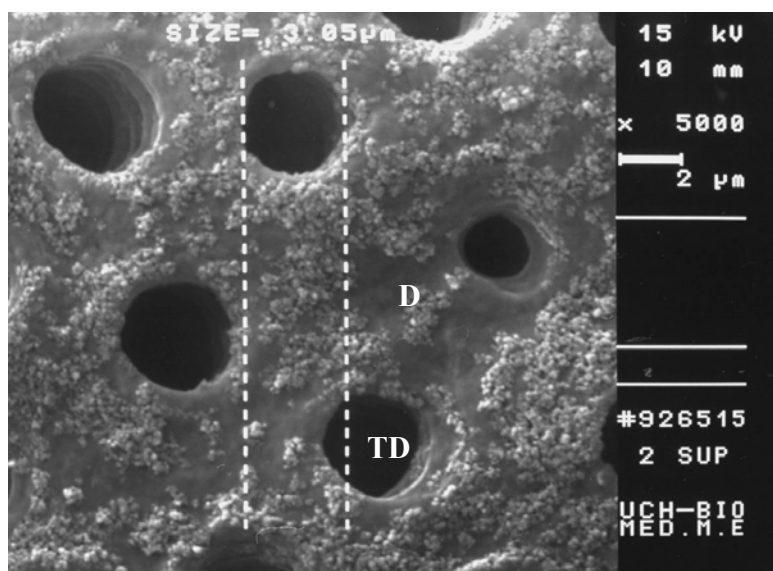


El tratamiento de la dentina (D) con ácido ortofosfórico al 37%, produjo la eliminación del barro dentinario y a la vez la apertura de los túbulos (TD), lo que es posible de observar en ambos cortes de dentina tanto en superficie como sagital (Fotografías N° 5, N° 6, N° 7, N° 8, N° 9).

Fotografía MEB N° 5: Vista oclusal de la superficie de dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37% 1000X



Fotografía MEB N° 6: Vista oclusal de la superficie de dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37% 5000X

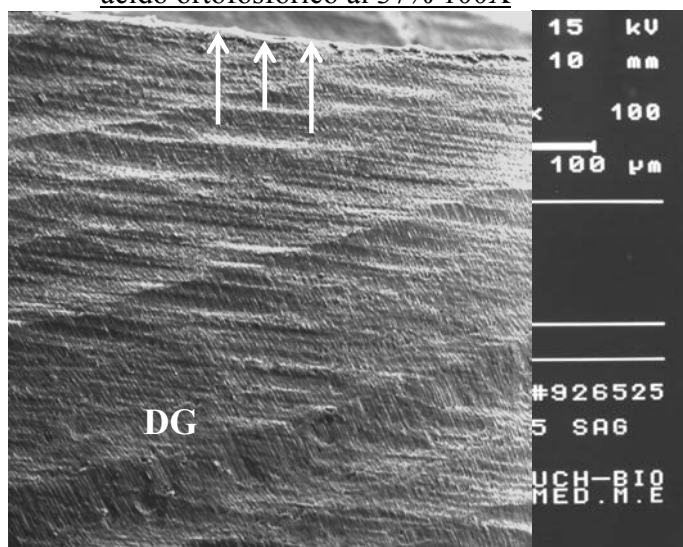


Al observar las fotografías N° 5 y N° 6, se observa que la superficie dentinaria, posee unas irregularidades sobre ella, que podrían corresponder a restos de barro dentinario, que posiblemente no fue eliminado por un insuficiente tiempo de grabado de la muestra. En la fotografía N° 6, no se observan diferencias en el diámetro de apertura de los túbulos dentinarios (TD).

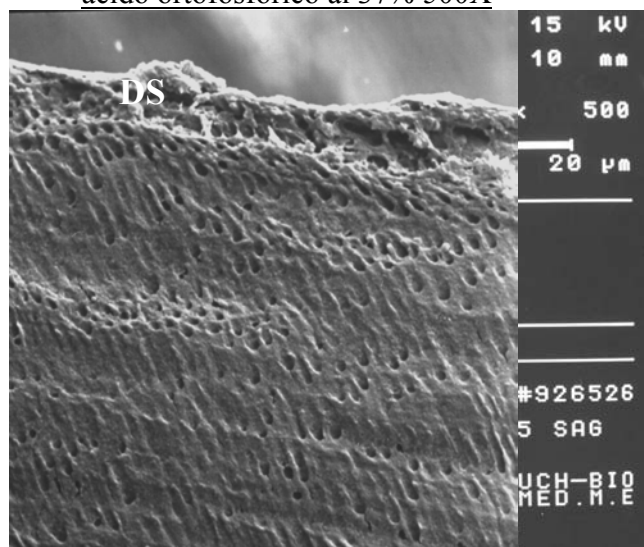
Al realizar la observación de la dentina grabada (DG) en una baja magnificación, es posible observar la huella que deja el fresado sobre ésta, en ambos cortes. (Fotografías N° 5 y N° 7). En la Fotografía N° 7 las flechas indican donde se ubica el piso cavitario, en sentido ocluso-cervical.

Una ampliación de la fotografía N° 7, permite observar la dentina superficial (DS), que efectivamente fue desmineralizada con el tratamiento ácido, fotografía N° 8.

Fotografía MEB N° 7: Vista sagital de cavidad oclusal en dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37% 100X

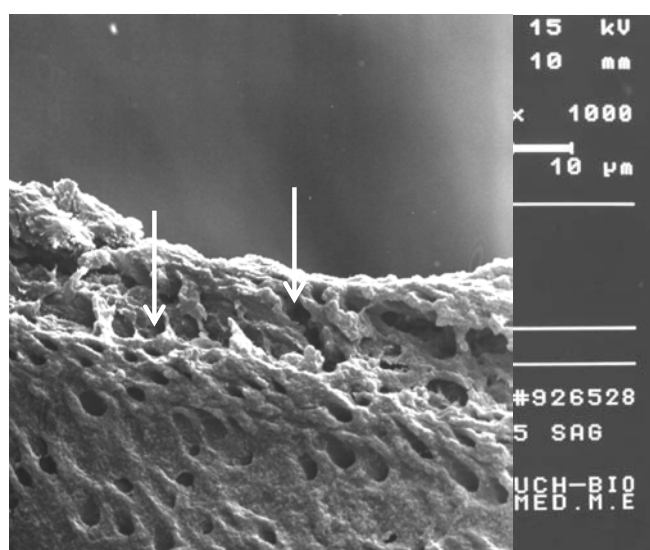


Fotografía MEB N° 8: Vista sagital de cavidad oclusal en dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37% 500X



En la fotografía N° 9, donde se amplía la zona desmineralizada, se observa la apertura de los túbulos, la que es indicada por las flechas. Nótese bajo esta dentina el trayecto sinuoso de los túbulos dentinarios.

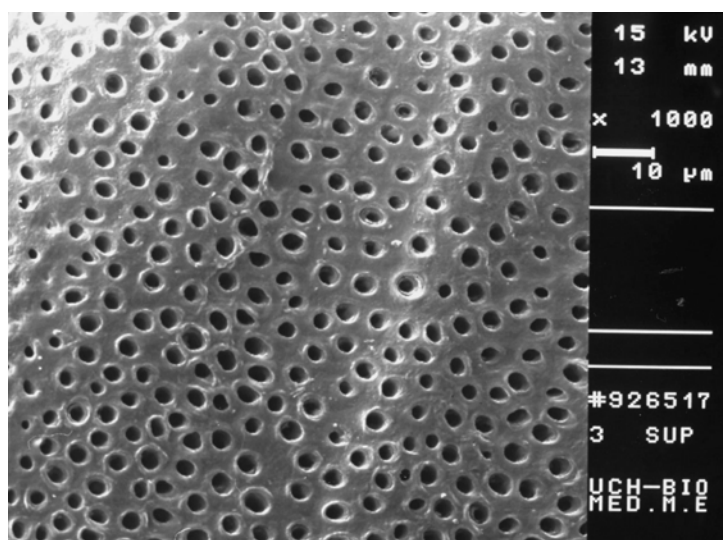
Fotografía MEB N° 9: Vista sagital de cavidad oclusal en dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37% 1000X



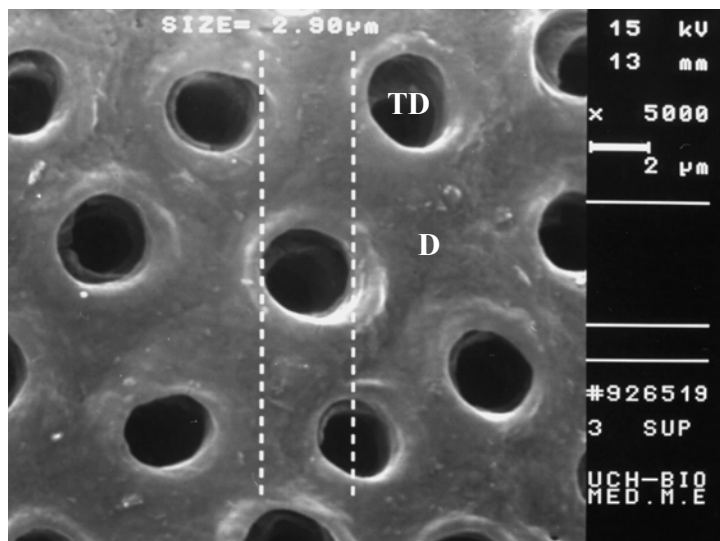
Por otra parte, el uso del adhesivo autograbante Adper Prompt aplicado sobre dentina y posteriormente lavado, demuestra que efectivamente sí produce la desmineralización de la dentina (D), tanto a nivel sagital como oclusal (Fotografía N° 10, 11 y 12), observándose la apertura de los túbulos dentinarios (TD).

En la observación de las fotografías N° 10 y N° 11, no se observa la presencia de restos de barro dentinario como ocurre en la dentina que fue tratada con ácido ortofosfórico al 37%. No se observa el barro dentinario ya que fue eliminado junto con el adhesivo cuando éste fue lavado, obteniendo una superficie perfectamente limpia. En este corte se observa además que no existen diferencias en el diámetro de apertura de los túbulos.

Fotografía MEB N° 10: Vista oclusal de superficie dentinaria tratada con adhesivo autograbante lavado 1000X



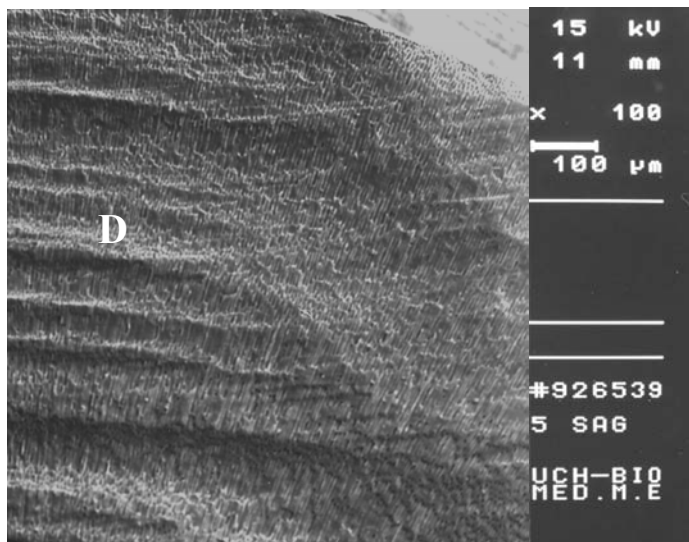
Fotografía N° 11: Vista oclusal de superficie dentinaria tratada con adhesivo autograbante lavado 5000X



En la observación con una baja magnificación de ambos cortes es posible observar la huella que deja el fresado sobre la superficie dentinaria (Fotografía N° 10 y N° 12).

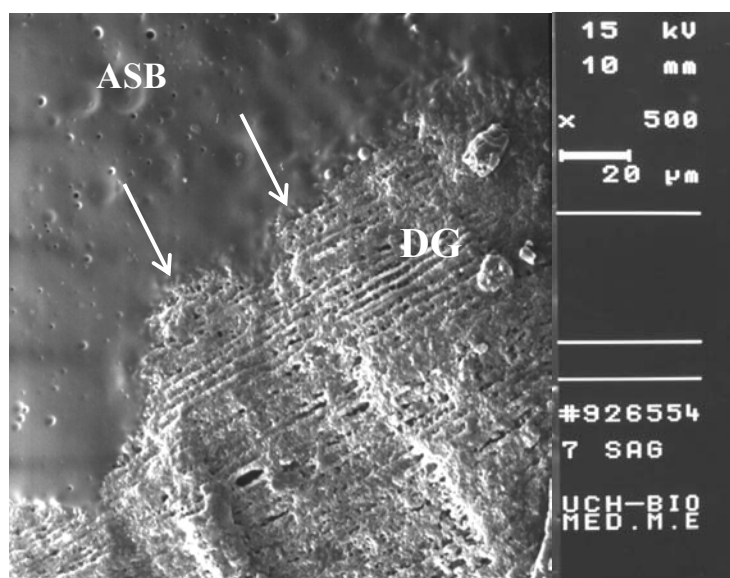


Fotografía MEB N° 12: Vista sagital de cavidad oclusal en dentina tratada con adhesivo autograbante Adper Prompt lavado 100X

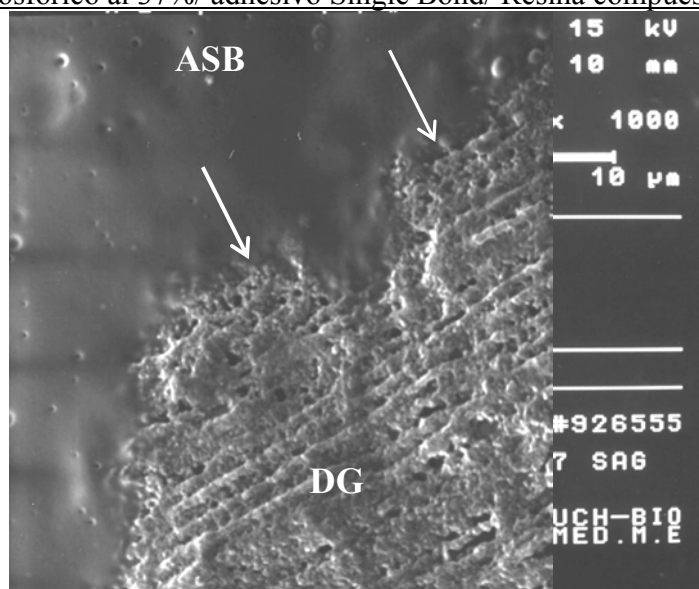


La observación del corte sagital de dentina tratada con el adhesivo Single Bond y la técnica de grabado ácido total, demuestra que éste es capaz de infiltrar las anfractuosidades dejadas en la estructura dentaria producto del grabado. No se observa la presencia de una brecha entre el adhesivo Single Bond (ASB) y la dentina grabada (DG), lo que indica que el adhesivo logró una unión íntima a la estructura dentaria (Fotografías N° 13, N° 14 y N° 15).

Fotografía MEB N° 13: Vista sagital de cavidad oclusal en dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37%/ adhesivo Single Bond/ Resina compuesta 500X

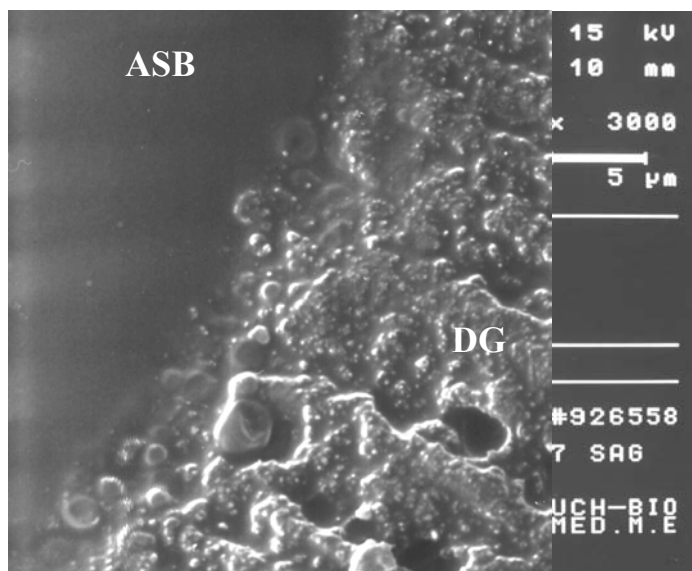


Fotografía MEB N° 14: Vista sagital, de una cavidad oclusal en dentina tratada con ácido ortofosfórico al 37%/ adhesivo Single Bond/ Resina compuesta 1000X



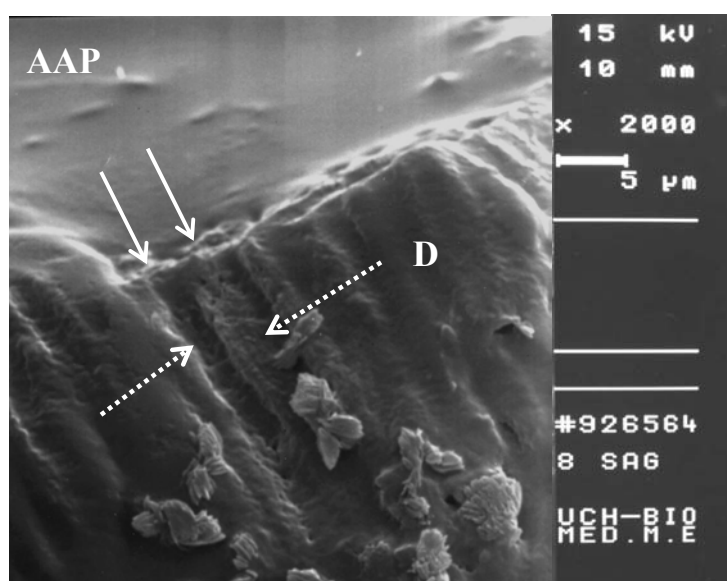
Las flechas en las fotografías N° 13 y N° 14, indican la interfase entre el adhesivo y la dentina, en la cual no es posible observar una brecha de separación, entre ambos componentes, así como tampoco se observa la capa híbrida. En la fotografía N° 15, se observa con mayor claridad la unión entre el adhesivo Single Bond, (ASB) y la dentina grabada (DG).

Fotografía MEB N° 15: Vista sagital de una cavidad oclusal en dentina, tratada con ácido ortofosfórico al 37%/ adhesivo Single Bond/ Resina compuesta 3000X



La observación del corte sagital de dentina tratada con el adhesivo Adper Prompt, demuestra que éste fue capaz de unirse a la dentina (Fotografía N° 16).

Fotografía MEB N° 16: Vista sagital de cavidad oclusal en dentina, tratada con adhesivo autograbante Adper Prompt/ Resina compuesta 2000X



En la fotografía N° 16, las flechas continuas indican el barro dentinario, que en este sistema adhesivo no es eliminado y que se encuentra entre la dentina desmineralizada (D) y el adhesivo Adper Prompt (AAP). El barro dentinario se encuentra bloqueando la entrada de los túbulos dentinarios, como lo indican las flechas continuas. Las flechas punteadas, indican el trayecto del túbulo dentinario que no presenta tags de resina por los componentes del adhesivo.

## **DISCUSIÓN**

Los adhesivos autograbantes son 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.

La técnica adhesiva en dentina tiene sus dificultades por tratarse de un tejido estructuralmente complejo, es por esto que nuestro estudio, analizó al MEB si existen diferencias significativas entre la dentina tratada con el adhesivo convencional Single Bond y el adhesivo autograbante Adper Prompt, en vista de las dudas que surgen con respecto a este nuevo material.

La observación al MEB, permite analizar el efecto de ambos materiales sobre la dentina con un alto grado de magnificación, para estudiar comparativamente sus reales efectos al ser aplicados sobre la dentina, es por esto que se han realizado múltiples estudios que utilizan este método de observación.

La superficie dentinaria tratada con ácido ortofosfórico al 37%, efectivamente produce su desmineralización, abriendo los túbulos dentinarios y eliminando el barro dentinario, lo que se traduce en un aumento de la permeabilidad dentinaria y que podría estar relacionado con el desarrollo de sensibilidad post-operatoria como lo concluye Bouillaget, S. et al <sup>(47)</sup>. La apertura de los túbulos permitiría que el adhesivo difunda dentro de ellos, permitiendo una correcta unión. En nuestro estudio no es posible observar las fibras de colágeno que han sido desmineralizadas, ya que la técnica usada para el tratamiento de muestras no lo permite. Perdigao et al <sup>(36)</sup>, en un estudio realizado al MEB, aplican distintas técnicas de tratamiento a las muestras, con lo cual es posible observar las fibras de colágeno desmineralizadas, producto de la acción del ácido sobre la dentina.

Al tratar la dentina con el adhesivo autograbante Adper Prompt y posteriormente lavarlo, se observa que ha producido la desmineralización de la dentina, por lo tanto, la presencia de monómeros ácidos en la composición de Adper Prompt, tiene un efecto desmineralizante similar sobre la dentina, si se compara con el efecto del ácido ortofosfórico al 37%.

El adhesivo Single Bond es capaz de infiltrar la dentina desmineralizada, uniéndose íntimamente a ella sin la presencia de una interfase. Este hecho se traduciría

en un mejor comportamiento clínico que incluiría menor microfiltración, y por lo tanto, una mayor duración de la restauración.

En cambio el adhesivo autograbante Adper Prompt, al actuar sobre dentina lo hace a través del barro dentinario, que al no ser eliminado, actúa como sustrato adhesivo. Nuestros resultados concuerdan con el mecanismo de acción de este adhesivo presentado por sus fabricantes <sup>(44)</sup>. El barro dentinario al no ser eliminado ocluye los túbulos dentinarios, y no produce un aumento de la permeabilidad dentinaria, por lo tanto, este efecto estaría relacionado con las bajas reacciones de sensibilidad post-operatorias que han demostrado estos adhesivos, en estudios anteriores <sup>(29)</sup>. Otra consecuencia de la permanencia del barro dentinario, en la técnica adhesiva, tiene que ver con la disminución de la probabilidad de que el fluido dentinario proveniente de la pulpa, interfiera con la adhesión, ya que el túbulo se encuentra bloqueado por el barro dentinario <sup>(28)</sup>.

Cuando se comparan ambos sistemas adhesivos, los dos son capaces de unirse a la dentina sin la formación de una interfase o brecha, la única diferencia radica en que el adhesivo autograbante es capaz de unirse a la dentina a través del barro dentinario.

La ausencia de una brecha de separación entre la dentina y el adhesivo Adper Prompt, estaría directamente relacionada con la baja filtración marginal que presentaría este material, y que concuerda con otros estudios donde es medido este parámetro <sup>(29, 37)</sup>.

Öztaş, N. et al <sup>(40)</sup>, al estudiar al MEB la interfase formada por el adhesivo Single Bond y por el adhesivo Prompt L-Pop, concluye que el adhesivo Single Bond es capaz de unirse íntimamente a la dentina sin la formación de una interfase, lo que concuerda con nuestros resultados. No así el caso del adhesivo Prompt L-Pop, ya que sus resultados muestran una interfase con una brecha entre el adhesivo y la dentina, que en nuestros resultados no se observa. A diferencia de esta investigación, en nuestro estudio no fue posible observar la capa híbrida formada por el adhesivo, ya que la técnica de tratamiento de muestras no lo permitió.

El estudio al MEB de la capa híbrida requiere de una técnica de tratamiento de las muestras que permita la observación de esta estructura. En anteriores estudios <sup>(42)</sup>, se utilizan técnicas específicas que realizan tratamientos de deshidratación de las muestras así como también el uso de ácido clorhídrico, que permite específicamente la observación de esta interfase. En nuestro estudio no se realizaron estos procedimientos, por lo tanto, no fue posible observar la capa híbrida.



## **CONCLUSIONES**

En nuestro estudio se analizaron ocho cortes de dentina. Tres cortes en una vista oclusal y cinco cortes en una vista sagital, los que fueron fotografiados en un Microscopio Electrónico de Barrido, marca Zeiss, modelo DMS 940. Según los resultados obtenidos, las conclusiones son las siguientes:

Existen diferencias significativas en la superficie dentinaria tratada con un adhesivo de sexta generación o autograbante (Adper Prompt 3M ESPE) en comparación con un sistema adhesivo con grabado ácido total (Single Bond 3M ESPE).

La diferencia radica en que el adhesivo Adper Prompt no remueve el barro dentinario y se une a la dentina a través de él, no así el adhesivo Single Bond, el cual remueve completamente el barro dentinario, ya que utiliza la técnica de grabado ácido total. Por lo tanto, se confirma la hipótesis planteada.

## **SUGERENCIAS**

- La restauración de la cavidad oclusal, para poder realizar una observación en una vista de tipo sagital, debe realizarse previo al corte en sentido mesio-distal de la pieza, ya que al realizarlo de esta manera se impide que el adhesivo escurra por la superficie que se desea estudiar, lo que dificulta la visión de la penetración del adhesivo en dentina.
- Perfeccionamiento de la técnica de tratamiento de las muestras previo a su observación al MEB, la que permita visualizar la capa híbrida, así como también las fibras de colágeno expuestas durante la desmineralización de la dentina.
- Realizar estudios posteriores donde sean aplicadas varias capas, sobre dentina, de distintos adhesivos, tanto autograbantes, como adhesivos con grabado ácido total.
- Realizar este estudio sobre piezas que posean caries, y realizar la técnica adhesiva sobre dentina esclerótica, ya que simula en mejores condiciones la aplicación clínica de los distintos sistemas adhesivos.

## **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 significativas en la superficie dentinaria tratada con un adhesivo de sexta generación o autograbante Adper Prompt (3M ESPE), en comparación con un sistema adhesivo con grabado ácido total Single Bond (3M ESPE).

Para ello, se utilizaron 8 piezas dentarias, entre terceros molares y premolares, sanos, sin caries, los que una vez extraídos fueron colocados en una solución de suero fisiológico con formalina al 2%. A todas las piezas se le cortaron sus raíces en el límite amelo-cementario con lo cual se obtuvo 8 coronas. Se tomaron tres coronas y se les realizó dos cortes: el primero en sentido mesio-distal y el segundo a nivel oclusal, en su tercio superior, con lo cual se obtuvo una superficie plana por ambos lados. En las cinco coronas restantes, se confeccionó una cavidad oclusal y se realizó un corte en sentido mesio-distal. Por lo tanto, se obtuvo tres coronas para ser observadas en una vista oclusal de la superficie dentinaria y cinco coronas para ser observadas en una vista sagital.

Las muestras fueron tratadas de la siguiente manera: Dos muestras (un corte oclusal y uno sagital), fueron fresadas en su superficie dentinaria, sin recibir ningún

procedimiento. Dos muestras (un corte oclusal y uno sagital), fueron fresadas en su superficie dentinaria, y luego tratadas con ácido ortofosfórico al 37%. Dos muestras (un corte oclusal y uno sagital), fueron fresadas en su superficie dentinaria y fueron tratadas con el adhesivo autograbante Adper Prompt, el cual fue lavado después de dejarlo actuar por un breve tiempo. Una muestra, corte sagital fresada en su superficie dentinaria, y tratada con ácido ortofosfórico al 37%, adhesivo Single Bond polimerizado y sobre él se una restauración de resina compuesta. Una muestra, corte sagital fresada en su superficie dentinaria, fue tratada con el adhesivo autograbante Adper Prompt, polimerizado, y sobre él una restauración de resina compuesta.

Las ocho muestras fueron observadas al MEB, y se concluyó que existen diferencias significativas entre ambos sistemas adhesivos, la que radica en que el adhesivo Adper Prompt no remueve el barro dentinario y se une a la dentina a través de él, no así el adhesivo Single Bond, el cual remueve completamente el barro dentinario, ya que utiliza la técnica de grabado ácido total.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Mariné, A., Stanke, F., Urzúa, I.. “Caries: Tratamiento de una Enfermedad Infectocontagiosa”. Facultad de Odontología Universidad de Chile. Págs. 1997. p.p 1-7.
2. Craig, R., O’ Brien, W., Powers, J.. “Materiales Dentales, Propiedades y Manipulación”. 6ª Edición. Editorial Mosby, 1996. 294. p.p 1-75. Cap. I-IV.
3. Ehrmantraut, M., Bader, M.. “Polimerización de Resinas Compuestas a Través de Estructuras Dentarias”. Rev. Fac. Odont. Univ. De Chile. 12(2): 22-27. 1994.
4. Swift, EJ Jr., Perdigao, J., Heymann, HO.. “Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995”. Quint. Int. 26(2): 95-110. 1995.
5. 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.
6. Swift, EJ Jr.. “Dentin/enamel adhesives: review of the literature”. Pediatr. Dent. 24(5):456-461. 2002.
7. Kugel, G., Ferrari, M.. “The science of bonding: from first to sixth generation”. JADA. 131:20-25. 2000.

8. Mariné, A., Stanke, F., Urzúa, I. “Nuevas Estrategias en Cariología”. Facultad de Odontología Universidad de Chile. 1999. p.p 10-17.
9. Cordero, V.. “Estudio comparativo *in vitro* de la resistencia adhesiva de restauraciones en resina compuesta realizadas con técnica adhesiva con grabado ácido total *v/s* un sistema adhesivo autograbante”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano-Dentista, Facultad de Odontología, Universidad de Chile. 2004.
10. Phillips, R.. “La Ciencia de los Materiales dentales de Skinner”. 7ª Edición. Editorial Interamericana, 1986. 583. p.p 18-439. Cap. 2, 30.
11. Panel de Miembros Relatores del Prasadega. Primer Simposio Argentino del Grabado Ácido. “Reseña de los Materiales Plásticos Estéticos: Evolución, Presente y Futuro”. Centro General San Martín. Bs Aires, 1977. 135. p.p 1-7.
12. Peumans, M. et al.. “Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials”. Dent. Mater. 21(9): 864-881. 2005.
13. Fortin, D., Vargas, MA.. “The spectrum of composites: new techniques and materials”. JADA. 131:26-30. 2000.
14. Barrancos, J.. “Operatoria Dental”. 3ª Edición. Editorial Panamericana, 1998. p.p 570-662. Cap. 17-21.

15. Muñoz, R.. “Estudio comparativo de la profundización de polimerización de resinas compuestas con lámpara L.E.D. y lámpara halógena convencional”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano-Dentista, Facultad de Odontología, Universidad de Chile. 2004.
16. Bertoldi, A.. “Nanotecnología en la formulación de nuevos composites”. [www.red-dental.com/ot006301.htm](http://www.red-dental.com/ot006301.htm). Página revisada el día 2 de Noviembre, 2005.
17. Amaral, C. et al.. “Microleakage of hydrophilic adhesive systems in Class V composite restorations”. Am. J. Dent. 14(1):31-33. 2001.
18. Astorga C., Bader M., Baeza R., Ehrmantraut M., Ribera C., Vergara J. “Texto de Biomateriales Odontológicos”. 1ª Edición. Facultad de Odontología Universidad de Chile, 2004. p.p . Cap. VI. Faltan las pags.
19. Abreu, R.. “Adhesión en Odontología Contemporánea I”. [www.odontología-online.com/casos.html](http://www.odontología-online.com/casos.html). Página revisada el día 9 de Agosto, 2005.
20. Otamendi, C.. “Efecto de los compuestos eugenólicos en los materiales utilizados en endodoncia sobre la unión de los sistemas adhesivos”. [www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_35.htm](http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_35.htm). Página revisada el día 15 de Agosto, 2005.

21. 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.
22. Mandarino, F.. “Adesivos Odontológicos”. [www.forp.usp.br/restauradora/dentistica/temas/adesivos/adesivos.htm](http://www.forp.usp.br/restauradora/dentistica/temas/adesivos/adesivos.htm). Página revisada el día 7 de Octubre, 2005.
23. Silverstone, L. Et al.. “Variation in the pattern of etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy”. Revisado en Otamendi, C.. “Efecto de los compuestos eugenólicos en los materiales utilizados en endodoncia sobre la unión de los sistemas adhesivos”. [www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_3\\_5.htm](http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_3_5.htm). Página revisada el día 15 de Agosto, 2005.
24. Kinney, JH., Marshall, SJ., Marshall, GW.. “The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature”. *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* 14(1):13-29. 2003.
25. Pashley, D. et al.. “Bond strength versus dentin structure: a modelling approach”. *Arch. Oral Biol.* 40(12):1109-1118. 1995.
26. Marshall, G. et al.. “The dentin substrate: structure and properties related to bonding”. *J. Dent.* 25(6): 451-458. 1997.



27. Pashley, D., Carvalho, R.. “Review: Dentin permeability and dentin adhesion”. *J. Dent.* 25(5): 355-372. 1997.
28. Oliveira, S. et al.. “The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system”. *Dent. Mater.* 19(8):758-767. 2003.
29. Türkün, S.. “Clinical evaluation of a self-etching and a one-bottle adhesive system at two years”. *J. Dent.* 31(8):527-534. 2003.
30. Swift, EJ Jr.. “Bonding systems for restorative materials- a comprehensive review”. *Pediatr. Dent.* 20(2):80-84. 1998.
31. Sundfeld, R. et al.. “Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin”. *J. Dent.* 33(8):675-681. 2005.
32. Perdigao, J. et al.. “Clinical performance of a self-etching adhesive at 18 months”. *Am. J. Dent.* 18(2):135-140. 2005.
33. 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.
34. 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.
35. Perdigao, J., Geraldeli, S.. “Bonding characteristics of self-etching adhesive to intact versus prepared enamel”. *J. Esthet. Restor. Dent.* 15(1): 32-41. 2003.

36. Perdigao, J. et al.. “Field emission SEM comparisons of four postfixation drying techniques for human dentin”. Revisado en Marshall, G. et al.. “The dentin substrate: structure and properties related to bonding”. *J. Dent.* 25(6): 451-458. 1997.
37. Hashimoto, M.. “In Vitro effect of nanoleakage expression on resin-dentin bond strengths analyzed by microtensile bond test, SEM/EDX and TEM”. *Biomaterials* 25(25):5565-5574. 2004.
38. Yoshiyama, M. et al.. “Regional Bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems”. *J. Dent.* 26(7):609-616. 1998.
39. Bouillaguet, S. et al.. “Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems”. *J. Dent.* 29(1):55-61. 2001.
40. Öztas, N., Olmez, A.. “Effects of one versus two-layer applications of a self-etching adhesive to dentin of primary teeth: a SEM study”. *J. Contemp. Dent. Prac.* 6(1):18-25. 2005.
41. De Munck, J. et al.. “One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin”. *Oper. Dent.* 30(1):39-49. 2005.
42. Frankenberger, R. et al.. “No-bottle v/s multi-bottle dentin adhesives-a microtensile bond strength and morphological study”. *Dent. Mater.* 17(5):373-380. 2001.

43. 3M ESPE. Single Bond Sistema Adhesivo Dental. Perfil Técnico del Producto.  
[www.multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?UUUUUUC04ehUnx7UGx7UUUPJtEttttS-](http://www.multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?UUUUUUC04ehUnx7UGx7UUUPJtEttttS-) . Página revisada el día 16 de Octubre, 2005.
44. 3M ESPE. Adper Prompt Adhesivo Autograbante. Perfil Técnico del Producto.  
[www.multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?jjjjjTRbvyjDNkixNkjjcY7VJJJJJI-](http://www.multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?jjjjjTRbvyjDNkixNkjjcY7VJJJJJI-) . Página revisada el día 16 de Octubre, 2005.
45. Microscopio Electrónico de Barrido. Biología Unidad de Morfología.  
[www.unlu.edu.ar/~biologia10903/tp02.htm](http://www.unlu.edu.ar/~biologia10903/tp02.htm) . Página revisada el día 12 de Noviembre, 2005.
46. 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.
47. Bouillaguet, S. et al.. “The influence of dentin permeability on cytotoxicity of four dentin bonding systems, *in vitro*”. J. Oral Rehabil. 25(1):45-51. 1998.